

室内空気が作業効率に及ぼす影響 その1 脳波測定による作業効率の定量化

Effects of indoor air quality on work efficiency Part1- A quantification of work efficiency by EEG measurement

○中山誠健（会員）¹⁾、中岡宏子（会員）¹⁾²⁾、鈴木規道（会員）¹⁾、津村佳余（会員）³⁾
高谷一成（非会員）⁵⁾、田中眞二（非会員）⁴⁾、岩山遼太郎（非会員）⁴⁾
戸高恵美子（会員）¹⁾、森千里（会員）¹⁾²⁾

1) 千葉大学予防医学センター、2) 千葉大学大学院医学研究院、3) 千葉大学大学院医学薬学府
4) 積水ハウス（株）総合住宅研究所、5) 独立行政法人労働者健康安全機構労働衛生研究所

○Yoshitake Nakayama¹⁾, Hiroko Nakaoka¹⁾, Norimichi Suzuki¹⁾, Kayo Tsumura¹⁾,
Kazunari Takaya⁴⁾, Shinji Tanaka³⁾, Ryotaro Iwayama³⁾, Emiko Todaka¹⁾, Chisato Mori¹⁾²⁾

1) Center for Preventive Medical Sciences, Chiba University 2) Graduate School of Medicine, Chiba University
3) Graduate School of Medical and Pharmaceutical Sciences, Chiba University
4) Comprehensive Housing R&D Institute, Sekisuihouse, Ltd/
5) National Institute of Occupational Safety and Health, Japan.

Abstract: The study aims to quantify the effect of different TVOC levels in indoor air on work efficiency and easiness of relaxation. The experiments were conducted with 148 subjects in two laboratory houses with almost the same exterior and interior appearance and different air quality. The participants were asked to stay in the laboratory house for 90 minutes and to perform three tasks, which were calculations, memorization, and relaxation. We analyzed the characteristics and variability of EEG during the experiment. As a result, the rate of change in EEG α/β increased significantly during the relaxation in a specific group of subjects who entered the laboratory house with lower TVOC levels.

Keywords : 室内空気質、作業効率、脳波、定量化

1. 緒言

住空間の空気質を要因とした疾患や症状発生を予防するために、法整備や建築・建設技術の開発が進められている^{*1,2}。千葉大学予防医学センターでは、厚生労働省が定めた室内濃度指針値（TVOC値：400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を下回る実験住宅の建設や実証実験による効果検証を行い、室内空気質の改善と症状の発生割合の関係を明らかにしてきた^{*3}。本研究では、疾患や症状発生の予防のみならず、空気質と健康の維持・増進の関係について調査した。化学物質濃度の異なる住宅の室内空気質が、ヒトの作業効率や休息のし易さに与える影響を、脳波の測定・分析によって定量化したので報告する。

2. 方法

外観や内装の見た目がほぼ同様に空気質が異なる空気環境配慮住宅（以下 LH-1 と略す）と一般的な住宅（以下 LH-2 と略す）を千葉大学敷地内に建設し、体感評価試験を実施した。室内の空気質は、TVOC（アクティブサンプリング法による VOC62 物質、SVOC27 物質、アルデヒド類 15 物質）、温湿度、CO₂ などの測定により、2 棟の TVOC に有意な差があることを確認した（Table1）。

体感評価試験の実施期間は、2017 年 11 月から 2018 年 10 月で、被験者は 18~70 歳の男女 169 名、うち 148 名を調査対象とした。実験は、どちらか一方の棟に 90 分間滞在させ、うち 30 分間で計算

と暗記作業、安静（リラックス）時間を設けた課題実験を行い、実施中の脳波測定及び自己評価式アンケート（NASA-TLX）を行った（Fig. 1）。その他に個人の属性や QEESI、空気質の印象等を問うアンケートを実施した。脳波周波数分布測定は、脳波 5 帯域（ θ 、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ 、 β ）測定を Fp2（国際式 10/20 法）における微弱電位測定により行い、基準電極は左耳たぶに配置した。サンプリングレートは 1/sec で、30 分間の連続測定とした。測定装置は、フューテックエレクトロニクス（株）の BrainPro FM-929 である。

Table 1 Conditions in the indoor environments

		LH-1 (mean)	LH-2 (mean)	P-Value
TVOC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	53	3622	< 0.001 ***
Temperature	$^{\circ}\text{C}$	23.8	23.8	< 0.969
Humidity	%	54.2	55.4	< 0.585
Noise	dB	46.8	46.4	< 0.734
Illumination	Lx	155.2	163.1	< 0.598
Air pressure	hPa	1008	1009	< 0.899
CO2	ppm	542	721	< 0.043

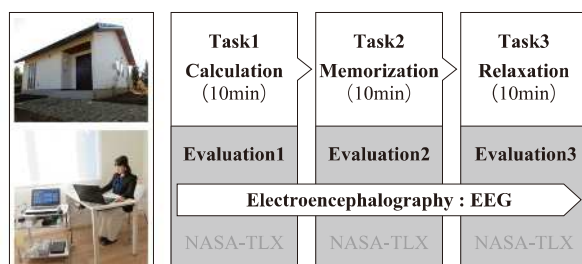


Fig.1 The appearance of the laboratory house (upper) and task experiment by a subject (bottom)

3. 分析

脳波は、周波数 4.0~6.0Hz を θ 波、5.6~8.5Hz を $\alpha 1$ 波、9.0~11.0Hz を $\alpha 2$ 波、10.5~13.0Hz を $\alpha 3$ 波、13.5Hz~30.0Hz を β 波とし、3.5Hz 以下の $20\mu\text{V}$ 以上をアーチファクトとして除外した。分析可能な 145 名の被験者データを対象に、集中やリラックスを示す指標を α/β とし^{*4}、変動及び変化率の特性を分析した。解析には SPSS version 26.0 for Mac (SPSS Inc.,) を用いた。

被験者の化学物質に対する感受性は、QEESI の High、Low 群に層別して分析した^{*5}。

4. 結果

計算と記憶の作業時と安静時の脳波変動を 5 分毎に平均値化し比較した結果、作業時 0~20 分の α/β 値に比べ、安静時 20~30 分の α/β 値が、LH-1 と LH-2 で高くなる傾向が示された。被験者

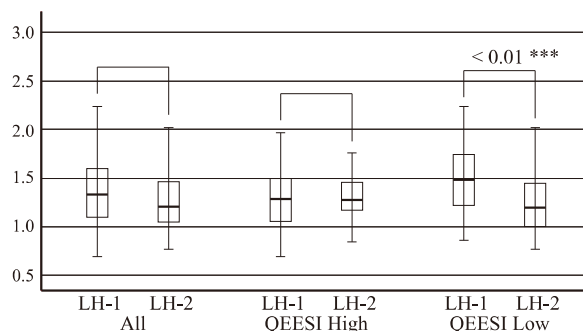


Fig.2 EEG(α/β) rate change of working task to relaxation task

毎に作業時と安静時の α/β 値の変化率を算出し、それらを比較した結果、LH-1 の中央値は 1.33、LH-2 は 1.20 で Mann-Whitney U 検定の結果、有意な差は見られなかった（Fig. 2）。そこで、化学物質の感受性が高い QEESI High 群と低い Low 群に層別して比較した結果、High 群は LH-1 の中央値が 1.28、LH-2 が 1.27 で有意な差は見られなかった。しかし、Low 群は LH-1 の中央値が 1.48、LH-2 が 1.19 で $p < 0.01$ の有意な差が見られた。

5. 考察

脳波特性より、化学物質の感受性が低い場合、空気環境配慮型住宅においてよりリラックスしやすくなる傾向を示唆した。つまり、室内の空気環境の改善は、SBS 症状などの発生を予防するだけでなく、快適性や知的生産性の向上にも寄与する可能性があると考えられる。ただし、脳波分析においては、相対的な評価に留まる点や個人差の問題から様々な解釈が見られる。よって、本研究結果と合わせて、被験者の主観的な評価を取り入れた分析など、引き続き調査・検証が必要である。

6. 文献

1. Evidence-based public health guidelines and a practical manual for the prevention of sick house syndrome. <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinzenbu/0000155147.pdf> Accessed 4 Apr 2019
2. Ministry of Health, Labor and Welfare of Japan. http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk_000043.html Accessed 4 Apr 2019
3. Suzuki, N., et al. "Indoor air quality and health - Chemiless Town Project Phase 3 "Proceedings of the 12th ISIAIA, Oct 23-26, 2018, Pyeongchang, Korea
4. Yoshida, Kouji, et al. "Evaluation of the change of work using simple electroencephalography." *Procedia Computer Science* 22 (2013): 855-862.
5. Hojo, Sachiko, et al. "Use of QEESI[®] questionnaire for a screening study in Japan." *Toxicology and Industrial Health* 21.3-4 (2005): 113-124.