

観葉植物の光合成由来の酸素による 精神生物学的作用に関する研究

1) 大東文化大学スポーツ・健康科学部 琉子 友男¹⁾、山崎まどか¹⁾
 2) 株式会社 竹中庭園緑化 田中 博史¹⁾、佐藤真太郎¹⁾
 朴 美香¹⁾、竹中幸三郎²⁾
 太田 眞¹⁾

A study on psycho-biological action with increased concentration of oxygen produced during photosynthesis of foliage plants

Tomoo Ryushi¹⁾, Madoka Yamazaki¹⁾, Hiroshi Tanaka¹⁾
 Shintaro Sato¹⁾, Mihyang Park¹⁾
 Kozaburo Takenaka²⁾, and Makoto Ota¹⁾

1) Department of Sports and Health Science, Daito Bunka University
 2) Takenaka Garden Afforestation Inc.

緒 言

最近、大多数の人達が心とからだとの間に何らかのつながりがあるのではないかと感じ始め、また、西洋医学に限界を感じている医師たちの多くが、患者の精神性が治療効果を高めるために重要な因子であることに気づき、患者の精神性を重視した医療体系である補完代替医療に興味を示し始めている。USAにおいても代替医療にすがる患者が増加傾向にあることから、国立補完統合衛生センターの中に補完的健康アプローチ（補完医療）を行う2つのサブグループを設置し、国家予算を使った研究が進められている。我が国においても、末期患者に代替医療を処方する病院が増加し、現代科学では原因がわからない劇的な回復事例などが報告されている。しかし、そのような状況の中でも回復事例を単なるプラシーボ（偽薬）効果に過ぎないとして否定する医学者が多いのも現実である。その原因は、西洋医学がデカルト以来の心身二元論に強い影響を受けて発展してきたためと言われており、治癒に対するプラシーボの持つ効果を軽視する傾向にあったからである。これまでのプラシーボ効果に関する研究では、二重盲検法を用いた鎮痛効果、不眠症治療、抗うつ治療において約60%の治療効果が報告されているが、病気と治癒におけるプラシーボ効果は約10%程度

しかないという報告もある¹⁾。しかし、これらの事実は、心とからだのコミュニケーションによる治癒を説明する何らかの作用が存在することを示すものである。

最近の精神生物学的作用に関する研究¹⁾では、我々のからだが自律神経系、内分泌系、免疫系、神経ペプチド系によって無意識のうちに調節されていることを明らかにし、その系のどこかに精神的ストレスが加えられると脳の大脳辺縁系—視床下部系という部位に信号が伝わり、種々の神経伝達物質を介して最終的には細胞内の即時型遺伝子(Immediate early genes: IGE)の発現に影響して、からだの各部位に症状を引き起こすことが報告されている。このことは、心が生命をつかさどる分子の生産や遺伝子発現にまでも影響を及ぼしていることを示すものである。

地球上において、動物と植物とは相互依存関係にあり、お互いになくってはならない存在である。植物は光合成によって二酸化炭素を酸素に変換するという点で、酸素を吸って生きている生物にとっては重要な存在と言える。近年、Wolverton 博士を中心としたアメリカ航空宇宙局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)の研究チームは、二酸化炭素の吸収率が高く空気浄化能力(VOCの除去)の優れた植物をエコプラントと名付け、宇宙ステーション内の環境を地球の環境以上に質の高い環境にする目的で研究を進めてきた。また、我が国においてもそれらの植物に特殊土壌を組み合わせることによって二酸化炭素の吸収・削減、VOCの除去、脱臭能力を向上させインドア・エア・クオリティを高める「エコロジーガーデン」が提唱されている²⁾。

しかし、これまで植物が及ぼす生体への影響に関する研究は少なく、特に人に対する精神生物学的作用については十分に明らかにされていないわけではない。植物は、光合成による酸素の生成の他に、水の蒸散、テルペン系物質の放散、それに伴うにおい物質の放散、さまざまな色彩を放つなど、人の感覚を刺激する要素を多く持っている。我々が行った観葉植物や花を使ったグリーンギャラリーのストレス緩和効果及び作業能力向上効果に関する研究においては、壁に掛けたグリーンギャラリーによってストレスが緩和される効果や作業能力を向上させる効果が得られている³⁾。また、前述した代替医療には、古代インドの生命科学理論であるアーユルヴェーダがあり、その他、ハーブ療法、サプリメント療法、アロマセラピー、呼吸療法、食事療法、心理療法、温泉療法、音楽療法なども含まれる⁴⁾。しかし、代替医療の中に観葉植物を使った酸素療法に関する研究は、我々の知る限り存在しない。また、光合成によって増加した酸素濃度が生体に及ぼす影響に関する研究事例は存在しないと思われる⁵⁾。

そこで、我々は観葉植物に対するケイ酸カリウム水溶液の灌水・噴霧が植物の光合成を高め、酸素濃度を増加させるかどうかを明らかにするために2つの予備実験を行った⁶⁾。この実験の目的は、ケイ酸カリウム水溶液(K_2SiO_3)を灌水・噴霧する群と、水道水のみを灌水・噴霧する群との酸素濃度を比較すること、そして両環境における酸素濃度の日内変動を比較することであった。方法としては、環境制御室(10.7 m³)の中に観葉植物の入った2個のチェンバー(0.28 m³)を設置し、それぞれのチェンバーの中にアレカヤシ1鉢、ポトス2鉢を入れ、両チェンバー内の酸素濃度を比較するために一方の植物にはケイ酸カリウムの灌水・噴霧、もう一方の植物には水道水の灌水・噴霧を行った。環境制御室内のLED(SODATECK, YAKUMO TRADING, Osaka)は、朝の8時に

ON、夕方 18 時に OFF になるよう設定した。両チェンバー内の酸素濃度は、同一メーカーの酸素濃度測定器 (Oxygen Monitor, OXY-1/1S, 株式会社 JIKCO) を用いて測定した。なお、LED の光束量は約 12,000 lm であった。また、光が平等に照射されるよう LED は両チェンバーの上部中央に設置した。それぞれのチェンバー内の植物に対するケイ酸カリウム水溶液あるいは水道水の噴霧は、朝の酸素濃度測定終了後、同時に行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 酸素濃度の日内変動に関する調査では、早朝から 16 時まではケイ酸カリウムチェンバー内で 21.5%、水チェンバー内で 21.4% と低い数値を維持したが、17 時から上昇を始め 19 時にはケイ酸カリウムチェンバー内で 21.8%、水チェンバー内で 21.6% と 1 日の中では最も高い酸素濃度を示した。
- 2) ケイ酸カリウムチェンバー内の酸素濃度は、開始 3 日目と 4 日目の 18 時と 21 時にこれまでの最大値である 21.9% という数値を示した。この数値は通常大気中の酸素濃度 20.9% を 1% も上回る数値であった。
- 3) 水チェンバー内の酸素濃度は、開始 3 日目と 4 日目の 18 時と 21 時にこれまでの最大値である 21.7% という数値を示した。11 時と 15 時の酸素濃度は、18 時と 21 時の酸素濃度に比較して少ない傾向を示した。
- 4) ケイ酸カリウムチェンバー内と水チェンバー内における酸素濃度の 1 日平均値を比較した結果、開始 7 日目の両チェンバー間に最大で 0.4% の差が認められ、ケイ酸カリウムを灌水、噴霧した方が調査開始から終了まで常に高い酸素濃度を示すことが明らかとなった。

また、二つ目の目的は、チェンバー内ではなく環境制御室そのもの (10.7 m³) に植物を設置し、ケイ酸カリウム噴霧・灌水と水道水噴霧・灌水との酸素濃度を比較することであった。なお、環境制御室内には、アレカヤシ 4 鉢 (中鉢) とポトス 4 鉢 (中鉢) を設置した。水道水を噴霧・灌水して測定した期間は、2012 年 1 月 31 日から 2 月 8 日までの 9 日間であった。一方、0.01% のケイ酸カリウム水溶液を噴霧・灌水して測定した期間は、2012 年 1 月 18 日から 1 月 26 日までの 9 日間であった。これまでの測定と同様、LED は朝の 8 時に ON、夕方 18 時に OFF になるよう設定した。また、環境制御室内に酸素濃度測定器を設置し、酸素濃度は 11 時と 15 時、LED 消灯後の 18 時と 21 時に測定した。なお、環境制御室内の温度は 25 ~ 26°C、湿度は 40 ~ 60% に設定した。

その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 水道水の噴霧・灌水では、酸素濃度 21.9% が上限であったが、ケイ酸カリウム水溶液の噴霧・灌水では、酸素濃度は 9 日目の 21 時にこれまでの最大値である 22.2% を示した。この数値は観葉植物のない通常の大気中の酸素濃度 20.9% を 1.3% も上回る数値であった。
- 2) 水道水とケイ酸カリウム水溶液の両方とも、11 時の噴霧・灌水前が最も酸素濃度が低いことが明らかとなった。なお、水道水噴霧・灌水では 15 時においても 11 時と同様の低い数値を示した。
- 3) 水道水の噴霧・灌水では、4 日目から酸素濃度が減少する傾向を示し、5 日目、6 日目が最も低く、9 日目に 1 日目と同様の数値 21.9% を示した。それに対して、ケイ酸カリウム水溶液の

噴霧・灌水では、酸素濃度の日にちによる上下動が少なく、安定した濃度傾向を示した。

- 4) 両環境ともに18時と21時の酸素濃度は、11時と15時の酸素濃度に比較して高い傾向を示した。LED消灯後に酸素濃度が高くなった原因については、夜間に光合成を高める植物の特性によるものかも知れないが不明である。
- 5) ケイ酸カリウム水溶液と水道水噴霧・灌水における酸素濃度の1日の平均値(4回の測定値)を比較した結果、測定開始5日目と6日目に最大で0.4%の差が認められ、ケイ酸カリウムを灌水・噴霧した方が調査開始から終了まで常に高い酸素濃度を示すことが明らかとなった(K_2SiO_3 : 21.8 ~ 22.1%; H_2O : 21.5 ~ 21.8%)。

以上の結果から、観葉植物が設置された環境では通常的环境よりも酸素濃度が高くなること、酸素濃度には日内変動があること、原因は不明であるがLED消灯後に酸素濃度が高くなること、ケイ酸カリウムを灌水・噴霧した観葉植物の方が水道水を噴霧・灌水したものよりも安定した高い酸素濃度を示すことが明らかとなった。これらの結果は、特定の空間に観葉植物を置き、そこに比較的強い光を当てることが酸素濃度を増加させ、消灯後もしばらく高濃度酸素環境が持続されることによって脳の機能を高め作業効率を向上させたり、ストレスを除去し健康を維持・増進させたりするなどの可能性を示唆するものである^{6, 7)}。

そこで、本研究の目的は、上記の先行研究で得られた結果⁶⁾を基に、環境制御室内に観葉植物のない環境(No foliage plants: NP)、観葉植物+水道水の環境(foliage plants with tap water: FP)、観葉植物+ケイ酸カリウム水溶液の環境(foliage plants with aqueous solution of potassium silicate: FPS)を設定し、それぞれの環境下で得られた酸素濃度のわずかな増加がヒトの脳活動、自律神経系活動及びストレス指標などの精神生物学的指標に及ぼす影響を明らかにすることであった。

方 法

1. 被験者

被験者は健康な成人男性7名である。彼らの年齢は 23.2 ± 1.3 歳、身長は 170.0 ± 8.2 cm、体重は 69.3 ± 16.6 kgであった。なお、本研究ではヘルシンキ宣言を遵守するために、被験者にはあらかじめ研究の目的、個人情報保護、実験の安全性とリスク等に関する説明を行い、被験者全員からinformed consentを得て行われた。さらに被験者には実験への参加が任意である旨の確認を行ったうえで、1週間以上の間において測定を3回(NP環境、FP環境、FPS環境)行った。なお、測定は心臓・循環系の日内リズムに配慮して15時から17時のあいだ、17時から19時のあいだに行い、できるだけ曜日と測定時間を同一にするよう被験者を配置した。また、3回の測定は、すべてカウンターバランス(順位優位性除去)に配慮して行った。測定に際して、被験者が守るべき注意事項としては、前日夜から開始までコーヒー、お茶、お酒などのカフェインや刺激物の摂取を禁止したことである。また、睡眠時間は十分とよう指導した。さらに、当日の運動は禁止、そして15時からの測定では、開始2時間前までに食事を済ませておくことを強制した。

2. 測定環境

測定は温・湿度が25℃、50%に設定された環境制御室(10.7 m³)の中で行った。観葉植物としては、アレカヤシ2鉢(大鉢)、ポトス3鉢(大鉢)を設置した。NP環境は観葉植物がまったく配置されていない環境、FP環境は水道水のみを灌水する観葉植物が配置された環境、そしてFPS環境はケイ酸カリウム水溶液を灌水する観葉植物が配置された環境である(写真1~3)。なお、室内には、温度、湿度、酸素を管理するための温・湿度計と酸素濃度測定器(Oxygen Monitor, OXY-1/1S, 株式会社 JIKCO)を設置した(写真4)。出入り口付近には、被験者が座位でクレペリンテスト、フリッカー値、POMS、自律神経系活動の測定ができるよう机と椅子が配置された。

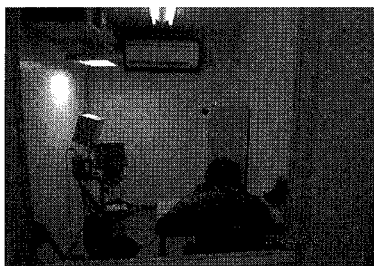


写真1：NP環境での測定風景



写真2：FP環境での測定風景

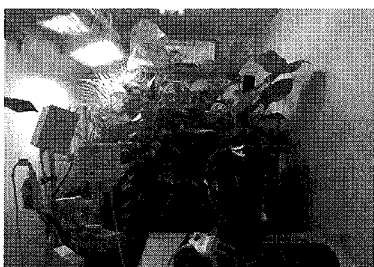


写真3：FPS環境での測定風景



写真4：温・湿度計と酸素濃度測定器(Oxygen Monitor, OXY-1/1S, 株式会社 JIKCO)

3. プロトコル(測定手順)

入室した被験者に対する測定手順の説明後、数分間の休憩後に安静時のPOMS(Profiles of Mood states)及び α -アミラーゼの測定を行った。その後、頭蓋20カ所に脳波電極を装着し、環境制御室に入室させ脳波計と接続した(20分間)。着席した被験者の指尖に自律神経系調査のためのプローブを装着、フリッカー値を測定後、安静時の脳波及び自律神経系の測定(10分間)を開始した。それらの安静時データ取得後、ストレス負荷としてのクレペリンテスト(45分間:[説明10分]+[テスト15分]+[休憩5分]+[テスト15分])を開始した。クレペリンテスト終了直後、安静時と同様、環境制御室内においてフリッカー値、POMS及び α -アミラーゼの測定(5分間)

を行い、その後、15分間の回復過程に入った。回復過程終了前5分から安静時及びテスト後と同様の測定を行い、それらをリカバリデータとした。なお、脳波と自律神経系のデータ取得に関しては、安静開始からリカバリ終了まで継続して行った。

4. 測定項目

1) クレペリンテスト：

このテストの本来の目的は、一桁の足し算を5分間の休憩をはさんで前半15分、後半15分行わせたうえで1分毎の作業量の継時的な変化パターンから、性格や適正を診断するために行われるテストである(全体の計算量と1分ごとの計算量の変化の仕方から、能力面を含めた性格・行動特徴を総合的に測定するテスト)。しかし、本研究では加算を延々と行わなければならないという観点から一種の「ストレス負荷テスト」と判断し採用した。一般にストレス実験におけるストレス負荷テストについては、これといった適確なテストがないのが現状である。鏡面描写テスト、角膜移植手術ビデオ及び暴力シーンビデオの鑑賞は視覚-心理系ストレスであり、筆者らが先行研究で行った冷水負荷テストや運動負荷試験などは物理的ストレスに該当し、クレペリンテストは、筆者らが先に行ったグリーンギャラリー実験³⁾の結果から心理系のストレスに該当する。なお、本研究では、クレペリンテストにおける作業量の継時的な変化パターンは調査せず、解答数および正答数を作業成績と捉え、3条件の環境(NP環境、FP環境、FPS環境)において比較することとした。

2) 脳波(θ 波)の測定：

脳波は脳波計(NeuroFax EEG-1200、日本光電、東京)を用いて測定した。本研究では、電極を頭部に国際10-20法に従って装着した。サンプリング周波数は500 Hzであった。脳波は周波数によって、 β 波(13.0Hz以上)、 α 波(8.0~13.0Hz)、 θ 波(4.0~8.0Hz)、 δ 波(0.5~4.0Hz)などに分類されるが、本研究では計算や図形問題により早く、より正確に取り組んでいる時(集中力)に確認される θ 波に注目して測定した。

3) ストレス度の測定：

本研究では、唾液アミラーゼ、POMS、自律神経系活動、酸化ストレス(酸化ストレス度[d-ROMs]、抗酸化力[BAP])を測定することによって被験者のストレス評価とした。

- a) 唾液アミラーゼ：唾液中のアミラーゼ活性は簡易ストレス計測器(COCOROMETER、ニプロ社)を用いて測定した。この測定原理は、試験紙チップに含まれる α - β -1、4-ガラクトピラノシルマルトシドがアミラーゼ活性によってクロロニトロフェノール(CNP)に分解され、その分解されたCNP濃度を反射型吸光度法によって測定するものである。唾液の採取は、試験紙チップを30秒以上舌下に置いて行った。この測定の有用性に関しては、山口ら(2002年)⁸⁾や金丸ら(2003年)⁹⁾、そして辻・川上(2007年)¹⁰⁾によって報告されている。なお、絶対値における単位は、KU/Lであり、200 KU/Lまでが測定可能である。さらに、0から30

までが「ストレスなし」、31から45までが「ややあり」、46から60までが「ストレスあり」、61以上が「かなりストレスあり」という尺度になっている。本研究では、安静時のアミラーゼの数値を100とした相対値データを示した。

- b) POMS (Profiles of Mood) : 主観的ストレス評定法の中でよく用いられる心理尺度である。本研究では、その短縮版を用いて心理的なストレス評価を行った¹¹⁾。POMSは、緊張—不安 (TA: Tension-Anxiety)、抑うつ—落ち込み (D: Depression-Dejection)、怒り—敵意 (AH: Anger-Hostility)、活気 (V: Vigor)、疲労 (F: Fatigue)、混乱 (C: Confusion) の6つの下位尺度からなり、対象者が置かれた条件によって変化する一時的な気分や感情の状態を把握できるテストである。また、本研究では、下位尺度の総合点に基づいて総合的な主観的ストレス評定値、TMD (total mood disturbance) も調査の対象とした。
- c) 自律神経系活動 : 自律神経系の変動は、Pulse Analyzer Plus TAS9 (株式会社 YKC、東京) を用いて測定した。この測定器は、末梢血液循環と自律神経バランス (Heart Rate Variability) を測定できる。この機器は、加速度脈波の波形ピーク間の時間を周波数分析することによって自律神経系の交感神経及び副交感神経の働きを推定している。交感神経優位の場合 (緊張時) は、心筋は規則正しく律動的に収縮を繰り返すのでばらつきが少なく、しかもピーク間隔は狭くなる。反対に副交感神経優位の場合 (リラックス時、睡眠時) は、ピーク間隔が広がると同時に、その間隔は広がったり狭まったりと $1/f$ の揺らぎを生ずる。本研究では、安静時10分間のピーク間隔、クレペリンテスト前半15分間と後半15分間のピーク間隔、及びリカバリ10分間のピーク間隔の揺らぎを分析した。
- d) 酸化ストレス度・抗酸化力 : 安静時及びリカバリ終了後に被験者の指先から $100 \mu l$ の血液を採取し、イタリア製のフリーラジカル解析装置 FREE carpe diem (Free Radical Elective Evaluator、輸入元:(株) ウィスマー) を用いて、酸化ストレス度 (d-ROMs) 及び抗酸化力 (BAP) の測定を行った。d-ROMs としては、血中の活性酸素種の一種のヒドロペルオキシド (R-OOH) を分析して数値化する方法を用いて測定した。一方、BAPテストとしては、血液中の抗酸化物質の影響によって三価鉄塩が二価鉄イオンに還元される還元力を測定して数値化する方法を用いて測定した。なお、本研究では、血液採取そのものがストレス負荷となる可能性が高いので、測定終了後のデータのみを用いて3環境条件 (NP 環境、FP 環境、FPS 環境) を互いに比較することとした。

4) 眼精疲労 (フリッカー値) の測定 :

眼精疲労としては、フリッカー値測定器 II 型 (T.K.K.501c、竹井機器工業、東京) を用いて測定した。フリッカー値 (Flicker value) とは、心理学、生理学用語で高頻度に点滅する光を被験者に見せたとき、光がちらついて見える限界の頻度値のことである。視覚の疲労や脳の覚醒レベルを評価する生理学的測定法として用いられてきた。目から網膜に達した光が視神経を介して大脳皮質に伝わり、そこで認識するまでの時間で脳の疲労の度合いがわかるという研究もある。正常値は 35

～45 である。20 歳前後では 40Hz が基準値である。26～34 では精査が必要であり、25Hz 以下は異常値と言われている。朝から日中にかけて上昇し、観葉植物などの緑を見ると視覚疲労が回復するという報告もある。

結果と考察

1) 酸素濃度

本研究で設定された 3 つの環境条件、すなわち、NP 環境、FP 環境、FPS 環境における酸素濃度は、NP 環境が $20.9 \pm 0.05\%$ 、FP 環境が $21.3 \pm 0.08\%$ 、FPS 環境が $21.4 \pm 0.05\%$ という数値が得られた。これらの酸素濃度は、我々が先に行った研究⁶⁾で得られた酸素濃度 (FP 環境 + K_2SiO_3 : $21.8 \sim 22.1\%$; FP 環境 + H_2O : $21.5 \sim 21.8\%$) より低い数値となった。この差の原因は、①先行研究では 11 時、15 時よりも 18 時、21 時の方が高い酸素濃度を示したが、本研究は、比較的酸素濃度が低い時間帯である 15 時～19 時までの間に測定を行ったこと、②先行研究ではケイ酸カリウム水溶液の灌水・噴霧を行っていたが、本研究では、被験者の健康に配慮して葉へのケイ酸カリウム水溶液の噴霧を取りやめ、灌水のみに留めたこと、③先行研究では、消灯後に高い酸素濃度を示したが、本研究では酸素濃度の高い時間帯での測定は不可能であったこと、④データのカウンターバランスのため、観葉植物の搬出・搬入が頻繁となり、酸素濃度を増加させるための十分な時間が設定できなかったことなどによるものではないかと思われた。

2) 作業成績

クレペリンテストの本来の目的は、一桁の足し算を 5 分間の休憩をはさんで前半 15 分、後半 15 分行わせ、1 分毎の作業量の継時的な変化パターンから、性格や適正を診断するために行われるテストである。しかし、本研究では加算を延々と行わなければならないという作業特性からクレペリンテストを一種の「ストレス負荷テスト」と判断し採用した。このようなストレスに抵抗し、作業が多くできる環境ほどストレス除去効果を有する環境であり、しかも作業効率を高めることができる環境とすることができる。本研究において得られた前半と後半の総解答数の平均値は、NP 環境が 884.8 ± 196.2 問、FP 環境が 906.6 ± 147.6 問、FPS 環境が 1035.3 ± 224.0 問であった。NP 環境と FPS 環境との間に統計的に有意な差が認められた (図 1)。FP 環境もわずかではあるが観葉植物のない環境 (NP 環境) に比較して解答数が多い傾向が認められた (図 1)。また、誤答数を比較した結果、NP 環境が 4.9 ± 3.3 問、FP 環境が 3.9 ± 3.1 問、FPS 環境が 3.7 ± 2.4 問であった (図 2)。これらの結果は、明らかに観葉植物のない環境 (NP 環境) に比較して FPS 環境は解答数が多く、しかも FP 環境と FPS 環境は誤答数が低いことを示し、観葉植物のある環境は観葉植物のない環境に比較して作業効率が高いことを示唆している。

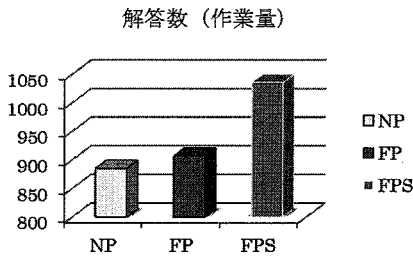


図1. クレペリントテスト解答数 (作業量)

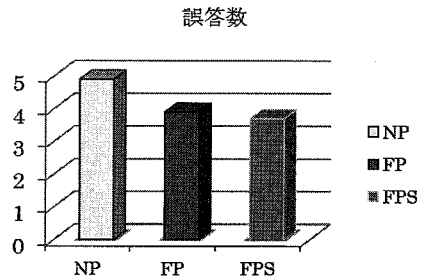


図2. クレペリントテスト誤答数

3) 脳波 (θ波)

本研究では、リラックス状態で行われるα波の測定を中心に据えて測定する予定であったが、α波に顕著な変化は認められなかった。そこで、計算や図形問題により早く、より正確に取り組んでいる時、前頭中心部 (Fz) に確認されるθ波に注目して測定した。その結果、ほとんどの被験者がクレペリントテスト中には前頭中心部 (Fz) にθ波を集中させていることが明らかとなった (図3, 4, 5)。また、各被験者の前頭部のθ波は、観葉植物のない環境 (NP環境) に比較してFP環境とFPS環境においてθ波の含有率が高いことが明らかとなった。また、この傾向はクレペリントテストにおける解答数及び誤答数の傾向と一致している。しかしながら、FP環境とFPS環境間のθ波含有率に明らかな差は認められなかった。

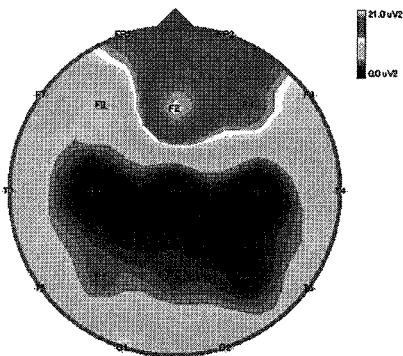


図3. クレペリントテスト中の被験者 Ko のθ波 (Fz: 前頭中心部; F3: 左前頭部; F4: 右前頭部)

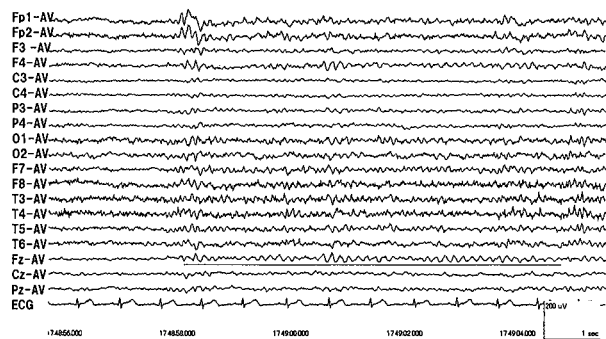


図4. クレペリントテスト中の被験者 Ko の脳波 (下線部の Fz-AV にθ波が顕著にみられる)

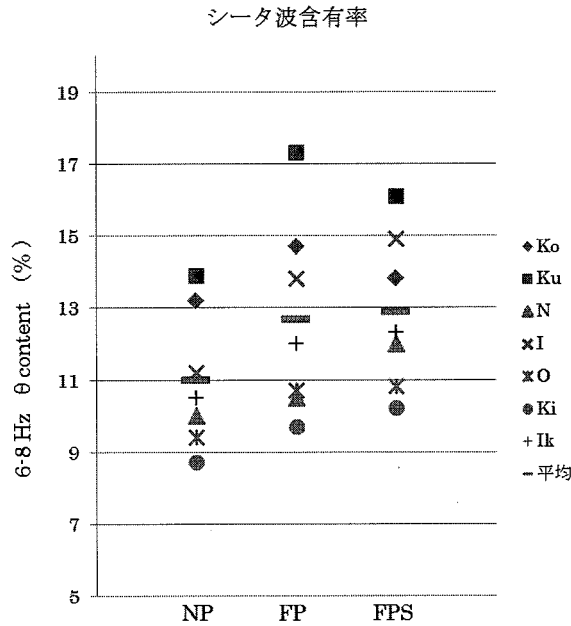


図 5. 各被験者における前頭部の θ 波 (6-8Hz) の含有率

4) ストレス度

a) 唾液アミラーゼ

観葉植物のない NP 環境では、唾液中の α アミラーゼがクレペリンテスト終了後及びリカバリ後に増加傾向を示すことが明らかとなった。このことは、クレペリンテストが NP 環境においてはストレスになっていることを示す。一方、FP 環境及び FPS 環境では唾液アミラーゼはテスト後にむしろ減少する傾向を示し、リカバリ後にも低下傾向を維持していた (図 6)。このことは、FP 環境、FPS 環境、関係なく観葉植物のある環境は、ストレスを抑制する可能性が高いことを示唆している。

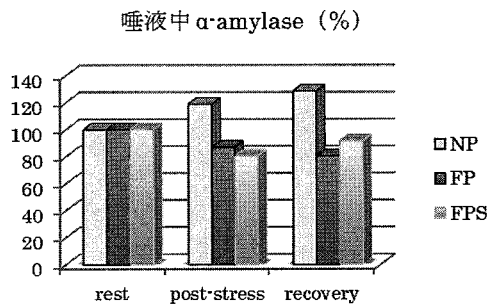


図 6. 唾液アミラーゼの変化

b) POMS (Profiles of Mood states)

POMS は、対象者が置かれた条件によって変化する一時的な気分や感情の状態を把握できるテストである。その尺度は、緊張-不安 (TA: Tension-Anxiety)、抑うつ-落ち込み (D: Depression-Dejection)、怒り-敵意 (AH: Anger-Hostility)、活気 (V: Vigor)、疲労 (F: Fatigue)、混乱 (C: Confusion) の6つの下位尺度とそれらの下位尺度の総合点に基づいて算出された総合的な主観的ストレス評定値、TMD (total mood disturbance) からなる。本研究では、FP 環境と FPS 環境における「緊張と不安」、「疲労感」、「混乱」が、クレペリンテスト終了直後およびリカバリ後において NP 環境よりも弱まる傾向が認められた (図7, 8, 9)。特に、クレペリンテスト終了直後の「混乱」尺度は、FP 環境よりも FPS 環境の方が低い傾向が認められた (図9)。また、FP 環境と FPS 環境における「主観的ストレス」がクレペリンテスト終了直後およびリカバリ後において NP 環境よりも低くなる傾向が認められた (図10)。これらの結果は、クレペリンテストにおいて FPS 環境の方が FP 環境よりも解答数が多いことと符合する結果であり、FP 環境よりも FPS 環境の方が落ち着いてクレペリンテストを行うことができたことを示すものである。

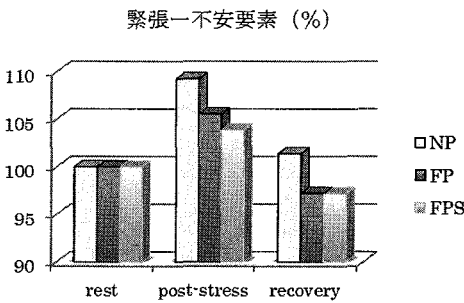


図7. 「緊張と不安」尺度の相対的变化

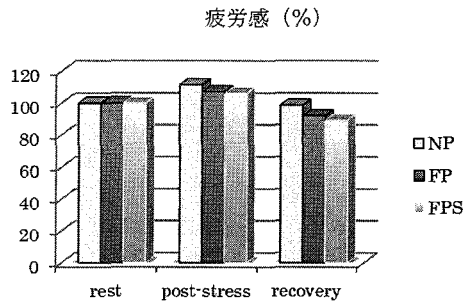


図8. 「心理的疲労感」尺度の相対的变化

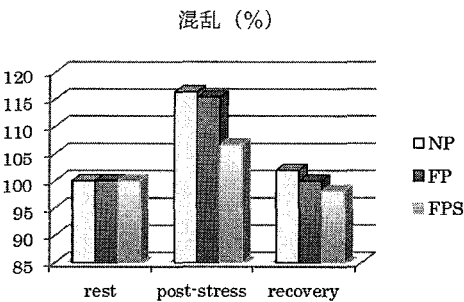


図9. 「混乱」尺度の相対的变化

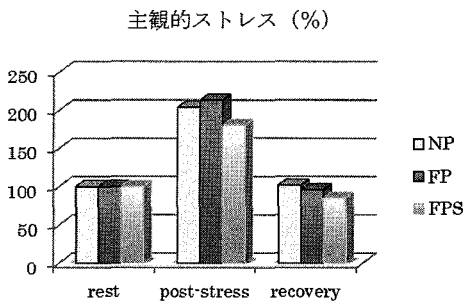


図10. 「主観的ストレス評価」尺度の相対的变化

c) 自律神経系活動

交感神経活動が優位な場合(緊張時)は、心筋は規則正しく律動的に収縮を繰り返すのでばらつきが少なく、しかもピーク間隔は狭くなる。反対に副交感神経優位の場合(リラックス時、睡眠時)は、ピーク間隔が広がると同時に、その間隔は広がったり狭まったりと1/fの揺らぎを生ずる。

本研究では、安静時10分間のピーク間隔、クレペリンテスト前半15分間と後半15分間のピーク間隔、及びリカバリ10分間のピーク間隔の揺らぎを分析した。なお、実験前日からの生活の抑制にもかかわらず入室時に自律神経系へ影響が大きい被験者も存在したため、本研究では、安静時の数値を「1」として相対変化を観察することとなった。その結果、観葉植物のないNP環境では、1回目のクレペリンテスト中に交感神経系の指標である「Ln(LF/HF)」が急激に増加したが、FP環境及びFPS環境ではさほど大きな変動は認められなかった(図11)。一方、副交感神経の指標である「LnHF」は、観葉植物のないNP環境においてはFP環境及びFPS環境に比較してクレペリンテスト休憩中でも低い数値を示した(図12)。これらの結果は、FP環境とFPS環境との間には明らかな差は認められなかったが、観葉植物のある環境が交感神経を抑制し、副交感神経を安定化させることで θ 波含有率を向上させ、作業効率(解答数向上、誤答数低下)を高めていることを示唆するものである。また、これらの結果は唾液アミラーゼやPOMSの結果とも符合している。

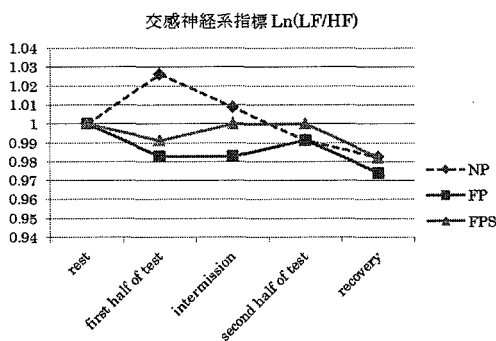


図11. 交感神経系の指標「Ln(LF/HF)」の変動

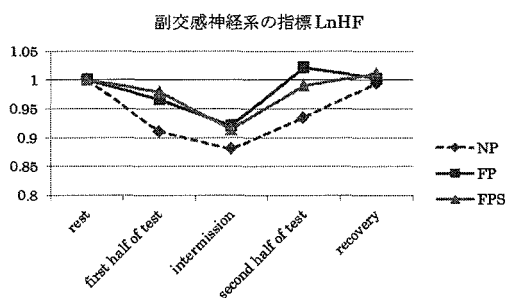


図12. 副交感神経の指標である「LnHF」の変動

d) 酸化ストレス度・抗酸化力

本研究の目的は、ケイ酸カリウム水溶液の灌水が観葉植物の光合成を促進させ、その結果、生産された酸素が生体にどのような精神生物学作用をもたらすかを明らかにすることであった。一般的に、酸素は物質を酸化させるもので酸素濃度が高い環境においては酸化ストレスを受けることが知られている。しかし、我々が先に行った研究⁶⁾で得られた酸素濃度は、FPS環境では21.8～22.1%、FP環境では21.5～21.8%であった。また、本研究で得られた酸素濃度は、FP環境が21.3±0.08%、FPS環境が21.4±0.05%であった。いずれの酸素濃度も健康上問題になる数値ではない。

しかし、人は心理的プレッシャーや心理的疲労感などの蓄積などによっても酸化ストレスを受け、生体が本来保有している抗酸化力を低下させることが明らかにされている。したがって、本研究では血液採取そのものがストレス負荷となる可能性が高いので安静時の血液採取は行わず、全測定終了後のデータのみを用いて3つの環境条件（NP 環境、FP 環境、FPS 環境）が被験者の酸化ストレス度や抗酸化力にどのような影響を及ぼすのかを観察することにした。その結果、酸化ストレス度（d-ROMs）は、NP 環境が 332 ± 54 、FP 環境が 321 ± 51 、FPS 環境が 320 ± 55 とほぼ同様の数値を示した（図 13）。また、抗酸化力（BAP）も NP 環境が 2150 ± 197 、FP 環境が 2268 ± 179 、FPS 環境が 2116 ± 172 とほぼ同様の数値を示した（図 13）。なお、d-ROMs の正常値は、 $200 \sim 300$ U. CARR であり、BAP の正常値は、 $2200 \mu\text{mol/L}$ 以上とされているので、本研究の被験者は正常値に近いことが明らかになった。したがって、これらの結果は観葉植物の生産する酸素濃度が酸化ストレスを与えず、しかも健康に問題を生じさせないということを示唆するものである。

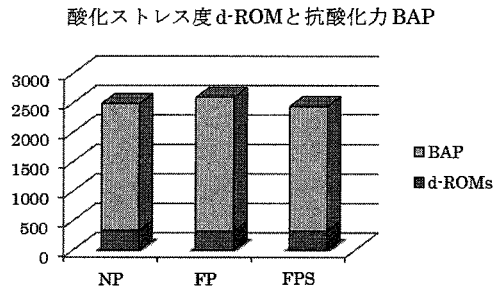


図 13. 酸化ストレス度 (d-ROMs) と抗酸化力 (BAP)

5) 眼精疲労（フリッカー値）

フリッカー値（Flicker value）の正常値は $35 \sim 45$ Hz とされている。20 歳前後では 40 Hz が一般的な数値であり、 $26 \sim 34$ Hz では精査が必要とされ、しかも 25 Hz 以下は異常値とされている。フリッカー値は朝から日中にかけて上昇し、観葉植物などの緑を見ると視覚疲労が回復するという報告もある。本研究では、観葉植物のない NP 環境では、クレペリンテスト終了直後にフリッカー値が低下すること、リカバリ後の数値も低いことが明らかとなった（図 14）。この結果は、観葉植物のある FP 環境及び FPS 環境は、NP 環境と比較してテスト後やリカバリ中に視神経や視覚情報認知系の疲労を回復することを示唆するものである。

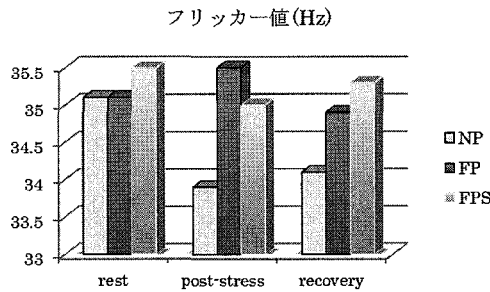


図 14. 眼精疲労 (フリッカー値)

まとめ

本研究は、25°C、50%に設定された環境制御室に観葉植物のない環境 (NP)、観葉植物+水道水の環境 (FP)、観葉植物+ケイ酸カリウム水溶液の環境 (FPS) を設定し、観葉植物の光合成により生産された酸素濃度のわずかな差異が、ヒトの脳活動、自律神経系及びストレス指標などにどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的として行われた。

対象となった被験者は健康な成人男性7名である。環境制御室 (10.7 m³) に設置された観葉植物は、アレカヤシ2鉢 (大鉢)、ポトス3鉢 (大鉢) であった。NP 環境は、観葉植物がまったく設置されていない環境、FP 環境は、水道水のみを灌水する観葉植物が配置された環境、そして FPS 環境は、ケイ酸カリウム水溶液を灌水する観葉植物が配置された環境である。なお、室内には、温度、湿度、酸素を管理するための温・湿度計と酸素濃度測定器 (Oxygen Monitor, OXY-1/1S, 株式会社 JIKCO) を設置した。室内には、被験者が座位でクレペリンテスト、フリッカー値、POMS、自律神経系活動の測定ができるよう机と椅子が配置された。

測定の手順としては、まず被験者に対する測定手順の説明後、数分間の休憩後に安静時の POMS 及び α -アミラーゼの測定を行った。その後、頭蓋 20 カ所に脳波電極を装着し、環境制御室に入室させ脳波計と接続した。着席した被験者の指尖に自律神経系調査のためのプローブを装着、フリッカー値を測定後、安静時の脳波及び自律神経系の測定を開始した。安静時データ取得後、ストレス負荷としてのクレペリンテスト (45 分間: [説明 10 分] + [テスト 15 分] + [休憩 5 分] + [テスト 15 分]) を開始した。クレペリンテスト終了直後、安静時と同様、環境制御室内においてフリッカー値、POMS 及び α -アミラーゼの測定 (5 分間) を行い、その後、15 分間の回復過程に入った。回復過程終了前 5 分から安静時及びテスト後と同様の測定を行い、それらをリカバリデータとした。なお、脳波と自律神経系のデータ取得に関しては、安静開始からリカバリ終了まで継続して行った。

なお、NP 環境、FP 環境及び FPS 環境における酸素濃度の平均値は、NP 環境が $20.9 \pm 0.05\%$ 、FP 環境が $21.3 \pm 0.08\%$ 、FPS 環境が $21.4 \pm 0.05\%$ であった。

クレペリンテストの総解答数の平均値は、NP 環境が 884.8 ± 196.2 問、FP 環境が 906.6 ± 147.6 問、

FPS環境が 1035.3 ± 224.0 問であった。NP環境とFPS環境との間に統計的に有意な差が認められた。FP環境もわずかではあるがNP環境に比較して解答数が多い傾向が認められた。また、誤答数を比較した結果、NP環境が 4.9 ± 3.3 問、FP環境が 3.9 ± 3.1 問、FPS環境が 3.7 ± 2.4 問であった。これらの結果は、明らかにNP環境に比較してFPS環境は解答数が多く、しかもFP環境とFPS環境は誤答数が低いことを示し、観葉植物のある環境は観葉植物のない環境に比較して作業効率が高いことを示唆している。

脳波に関しては、計算や図形問題により早く、より正確に取り組んでいる時に前頭中心部 (Fz) で確認される θ 波に注目して測定したが、その結果、ほとんどの被験者がクレペリントテスト中には前頭中心部 (Fz) に θ 波を集中させていることが明らかとなった。しかし、各被験者の前頭部の θ 波は、観葉植物のない環境 (NP環境) に比較してFP環境とFPS環境において含有率が高いことが明らかとなった。また、この傾向はクレペリントテストにおける解答数及び誤答数の傾向と符合している。しかし、FP環境とFPS環境間との θ 波含有率には明らかな差は認められなかった。

ストレス指標に関しては、NP環境では、唾液中の α アミラーゼがクレペリントテスト終了後及びリカバリ後に増加傾向を示すことが明らかとなった。このことは、クレペリントテストがNP環境においてはストレスになっていることを示すものである。一方、FP環境とFPS環境では唾液アミラーゼはテスト後にむしろ減少する傾向を示し、リカバリ後にも低下傾向を維持していた。このことは、観葉植物のある環境はFP、FPS関係なくストレスを抑制することを示唆している。

POMSに関しては、FP環境とFPS環境における「緊張と不安」、「疲労感」、「混乱」が、クレペリントテスト終了直後およびリカバリ後においてNP環境よりも弱まる傾向が認められた。特に、クレペリントテスト終了直後の「混乱」尺度はFP環境よりもFPS環境の方が低い傾向が認められた。また、FP環境とFPS環境における「主観的ストレス」がクレペリントテスト終了直後およびリカバリ後においてNP環境よりも低くなる傾向が認められた。これらの結果は、クレペリントテストにおいてFPS環境の方がFP環境よりも解答数が多いことと符合する結果であり、FP環境よりもFPS環境の方が落ち着いてクレペリントテストを行うことができたことを示している。

自律神経系活動については、NP環境において1回目のクレペリントテスト中に交感神経系の指標である「Ln (LF/HF)」が急激に増加したが、FP環境及びFPS環境ではさほど大きな変動は認められなかった。一方、副交感神経の指標である「LnHF」は、FP環境及びFPS環境に比較してNP環境ではクレペリントテスト休憩中でも低い数値を示した。このことは、観葉植物のある環境が交感神経系活動を抑制し、副交感神経系活動を亢進することを示唆するものである。

酸化ストレス度 (d-ROMs) は、NP環境が 332 ± 54 、FP環境が 321 ± 51 、FPS環境が 320 ± 55 とほぼ同様の数値を示した。また、抗酸化力 (BAP) もNP環境が 2150 ± 197 、FP環境が 2268 ± 179 、FPS環境が 2116 ± 172 とほぼ同様の数値を示した。この結果は、観葉植物の生産する酸素濃度が酸化ストレスを与えず、しかも健康に問題を生じさせないということを示唆するものである。

眼精疲労に関しては、NP環境においてクレペリントテスト終了直後やりカバリ後のフリッカー値が低下することが明らかとなった。このことは、観葉植物のあるFP環境及びFPS環境は、観葉植

物のない NP 環境と比較して、テスト後やりかバリ中に視神経や視覚情報認知系の疲労を回復することを示唆するものである。

以上の結果から、観葉植物が産生する酸素は心身に優しく作用し、ストレステスト中においても心理ストレスを緩和、集中力を高め、作業効率を高めることが示唆された。また、代替医療の基本的概念には、アーユルヴェーダ⁴⁾があるが、その概念にはハーブ療法、サプリメント療法、アロマセラピー、呼吸療法、食事療法、心理療法、温泉療法、音楽療法などが含まれる。しかし、これまで観葉植物を使った酸素療法(仮称:植物酸素療法)は、我々の知る限り存在しない。過去にはセロトニン不足にともなう不安、鬱などの治療には10,000ルクス以上の光を用いる療法⁵⁾があったが、本研究の結果は、光合成を高めるための光とともにケイ酸カリウムを灌水した観葉植物を併用することで産生されるわずかな酸素が人の不安神経症やうつ病の有効な治療法になる可能性を示唆している。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、被験者としてご協力頂いた大東文化大学大学院スポーツ・健康科学研究科の院生諸氏に感謝申し上げます。また、観葉植物を提供して頂きました(株)竹中庭園緑化に感謝申し上げます。なお、本研究は(株)竹中庭園緑化からの平成23年度指定寄付金によって行われました。重ねて感謝申し上げます。

参考文献

- 1) アーネスト・L・ロッシ:精神生物学〜心身のコミュニケーションと治癒の新理論〜、伊藤はるみ訳、日本教文社、東京、2011。
- 2) Wolverton B.C. and Takenaka Kozaburo: Plants: why you can't live without them. Lustre press, Roli Books, India, 2010.
- 3) 琉子友男、田中博史、朴美香、竹中幸三郎、只隈伸也:観葉植物の急性ストレス緩和効果に関する検証研究、大東文化大学紀要第52号:11-22、2014。
- 4) 伊藤弥恵治、鈴木正夫訳:アーユルヴェーダ・ススルタ大医典、人間と歴史社、東京、2005。
- 5) 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。
- 6) Ryushi T, Park M, Tadakuma S, Tanaka H, Wolverton B, Takenaka K: Verification study of the effect of increasing concentration of oxygen produced by watering and spraying foliage plants with aqueous potassium silicate solution. Bulletin of Daito Bunka University (natural science), No.51: 25-36,2013.
- 7) Ryushi T, Wolverton B, Park M, Tadakuma S, Tanaka H, Akiba M, Takenaka K: Effects of negative air ions produced by plant foliage on living organisms. Bulletin of Daito Bunka University (natural science), No.49: 41-49, 2011.
- 8) 山口昌樹、高井規安:唾液アミラーゼ活性によるストレスモニタ、Bio Industry、19、20-25、2002。
- 9) 金丸正史他:唾液アミラーゼ活性によるジェットコースターの感性評価、信学技法、103、1-6、2003。
- 10) 辻弘美、川上正浩:アミラーゼ活性に基づく簡易ストレス測定器を用いたストレス測定と主観的ストレス反応測定との関連性の検討、The human science research bulletin, 6, 63-73, 2007。
- 11) 横山和仁、下光輝一、野村忍編:診断・指導に活かす POMS 事例集、金子書房、2005。

(2016年10月19日受理)