

特 集

「第11回日本臨床環境医学会総会特別講演」

(臨床環境11:63~71, 2002)

空气中マイナスイオンがヒトへ与える影響の研究の取り組み

渡 部 一 郎¹⁾

1) 北海道大学医学部リハビリテーション科

Physiological effect of negative air ions

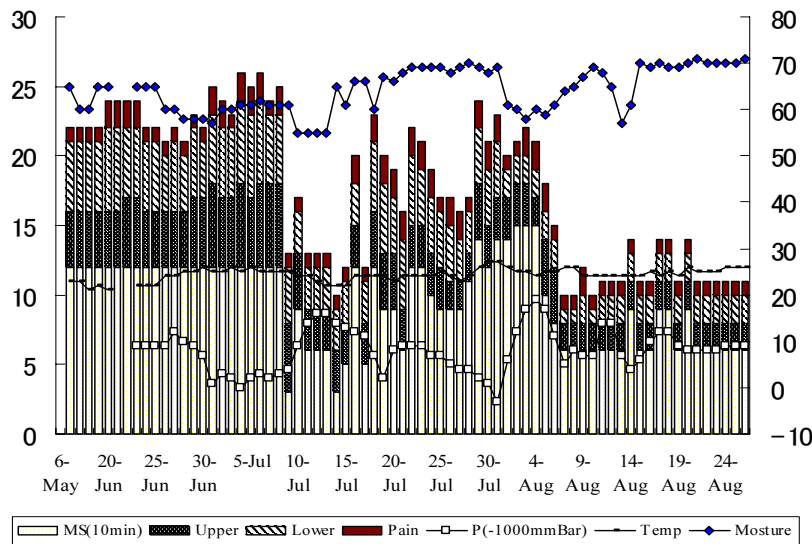
Ichiro Watanabe¹⁾

1) Department of Rehabilitation Medicine, Hokkaido Univ.

1. はじめに

気管支喘息やリウマチ、慢性疼痛（CRPSI, RSD, 交感神経緊張性ジストロフィー）などの疼痛性疾患は、古くから気温・天候・湿度などが強く影響することが知られ、保養地療法・転地療法が適さ

れる。ある関節リウマチ患者例について疾患因子（棒グラフ）と気候因子（折れ線グラフ）を比較したものを図1に示すが、症状増悪と気圧低下などの気候因子の変動との密接な関係が観察される。これは、患者や臨床家が一般的なこととして認知



MS: こわばり時間を10分=1点~120分=12点とスコア化、 Pain: 疼痛なし0~疼痛最大2点
Upper, Lower: 上下肢各5動作（正常0点~不能4点の合計（日本リウマチ協会のリウマチ手帳によるADLスコア））

図1 リウマチ日記（棒グラフ）と気候因子の関係（折れ線グラフ）

《Key words》 negative air ion, perspiration, sympathetic nerve function, NK cell

別刷請求宛先: 渡部一郎

〒060-8638 札幌市北区北15西7 北海道大学医学部附属病院リハビリテーション科

Reprint Requests to Ichiro Watanabe, Department of Rehabilitation Medicine, Hokkaido Univ. N-15, W-5, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8638 Japan

しているにもかかわらず、気候環境因子が疼痛性疾患の症状に影響する機序は解明されていない。

近年、正確に測定できるようになった空気中のマイナスイオンは、温泉地などの保養地療法・タラソテラピーを行う自然環境では多数存在することが知られ、逆に都会ではプラスイオンの増加、マイナスイオンの減少が観察されている。この自然療法の科学的根拠として空気中マイナスイオンとの関連が考えられてきている。

空気中のマイナスイオンは自然界で森林・滝の周辺、噴水の周りで多数計測され、仕事能率、快適性、疲労度を改善すると報告されている。近年その注目度は高まり、多くの業者から多種多様のマイナスイオン発生機器が市販されてきている。商品の話題性がマスコミを中心に過大な期待を込めて先行し、空気中のマイナスイオンの構造・その人体への作用機序やその有用性や有害性について研究はなお追いついていない。マイナスイオンのヒトの健康や臨床応用には解決すべき問題がなお無数にあるものと思われる。琉子友男らは、700ページ以上に及ぶ空気マイナスイオン応用事典¹⁾を発行し、そこで過去から最近までのマイナスイオン研究を総括し、本環境医学会誌でもその要点が述べられている²⁾。

筆者は、リハビリテーション医療のなかで、温熱物理療法がヒトに与える生理作用について研究してきた。温熱物理療法では、生体に与えられた温熱物理環境刺激（温浴など）が、直接局所を構成する筋や組織を伸張させ痙縮を改善し、知覚神経や自律神経を介した末梢血管の拡張作用、疼痛物質の除去、オピエイトホルモンなどによる疼痛軽減作用を有する。また低出力レーザーを交感神経節や東洋医学の経穴へ照射すると、同様の末梢循環の改善、ストレス性ホルモンや交感神経系ホルモンの低下、NK (Natural Killer) 細胞などの非特異的ストレス性免疫担当細胞の速やかな反応の出現を報告してきた³⁻¹⁰⁾。

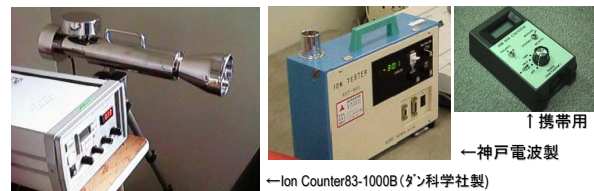
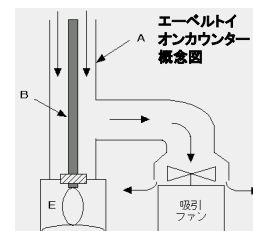
この数年、筆者は、マイナスイオンがヒトの健康に及ぼす影響についての共同研究に関わっている。今のところ私の研究の主眼は、マイナスイオンの構造、発生や消退のメカニズム、分子生物学

的反応経路ではなく、それらのマイナスイオン発生器を物理療法機器としてとらえ、ヒトの生理機能にどのような反応が起こるかを二重盲検法で検証し、その有用性、有害性を検討している。

ここでは、これまでの私の研究の推移について述べ、マイナスイオンの物理療法としての可能性と、今後の展望について考えてみたい。

2. マイナスイオンの発生

ここでいうマイナスイオンとは、負に荷電した大気イオンをさす。マイナスイオン測定器の原理と写真を示す（写真1）。我々が生活する環境では100~500個/ccのマイナスイオン、プラスイオンが測定される。通常環境での空気中マイナスイオンの値は、報告者、測定機器によりさまざまで、100~500個/ccが秒単位でめまぐるしく変動して測定される。



機器の原理 導体の円筒形（接地）ファンで大気を吸引
A, B, Eの電位差で測定

写真1 測定器原理

しかし、水道をひねる、噴水の近く、また後述の放電式マイナスイオン発生器を用いると10,000個/cc以上の高い測定値が比較的安定して観察される。

空気中のマイナスイオンの構造については一致した見解に至っていない。空気中の浮遊物質への荷電、 O_2^- 、 NO_3^- 、 CO_3^- などの形、さらにいくつかの水分子（水蒸気）と $NO_3^-(H_2O)_n$ 、 $O_2^-(H_2O)_n$ 、

$\text{CO}_3^{2-}(\text{H}_2\text{O})_n$ (n : 水分子の個数) の形で存在しているものと考えられる。空气中浮遊物質や湿度などの環境、発生方式により異なる可能性が高い。

現在容易に利用できるマイナスイオンの発生方式は、水流から発生する水破碎式 (A) と、電氣的に発生する放電式 (B)、そしてトルマリン鉱石などの物質に紫外線、放射線などのエネルギーにより産生される方式 (C) がある (図2)。

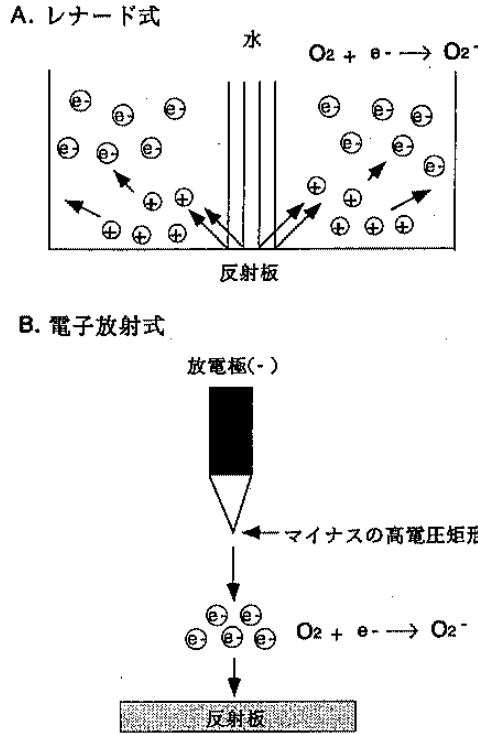


図2 マイナスイオンの発生方式 (文献2より)

(A) 水破碎式 (図2A)

噴水・滝などの激しい水流では、水分子が金属の壁に衝突しマイナスイオンが産生される。これはP. Lenard (ノーベル賞受賞物理学者) の発見にちなみレナード効果とよばれ、水破碎式マイナスイオン発生法とされる。このイオンは、次項の放電式イオンに特有の芳香がなくほぼ無味無臭で、肺胞の深部まで拡散すると報告されている¹⁾。この装置は水噴霧装置などのため重く複雑な構造となり騒音も大きい。水の汚染やレジオネラなどの感染に注意が必要となる。われわれは、ジオクト社の協力で恒温室の空調に組み込む形で、以下

の実験の恒温・恒湿環境の整備とイオン発生源として利用した (写真2; 恒温室)。現在この方式で市販されているイオン発生装置は加湿器型 (写真3A; 松下精工社製)、湿式サウナ型 (写真3B; セラコーポレーション社製) などがある。

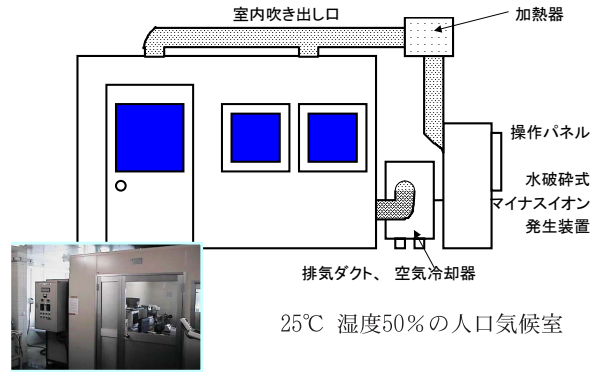


写真2 実験恒温室

水破碎式 A: 加湿器型



放電式 C: エアコン型



B: 湿式サウナ型



D: 集塵器型



写真3 マイナスイオン発生器

(B) 放電式 (図2B)

現在、多くの家電機器として製造・販売されているものがこの発生形式による。単純で小型な電極に高電圧放電させマイナスイオンを発生している。前述の水破碎式より多数のマイナスイオンを容易に産生可能であるが、原理上オゾンが発生しやすく、オゾン臭と呼ばれる独特の臭気を発生する。オゾンには0.005ppm以下の規制があるが、測定器よりヒトの嗅覚が感度が高い。またオゾンはVOCなどと反応しさまざまな有害事象が報告

されておりこの方式の発生法はいかにオゾンを除くかにかかっている。前述の水破碎式のマイナスイオンとの粒子構造の差異は解明されていない。また、発生器の噴出口では50,000個/cc以上のマイナスイオン量が計測されても、機器からの距離や、空気の対流などでマイナスイオン量は激減する。実験に使う場合、マイナスイオンが主に呼気を介してヒトに作用する仮定の元で、被験者の顔面部位で測定値を設置し、同じマイナスイオン量で暴露する工夫が必要である。エアコン（写真3C；東芝キャリア社製）や集塵機（写真3D；山武社製）など多種多様な発生器が利用できる。

(C) トルマリンなどの鉱石

放射線や紫外線など物理エネルギーによりトルマリン鉱石はマイナスイオンを産生する。これを利用した機器として、すでに、置物、アクセサリなど多種多様な製品が市販されている。通常の置物などの利用形態では、発生するマイナスイオン量は通常環境値以下であるため計測不能である。一定量の持続的マイナスイオン発生がなければヒトへの生理効果を調べる実験系を組むことは困難である。

3. 研究環境：恒温恒湿室について

空気中のマイナスイオンの研究には、気温・湿度などの条件を一定にする必要がある。このため外気から隔離された人工気候室で実験を行う必要がある。当研究施設では、実験用恒温室を設置してこの中で各種イオン発生器を用いた二重盲検試験を行っている。これは通常に空調されている研究室内に設置した。実験用恒温室の構造は、断熱パネルで外気と遮断された3坪（縦360cm、横270cm、高さ220cm）の空間と水破碎式マイナスイオン発生機、空気冷却器、空気加熱器などからなる。この人工気候室では温度、湿度の調整やマイナスイオンの発生の有無を外部でコントロールできる（写真2）。それぞれの運転状況を室内の被験者にわからないように切り替え運転し、不感温度・湿度である25℃湿度50%の環境でマイナスイオンの生理作用を検討した。

4. 対象

空気環境に対するヒトの生理反応は、まず個人によるさまざまな差異がみられる。その差異は、年齢、性、体格の身体的な要因が大きく関与する。この影響を除くためには、少なくとも同一個人が空気中マイナスイオンの有るときと無いときの1回ずつを被験者として施行する。

空気中マイナスイオンの有る場合と無い場合の2回実験する場合、同一個人でも両方の条件は全く同等とならない。そのときの身体健康状態、精神状態（緊張度）、疲労度など均一にすることは困難である。ヒトでは朝起きて夜寝るまでの1日の生活サイクルや、日曜日に休養し月曜から金（土）曜日まで働くという週的生活サイクル、また季節・年のサイクルが存在する。これらによる誤差をすくなくするため検査は同一曜日、同一時刻帯に施行順序を同数ずつとなるように二重盲検法で施行した。

5. 脳波

脳波計（NEC製 SyNAX1100）を用いて、脳表面の電気活動を記録する。脳波検査はてんかんなど脳機能や障害部位の臨床検査として利用されるが、その周波数成分の α 波がヒトの疲労度、リラックス度の指標として利用されてきている⁶⁾。

実際の計測は、実験室入室後、脳波の電極を装着し、閉眼安静状態で連続60分間脳波計測し、30秒間毎に出力される周波数成分の割合を記録保存する（ δ 2-3.75Hz、 θ : 4-7.75Hz、 α 1 : 8-9.75Hz、 α 2 : 10-12.75Hz、 β 1 : 13-19.75Hz、 β 2 : 20-30Hz）。脳波の解析はデータ量が膨大で、どの時点でどの値を比較するか基準が必要である。また脳波は眼球運動や頭部筋肉の緊張度、思考・心理的影響で先の周波数成分（2~30Hz）以外のノイズ周波数成分が増え、分類可能な周波数成分（前述の α 、 β 、 δ 、 θ ）の合計が60%以下となり利用不能となる。今回の脳波解析では、30秒毎の全データを利用し、ノイズで α ~ θ 波の割合の合計が60%以下のデータを機械的に除いた全データを10分毎に加算した値について比較検討した。

マイナスイオンは脳波 α 2波（10Hz~12.75Hz）

を増加させ、過去に報告されたリラックス効果である可能性を示した¹³⁾。水破碎式マイナスイオンと放電式イオン発生器(松下電工社製イオンフォーレ)の比較検討でも追試した。この場合、放電式では通常環境に比べ有意の α 波の増加を示したが、マイナスイオン測定量は放電式が水破碎式より少なく、むしろ放電式で感じるわずかな芳香が α 波の増加に関与した可能性もある(写真4)¹⁴⁾。

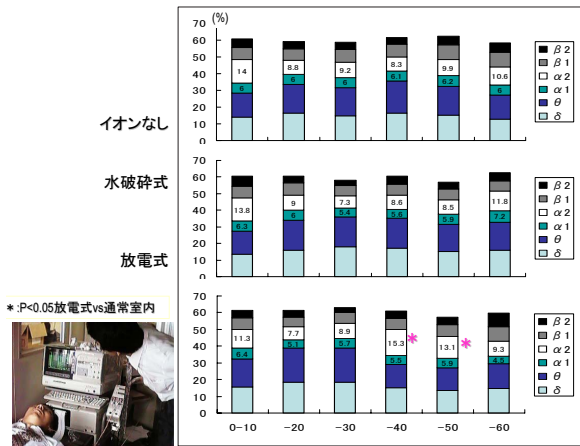


写真4 脳波周波数の経時変化

6. 発汗量について

発汗にはこの体温調節性の温熱性発汗と精神的発汗があり、手のひらなどでは緊張などの精神活動・交感神経活動などにより発汗現象が現れる。嘘発見器はこの原理を用いており、発汗による皮膚電気抵抗の低下を測定する。この方式の測定機では一度発汗すると皮膚が乾かないため、定量性は乏しかった。今回検討した発汗量は、写真5のPerspilo OSS-100、2チャンネル用のスキノス社製KSD-2000による。これらの発汗計はセンサー内に乾燥空気を送風し常に乾燥させた状態からの局所発汗量を速やかに定量できる。これを手のひらに装着し計測すると、会話や計算作業などのストレス、呼吸・体位変換などで発汗量のリアルタイムな変化が観察される(写真5)。末梢神経や交感神経の損傷で発汗活動がみられなくなる。

計算・精神的負荷は慣れにより、同じストレスでも1回目と2回目では発汗量の減少を認める傾向があり注意を要する。計算機能・記憶の喚起な

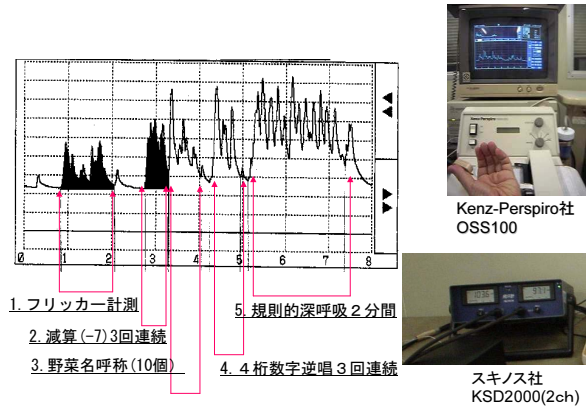


写真5 局所発汗計

どの課題を与え、1分間あたりの精神的発汗量を定量した検討では、水破碎式マイナスイオン(左棒グラフ)でも放電式マイナスイオン(右棒グラフ)でも通常環境(中央グラフ)より局所発汗量が低下した(図3)。

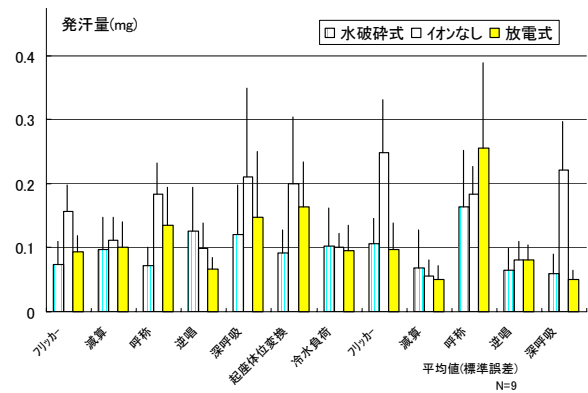
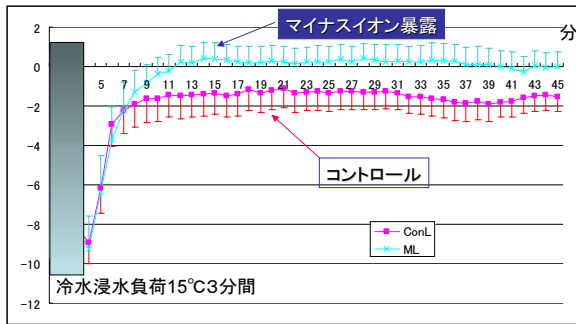


図3 局所発汗量

7. 片手冷水浸水試験

交感神経は、末梢血管を収縮しその支配部の皮膚温度は低下させる。冷水負荷後の皮膚温測定も自律神経機能評価として有用である。健康人において、片手のみ15°C 3分間の冷水負荷を行う。冷水負荷を加えた側の手指では、交感神経緊張が強ければ、血管収縮のため皮膚温がなかなか回復しない。これは片手冷水刺激が全身的なストレスとなり、交感神経を介した末梢血管収縮による。糖尿病など自律神経障害=交感神経機能のよい指標となる^{5,11)}。図に示すように、空气中マイナスイオ

ン（山武社製放電式；写真3D）は、冷水負荷後の手指温の回復が速く、高い皮膚温を示した。これは、マイナスイオンが、交感神経の緊張を下げることを示している（図4）。



変化温度(Δ°C)

図4 冷水負荷試験

8. 最大運動量について

ヒトの仕事効率として、ここでは自転車（＝エルゴメータ）をこぐ運動量を、呼気ガス分析器（Sensor Medics 社製 Vmax29 C）を用いて行った。10人の健常人で、3分間のウォーミングアップ（20W）後、20W/分と少しずつ負荷量上げていき、各自が可能な最大運動量を求めた。

総運動量は、通常環境の場合70.3±22.3kcal に比べ、放電式マイナスイオン（東芝キャリア社エアコンディショナー）では72.8±16.4kcal、水破砕式マイナスイオン（松下精工社製）では73.8±14.7kcal とどちらのマイナスイオンでも増加し、特に水破砕式イオンは有意に（ $p < 0.05$ ）運動量の増加を認めた。空气中マイナスイオンの存在は総運動量を高め、運動効率を高めることが示された。これには、総運動量を増加させるような意欲の亢進・疲労度の減少、運動中の爽快感と関係している可能性も考えられる。

9. ストレス性ホルモン、免疫担当細胞の変化

空气中マイナスイオンは、ヒトの作業・運動効率や、交感神経緊張の抑制が示され、その客観的指標として、臨床検査では、ストレス系ホルモン検査、運動代謝検査、ストレス性免疫応答などが考えられる。

前述と同様の漸増式運動負荷（エルゴメーター）を9人の健常人に行い、運動前（表1；1列目）、最大運動時（表1；2列目）、運動負荷終了後15分後（表1；3列目）の3回採血検査をした。運動負荷により、運動代謝である乳酸、ピルビン酸、アドレナリン、ノルアドレナリン、コーチゾルなどのホルモンは最大運動時に増加し運動終了後徐々に正常化する。同様に、白血球、NK細胞数やその活性も最大運動時に一過性に増加することが示される。空气中マイナスイオン（山武社製放電式；写真3D）は、最大運動時の運動代謝指標である乳酸値やピルビン酸の増加を有意に抑制し、運動代謝を改善させることが示された（表1；4列目）。また、運動終了後15分目では、交感神経作働性ホルモンであるカテコラミン（ノルアドレナリン、ドパミン）は有意の改善を示した（表1；5列目）。ストレスによる免疫担当細胞であるNK細胞数とその活性は、統計学的有意差は示さなかったもののマイナスイオンが回復を早める傾向を示した¹⁵⁾。

10. 湿式サウナにおけるマイナスイオンの効果

我々は、空气中マイナスイオンのはじめての実験として、サウナ浴の生体反応について本誌で報告している^{16,17)}。スチームサウナは100%の高い湿度、42°C程度の比較的低い温度でサウナ効果を発揮する。通常のスチームサウナでマイナスイオン量を測ると全く計測されない。13人の被験者にて、温度42°C湿度100%のサウナ浴5分間に対する全身各部の体表温、直腸温、発汗量、血圧、脈拍数、自律神経機能などの検討では、マイナスイオンが有る場合、発汗量や体温上昇効果などサウナ浴効果が有用なことを示した。

最近市販された小型のマイナスイオン発生式サウナ（セラコーポレーション社製（写真3B））は、通常の浴室のお湯の蛇口に直結し、電気を使わず水圧だけで湿度100%の水破砕式マイナスイオンサウナ環境をつくる。これを北大リハビリテーション部 ADL 室の浴室（1.8m幅、1.8m奥行き、2m高さ）に設置して、22-43歳健常男性16人を対象としそれぞれ10分間の40°C温浴と40°Cマイナスイオンサウナで比較検討した。

表 1 運動負荷試験による最大運動時と運動終了後15分後のホルモン、NK 細胞

*: p < 0.05 (n = 9)

	Pre-Exercise		at Maximum		Recovery(15min)		最大と負荷前の差		15分後と負荷前の差	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	after-pre Mean	SD	ion 無と Mean	15min-pre SD
コントロール										
乳酸 (3 - 17) mg/dl	12.98 ± 8.32		81.29 ± 21		55.04 ± 14.9		68.31 ± 21.3	*	42.1 ± 20.2	
ピルビン酸 (0.3 - 0.9) mg/dl	1.128 ± 0.59		2.33 ± 0.6		2.688 ± 0.85		1.203 ± 0.48	*	1.56 ± 0.76	
コチゾル (4 - 18) µg/dl	13.11 ± 3.73		15 ± 5.16		15.09 ± 5.65		1.888 ± 2.7		1.98 ± 3.03	
アドレナリン (< 100) pg/ml	41.38 ± 10.6		148.8 ± 109		65.38 ± 18.1		107.4 ± 107		24 ± 20.9	
ノルアド (100 - 450) pg/ml	313.5 ± 118		1275 ± 822		521.9 ± 215		961.1 ± 777		208 ± 162	*
ドパミン (< 20) pg/ml	8.75 ± 6.39		11.38 ± 8.14		13 ± 9.02		2.625 ± 10.2		4.25 ± 9.82	
セロトニン (0.04 - 0.35) µg/ml	0.078 ± 0.02		0.104 ± 0.03		0.1 ± 0.05		0.026 ± 0.02		0.02 ± 0.03	
白血球 (/µl)	5813 ± 1472		8213 ± 2215		6863 ± 1577		2400 ± 1301		1050 ± 1439	
赤血球 (× 10 ⁶ /µl)	488.9 ± 43.2		511.1 ± 55.1		505.6 ± 41.4		22.25 ± 20.3		16.8 ± 13.9	
血小板 (× 10 ⁴ /µl)	24.06 ± 2.53		24.73 ± 2.79		24.18 ± 2.42		0.663 ± 1.28		0.11 ± 1.27	
NK (CD16) 細胞数 (µl)	538.1 ± 257		1430 ± 680		764.1 ± 397		892.1 ± 608		226 ± 492	
NK 活性値 (%)	50.13 ± 14.1		59.38 ± 11.4		58.88 ± 11.4		9.25 ± 11.9		8.75 ± 13.5	
マイナスイオンあり										
乳酸 (3 - 17) mg/dl	12.68 ± 5.87		69.35 ± 18.6		48.31 ± 8.35		56.68 ± 16.8		35.6 ± 12.3	
ピルビン酸 (0.3 - 0.9) mg/dl	1.158 ± 0.53		2.08 ± 0.44		2.571 ± 0.35		0.923 ± 0.45		1.41 ± 0.45	
コチゾル (4 - 18) µg/dl	12.81 ± 5.97		13.88 ± 5.83		15.3 ± 4.78		1.063 ± 2.41		2.49 ± 5.45	
アドレナリン (< 100) pg/ml	31.5 ± 12.6		98.5 ± 52.2		48.25 ± 17.3		67 ± 54.4		16.8 ± 12	
ノルアド (100 - 450) pg/ml	269.5 ± 69.6		1028 ± 489		384 ± 144		758.4 ± 465		115 ± 119	
ドパミン (< 20) pg/ml	11.25 ± 7.01		15.38 ± 5.01		9.25 ± 9.91		4.125 ± 4.73		- 2 ± 7.45	
セロトニン (0.04 - 0.35) µg/ml	0.045 ± 0.03		0.061 ± 0.03		0.046 ± 0.02		0.016 ± 0.02		0 ± 0.03	
白血球 (/µl)	5300 ± 904		7638 ± 1346		5738 ± 1314		2338 ± 843		438 ± 825	
赤血球 (× 10 ⁶ /µl)	480.3 ± 39.5		518.5 ± 26.4		491.9 ± 45.2		38.25 ± 32.7		11.6 ± 11.4	
血小板 (× 10 ⁴ /µl)	23.36 ± 2.82		24.86 ± 3.04		23.69 ± 2.8		1.5 ± 0.55		0.33 ± 0.93	
NK (CD16) 細胞数 (µl)	457.3 ± 236		1359 ± 506		559.1 ± 327		901.7 ± 396		102 ± 169	
NK 活性値 (%)	52.38 ± 13.2		68 ± 5.04		55.75 ± 13		15.63 ± 11.9		3.38 ± 8.5	

温浴とサウナ浴の差があるが、温浴に比べマイナスイオンサウナ浴直後では、自覚的な温熱感が強く、疲労感が少なかった。一般生化学、血球数、運動代謝を示す乳酸・ピルビン酸も温浴・サウナ浴とも有意の変動はなかった。ストレス性免疫応答細胞 NK 細胞数の検討では、温浴・サウナ浴後ともに約 4% 減少し身体的・心理的ストレスの同等の低下を示した。NK 細胞数の低下により通常 NK 活性も低下するが、マイナスイオンサウナ浴では温浴と比べ逆に NK 活性の増加を示し同細胞数あたりの NK 活性の増加を示唆した。これはマイナスイオンサウナが免疫機能を改善する可能性を示す (図 5)¹⁸⁾。

11. 長期マイナスイオン暴露の効果

タイマー設定により自動的に夜間 AM1:00 ~ AM6:00 の 5 時間マイナスイオンが発生する気化+放電式発生器を 3 台作成し、健常人ボランティアの自宅の寝室に設置した。10 例の健常人にマイナスイオン発生有無の順序を 3 週間ずつ二重

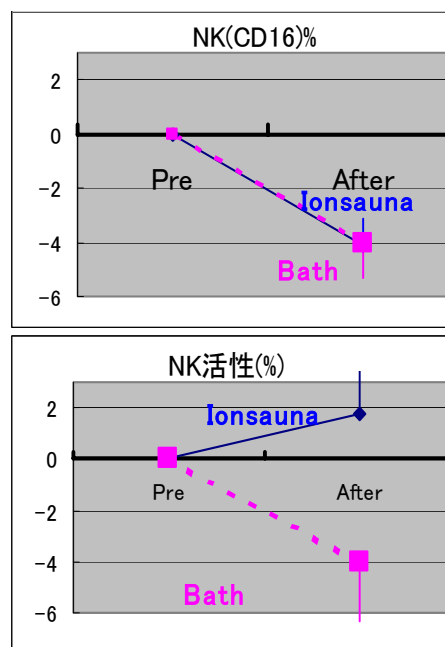


図 5 マイナスイオンサウナと温浴によるNK細胞数、NK活性の変動 (40°C, n=16)

盲検で入替え暴露した (図6)。

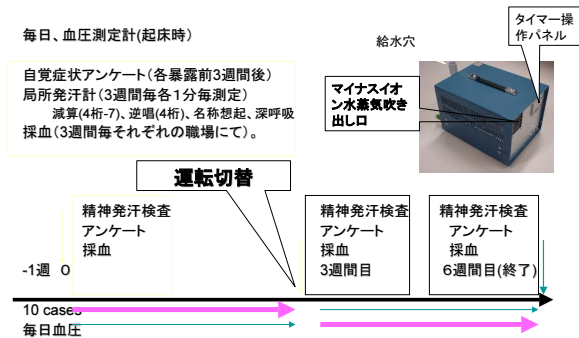


図6 長期マイナスイオン暴露実験の方法

用いたイオン発生器は、放電により水蒸気を荷電させ、大量のマイナスイオン加水蒸気が安定して供給できる。またマウスでは100倍量 (20~100万個/cc) 28日連続暴露で血液生化学検査や剖検所見で全く問題はなく安全性を証明している¹⁹⁾。

各暴露3週間前後に、リウマチのQOL評価法として用いられるAIMS2 (arthritis impact measure scale) のうち、鬱状態、気分、緊張度を示す項目について5段階評価をした (表2)。

表2 長期マイナスイオン暴露によるQOL評価項目 (AIMS2)

質問(省略)	イオン暴露	イオンなし	P(paired-T)
Q1 精神的緊張状態	2.8±0.78	3.2±0.91	0.083
Q2 神経過敏になって困る	3.1±0.56	3.2±0.78	0.29
Q3 リラックスできること	3.0±1.05	3.0±0.67	0.5
Q4 のびのびとした精神状態	2.7±1.05	2.8±0.79	0.39
Q5 静かで落ち着いた平和な気分	3.2±0.63	2.6±0.51	*0.011
Q6 物事を楽しくやれる	3.1±0.87	2.7±0.67	*0.018
Q7 沈滞した、憂うつな気分	3.0±0.94	3.1±0.73	0.33
Q8 'うまくいかない'と感じる	3.4±0.84	3.6±0.69	0.25
Q10 楽しいことがないとふさぎ込む	4.1±0.73	3.6±0.51	*0.047
Q11 おっくうと感じる	3.1±0.31	2.8±0.63	*0.040
Q12 仕事に気がなり眠れない	3.4±0.51	3.5±0.97	0.339
Q13 ストレスを感じる	2.7±0.94	3.0±0.67	0.096
Q14 精神的な疲労感	2.5±0.84	2.9±0.87	0.051
Q15 仕事に気がなり早く目覚める	3.1±0.99	2.9±0.99	0.27

悪い→2→3→4→5良い 平均±標準偏差(n=10)

各暴露3週間前後に採血し一般生化学、白血球、白血球分画、リンパ球分画を測定した。リンパ球分画の測定は、フローサイトメトリーを用いて全血二重染色法で行った⁹⁾。

その結果、不快な症状や問題となる自覚症状を

訴える脱落例はなく一般生化学検査や血圧・脈拍数などに有意の差はなかった。主観的な評価所見の結果では、イオン暴露群がコントロール群より有意に良好であるアンケート項目が4項目に認められた (表2)。リンパ球分画ではCD16陽性NK細胞はマイナスイオン暴露後18.6±6.3%、コントロール群は22.4±8.8%とマイナスイオン暴露後の低下が示された (図7)²⁰⁾。この研究は、生活価値創造住宅開発技術研究組合 {通商産業省 (現経済産業省)} 「ハウスジャパンプロダクト」の一部として行われた。

%リンパ球 (N=10)	イオン暴露(3wks)	コントロール	p値
CD4	40.61±10.65	39.45±10.44	
CD8	31.78±8.31	32.32±8.38	
CD3	68.96±9.56	67.997±8.84	
CD4+CD45RA	20.46±6.22	19.99±5.91	
B(DR)	14.79±4.14	15.2±3.7	
CD8DR	7.47±4.188	7.21±3.75	
γ δ cell	4.53±1.71	5.37±1.75	
NK(CD16)	18.551±6.32	22.44±8.75	0.072

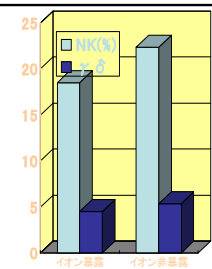


図7 長期マイナスイオン暴露によるリンパ球サブセットの変動

最後に

国内では、空調機や加湿器などマイナスイオン発生装置など多くの商品が既に多数市販され、研究も徐々に進められてきている。この科学性をより確固たるものとして、健康医学、環境医学への応用を期待したい。

温熱をはじめとする物理療法は、訓練前に導入することにより、疼痛軽減、可動域訓練などに成果を認める。一方障害者の意欲・集中力の欠如がリハビリ医療では大きな妨げになっており、意欲を高めるために多くのマンパワー、時間が裂かれているのが現状である。意欲・集中力を高めるアプローチ法は、訓練効果のみならず医療コストの観点からも有用な研究と思われる。空气中マイナスイオンの研究は、物理療法としての身体生理学的な側面、意欲などの心理学的な側面両方からリハビリテーション医療に大きく関わってくるものと思われる。

ここに示した私の研究の多くは、共同研究や委託研究の形を取ったこともあり、当初懐疑的に慎重に始められたが、検討数の少なさに問題があることを認識している。この点を反省し、今後は統計学的検討に耐える実験プランを組み、またその機序に関わる研究をなお慎重にすすめようと思う。

文献

- 1) 琉子友男、佐々木久夫:空気マイナスイオン応用事典. 人間と歴史社(東京)2002
- 2) 琉子友男:空気マイナスイオンの臨床および生理学的効果. 臨床環境10:70-77.2001
- 3) Watanabe I, Yabunaka N, et al : Mobilization of circulating leukocyte and lymphocyte subpopulations after cold water immersion. Biometeorology 3 : 846-862, 1994
- 4) 渡部一郎、阿岸祐幸、他:乾式サウナと湿式サウナによる循環動態の差異について. 臨床体温14:35-42, 1994
- 5) Watanabe, I, Noro, H, et al : Changes of skin temperatures after one hand cold water immersion. Biomedical Thermology 15 : 109-112, 1995
- 6) M Yabunaka, Ohtsuka Y, et al : Influence of size of bath on the appearance of a waves in electroencephalograms during bathing. J J A Phys M Baln Clim. 59, 105-109, 1996
- 7) 渡部一郎、野呂浩史、他:膠原病レイノー患者における星状神経節近傍への直線偏光近赤外線照射の効果. Biomedical Thermology 15, 203-206, 1995
- 8) 渡部一郎、野呂浩史、他:レイノー現象を呈する膠原病の自律神経機能の評価と治療. Biomedical Thermology17, 114-119, 1998
- 9) 渡部一郎、中馬孝容、他:慢性関節リウマチの温泉浴が末梢血 CD8, NK 細胞に与える効果. 臨床リウマチ学会誌 4 : 254-259, 1996
- 10) 渡部一郎、眞野行生、他:直線偏光近赤外線照射の経穴・非経穴に対する効果. Biomedical Thermology 20 : 53-58, 2000
- 11) 小口喜三夫、段恵軍、他:超微粒子ネブライザーによる水粒子の呼吸気内への取込みに関する研究. 医学のあゆみ163 : 623-624, 1992
- 12) P Wolkoff, P A Clausen, et al, Formating of strong airway irritants in terpen/ozone mixture. Indoor air 70, 82-97, 2000
- 13) 渡部一郎、野呂浩史、他:空気中のマイナスイオンが脳波に与える影響, 日温気物医誌61(3), 121-126, 1998
- 14) 渡部一郎、眞野行生:マイナスイオン空気清浄機による快適環境の創造. 臭気の研究29(6), 432-439, 1998
- 15) Watanabe I, Hori K, Mano, Y : Negative air ions improve efficiency of ergometric exercise, XIV congress of the international society of electrophysiology and kinesiology : 268-269, 2002
- 16) 渡部一郎、野呂浩史、他:負イオンサウナ浴がヒトの循環動態に与える影響. 臨床環境医 5 : 12-17, 1996
- 17) Watanabe I, Noro H, et al : Physical effects of negative air ions in a wet sauna. J Int Biometeorol 39 : 107-112, 1997
- 18) 渡部一郎、野呂浩史、他:マイナスイオンサウナがヒトの免疫能に与える影響, 日温気物医誌(投稿中)
- 19) 山内俊幸、渡部一郎:創空気システムと空気マイナスイオンの研究. 臭気の研究31(6) : 319-325, 2000
- 20) 渡部一郎、眞野行生:長期マイナスイオン暴露がヒトの生理機能・免疫機能に与える影響. 日温気物医誌64, 123-128, 2001