

空気中のマイナスイオンが脳波に与える影響

渡部一郎, 真野行生

北海道大学医学部リハビリテーション医学講座

野呂浩史

北海道大学医学部附属病院登別分院内科

Effect of Negative Air Ion in Human Electroencephalogram

Ichiro WATANABE, Yukio MANO

Department of Rehabilitation and Physical Medicine, School of Medicine, Hokkaido University.

Hiroshi NORO

Noboribetsu Branch Hospital, Hokkaido University.

Summary

High levels of negative ions have been detected in the air in forests, at spas, near waterfalls, and so forth, and there have been reports that they have a favorable effect on human beings' feeling of comfort and their feeling of fatigue. In this study we prepared an experimental room in which it was possible to maintain temperature constant at 25°C and constant humidity, and turn the supply of negative ions on and off, and in addition to assessing comfort level and fatigue level subjectively, we assessed them by means of the α -wave component of the EEG, which indicates the degree of relaxation, and by auditory evoked potential P300, which reflects attentiveness and degree of fatigue.

Methods: The subjects were 15 healthy physicians and nurses. The experiment was conducted in a room maintained at a constant temperature of 25°C and a constant humidity of 50% during a 2-hour period on different days without informing the subjects of whether the air was loaded with negative ions or not. Constant temperature and humidity were maintained, and the level of negative ions was adjusted by using a shinki generator (Geochto Ltd.). The parameters measured were determined with a flicker test and P300 (auditory evoked) test, and the α -wave ratio was calculated from the 60-minute closed-eye resting EEG.

Results: A higher percentage of subjects reported subjective comfort when the air was loaded with negative ions (6/15, 40%) than when it was not (4/15, 27%).

Significant difference was not observed in the P300 tests, but the α_2 (10-13 Hz) ratio of the EEG and flicker test tended to be higher with negative ion-air than without negative ion-air.

Key words : Negative air ion, Electroencephalogram (EEG)

1. 緒言

空気中のマイナスイオンは、空気中の粉塵、カビの孢子や細菌などの有害物質の浄化作用があり空気清浄機や無菌室として利用されている。その一方、自然界では、森林、温泉地、滝の近くなどで多くのマイナスイオンの検出を認め、これがヒトの爽快感に関係すると報告され、空気中マイナスイオンと疲労感や快適さ、仕事の能率についていくつかの研究がされてきている^{1,2,3)}。

我々は、空気中マイナスイオンのヒトへの影響をサウナ浴による生体反応について報告した。この実験では、マイナスイオンが有る場合、発汗量や体温上昇効果が有意に高く、サウナ浴効果が良く現れることが示され、サウナ浴という強い刺激に対する生理反応からマイナスイオンのヒトへの有用性を示すことができた⁴⁾。

今回の実験は、通常ヒトが活動している気温25℃湿度50%室内環境下において、安静時のヒトへの生理的な影響を調べた。このため、マイナスイオンの有り無しを調整できる人工気候室を作成し、疲労度、快適度は自覚症状の他、脳波計による周波数分析やP300聴覚誘発電位やフリッカー計による定量化について検討した。

II. 計測項目と方法

1. 恒温恒湿室マイナスイオン発生室（真気ルーム）の作成（Fig. 1）

今回10m²の真気ルームを、北大実験室内に作成した。これは、Fig. 1に示すように断熱パネルで外気と遮断された3坪（縦3600cm、横2700cm、高さ220cm）の部屋と真気発生機、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、湿度やマイナスイオンの有り無しを外部から設定できるようにした。室温25℃湿度50%の環境下で、マイナスイオンのある状態、ない状態で約

2時間被検者が滞在し、以下の計測を行った。

2. フリッカー計（OG技研製 GEID）

フードのついた窓に両目を当て、点滅する光点を凝視し、被検者自らが点滅するスピードをつまみで調整し、どの位、速く点滅させれば、点滅していると感じなくなるか調べる機器である。ちらつきを感じない境界の周波数をフリッカー値とする。数字が大きいとき、速い点滅を区別でき、すなわち疲労度が少なく注意力が保たれていることが示される。

3. 脳波周波数解析

脳波計（NEC製 SyNAX1100）を用いて、脳表面の電気活動を記録した。

真気ルーム入室後、脳波の電極を装着し、上記のフリッカー計による疲労度計測、次項の聴覚誘発電位P300計測の後、閉眼安静座位にて、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した（ 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一定の基準が必要であった。またこれらのデータは、眼球運動や、頭部筋肉の緊張度、思考など様々な心理的な影響でも簡単に大きく変動した。閉眼安静状態

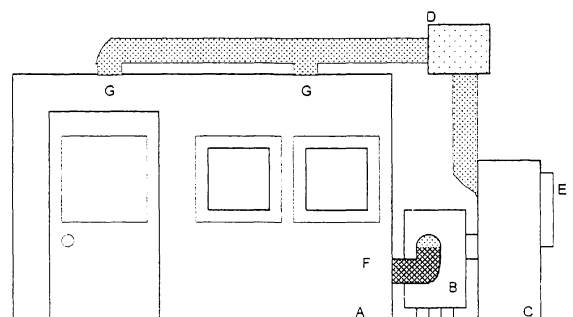


Fig. 1 Ion room

A: Shinki room made of insulating panels, B: Air cooler, C: Negative ion Generator, D: Air heater, E: Control panel, F: Room exhaust duct, G: Room inlet ports

がこれらの要因で妨げられている場合、前述の分類可能な周波数成分（2～30Hz）以外のノイズの周波数成分が増え、分類可能な脳波（ α , β , δ , θ ）の割合が減少する。分類可能な周波数成分の合計が60%以下では、ノイズが多いため解析に利用できないと判断し検討から除外した。このように、任意の一時点の周波数解析にて比較するのではなく、全てのデータから検討不能な点をのぞいたデータを利用し、10分間毎に加算したデータについて比較検討した。イオンのある場合とない場合で対応のある t 検定を行った。

4. 聴覚誘発電位 P300

今回 P300の測定法は、低温（1 kHz）に25%の頻度でランダムに高音（2 kHz）を混ぜ、高い音を判別したときに押しボタンで応答させる。30個正解までの脳波反応を脳波計により加算して陽性ピーク波の強さ、潜時（現れる時間）を計測した。その数値の意義については現在なお研究が進められているが、強度が強く潜時が短いほど注意力が高く、疲労度が少ないことが考えられる。イオン暴露の有無で、前値（入室直後）に対する変化率を求め、統計学的には、有意水準5%で対応のある t 検定で検討した。

5. 自覚的感覚スケール

快適性については、退室直前に、問診表を用い5段階（大変快適、快適、変わりなし、不快、大変不快）で被検者の自覚的所見を記録した。統計学的には、有意水準5%で χ^2 検定を用い検討した。

6. 対象・手順

被検者は健康な医師、看護婦の15例であり、マイナスイオンの有無がわからないようにして、マイナスイオンの有無で各1回づつ、別の日の同じ時刻に同じ検討を行った。PM 5時に真気ルームに入室し脳波計の準備をする。頭に電極を張り付け（この間に室内環境に順化）、次にフリッカー計、聴覚誘発電位 P300を測定する。その後、閉

眼安静半坐位状態で脳波記録を60分間施行する。その後再び聴覚誘発電位 P300、フリッカー計を測定し、最後に自覚的感覚スケールを問診にて確認した。施行した期間は1995年5月から9月である。

III. 結果

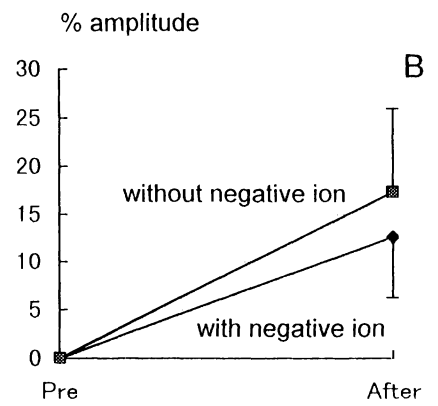
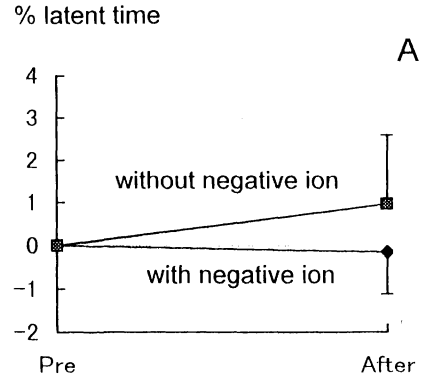
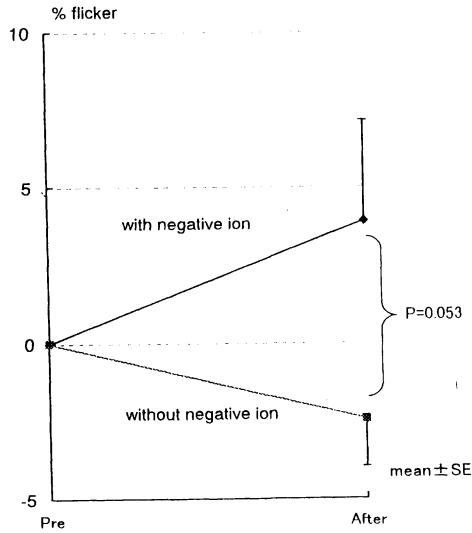
イオン数測定器 KST-900 ION TESTER（神戸電波株式会社製）で計測すると、通常100個/cc程度であるマイナスイオンは、真気ルームの機能を発揮させマイナスイオンを発生させると常に安定して5000個/cc以上計測された。

フリッカー値の検討では、マイナスイオンがある場合 $3.9 \pm 3.2\%$ 増加し、マイナスイオンがない場合 $2.4 \pm 1.5\%$ 減少した（ $P=0.053$ ；Fig. 2）。

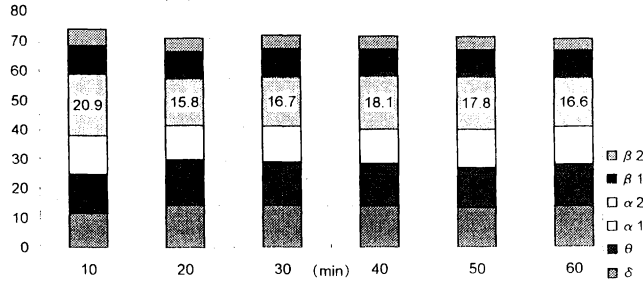
脳波では、 α 波の割合の平均値に注目すると、特に α_2 波（10Hz～12.75Hz）ではマイナスイオンが有る群がマイナスイオンがない群より比較的高値を維持した（Fig. 3）。統計学的には有意差を認めなかった。

聴覚誘発電位 P300の検討では、マイナスイオンがある場合約1時間の真気ルーム滞在で潜時は $0.15 \pm 0.97\%$ 短縮し、マイナスイオンがない場合 $0.95 \pm 1.6\%$ 延長した（Fig. 4 A）。強度はマイナスイオンのある場合 $12.6 \pm 6.4\%$ 、マイナスイオンのない場合は $17.3 \pm 8.6\%$ 増加し、それぞれに統計学的有意差を認めなかった（Fig. 4 B）。

自覚的感覚スケールは、快適と答えたものがマイナスイオンの有る場合で40%（15例中6例）と、マイナスイオンのない場合27%（15例中4例）より高率でした。不快と答えた例はマイナスイオンのある場合で7%（15例中1例）とマイナスイオンのない場合27%（15例中4例）より低率であった。自覚症状の検討にて、被検者がマイナスイオンの有無を知らずにこのような結果を得たことは、マイナスイオンが快適性に作用することが示された（Table 1）。 χ^2 乗



A. Mean proportion of EEG frequency with negative air ion (N=15)



B. Mean proportion of EEG frequency without negative air ion (N=15)

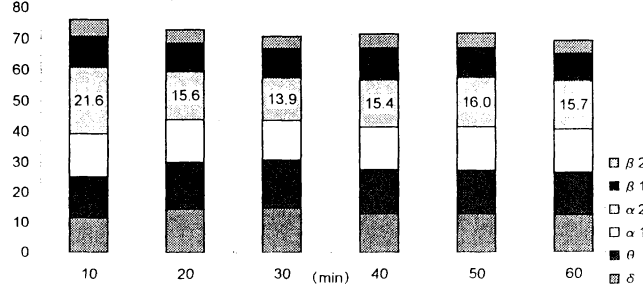


Fig. 3 Trend of proportion(%) of EEG frequency

Table 1 Subjective feeling scale

	Good	No change	Bad
With Negative Ion	6	8	1
Without Negative Ion	4	7	4

no significant difference

検定で有意性は示されなかった。

IV. 考案

空気中マイナスイオンの存在をヒトの五覚は感知できない。空気中マイナスイオンの効果は従来の報告では、疲労感、快適さ、仕事の能率などの自覚所見で検討されていた。今回我々は、客観的指標として、脳波、フリッカー計、P300などの手法を用い、マイナスイオンのヒトに与える影響を検討した。

空気中マイナスイオンの有るときと無いときの2回同一個人が被検者となる場合、両方の条件、すなわち身体健康状態、精神状態(緊張度)、疲労度など均一にすることは不可能である。特にヒトに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、また季節とも関係する年のサイクルが存在する。これらのヒトのリズムを考慮して実験が同じ曜日の同じ時間帯になるように施行した。

自覚症状は、このsingle blind testで、従来の報告と矛盾しないマイナスイオンの存在が快適性に結びつく評価がなされた。15例で統計学的有意性が示されなかったのは、なお症例数が少ないか、暴露時間が短かったことなどが考えられる。暴露時間については、2時間以上拘束することは逆に拘禁ストレスとなるなど問題もあり、検討は困難と思われる。

フリッカー計は、比較的古くから用いられている方法である。統計学的有意性は、有意水準を0.05とすると満たさなかったが、p-valueは0.053と極めて低い数値であった。マイナスイオンの存在でフリッカー値が上昇することは、集中力の増加、疲労度の低下を示し、従来の報告によく一致する。

P300聴覚誘発電位は、疲労度の定量法として最近注目され、認知・記憶・老化・疲労度や薬物効果の評価に応用されてきてい

る。今回の検討では、マイナスイオンがあると潜時が短縮する傾向が示され、マイナスイオンが疲労度を減少させるという報告に矛盾しないが、統計学的有意性は示されなかった。強度については、変化はわずかであるが、むしろ予想された結果と逆であった。測定値にばらつきが少ないことは、この検査の再現性が高いことを示すが、今回のような微小な負荷では影響を受けにくかった。

脳波周波数分析では、 α_2 波増加傾向が示された。 α 波はリラックスすると増加し、疲労すると減少することが知られている⁵⁾。この結果はマイナスイオンの存在が α 波を増加させる可能性を示した。

以上、最新の測定手法でマイナスイオンの有無によるヒトへの影響を調べた。自覚的感覚、フリッカー値、P300潜時、脳波 α 波において、マイナスイオンが有るほうが快適性・集中力が高い変化が示されたが、どれも統計学的有意性に至っていない。さらに慎重な検討が必要と思われた。

従来の報告のイオン発生法が放電式であるのに対し、今回の発生法は水破碎式である点が異なる。今回用いた水破碎式イオン発生は、自然界に近い発生法で、激しい水流からレナード効果で発生するものである⁶⁾。この方法で産生するイオンは全く無味無臭であり、従来法の放電式イオンが、言葉で表しにくいわずかな芳香を感じる点で異なっている。従来有意性を示したのは、この芳香を評価し、真のマイナスイオン自体の効果ではない可能性もある。この点についてもさらに検討を必要とする。

現在は、自然環境が破壊され、OA機器が普及し、これらはマイナスイオンの低下をもたらす。マイナスイオンが人体に与える影響の研究は今後の健康医学、環境医学の重要なテーマとなるものと考え、今回の研究結果を発表した。

参考文献

- 1) Hawkins, L.H. and Barker, T.: Air ions and human performance. *Ergonomic* 21 : 273-278, 1978.
- 2) Yates, A., Grey, F.B., Misiaszek, J.I.: Air ions: past problems and future directions. *Environment international* 12 : 99-108, 1986.
- 3) Goldstein, N.I., Goldstein, R.N. and Merzlyak, N.: Negative air ions as a source of superoxide. *J. Int. Biometeology* 36 : 118-122, 1992.
- 4) Watanabe, I., Noro, H., Ohtsuka, Y., Mano, Y. and Agishi, Y.: Physical effects of negative air ions in a wet sauna, *J. Int. Biometeology* 41 : 107-112, 1997.
- 5) 藪中宗之, 大塚吉則, 渡部一郎, 野呂浩史, 阿岸祐幸: Influence of size of bath on the appearance of α waves in electroencephalograms during bathing. *日温気物医誌* 59 : 105-109, 1996.
- 6) H.J.Duan, F.Gao, K.Oguchi and T.Nagata: Light and electron microscopic radioautographic study on the incorporation of 3H-thymidine into the lung by means of a new nebulizer, *Arzneimittel-Forschung* 44 : 880-883, 1994.