

竹炭ボードが学習環境に与える影響

—快適な学習空間の提供を目指して—

西村 浩樹 (京都工芸繊維大学 大学院先端ファイブプロ科学, arc-nnlervmenve@arc-edu.com)

桑原 教彰 (京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科, nkuwahar@kit.ac.jp)

The influence of bamboo charcoal on learning environment:

Comfortable learning space

Hiroki Nishimura (Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology, Japan)

Noriaki Kuwahara (Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology, Japan)

要約

本研究では、室内の壁面を様々な素材に変化させることで学習者（小学生・中学生・高校生）の学習時における印象や学習効果に与える影響について、学習塾に通塾する学生を対象に評価を行った。学習塾の役割は、学力を向上させることであり、学習者もまた定期的に実施されるペーパーテストなどで成績向上を実現、さらに志望する高校や大学の入学試験で合格することが、学習する目的となっている。しかし、学習塾のもうひとつの役割として、学習空間の提供があげられ、学習者が自由に使用できる自習室や自習スペースなどを設置する学習塾が増えてきている。これは、昨今、家庭内では、集中して勉強できない環境になっていることが原因である。そこで、学習塾の役割として、学習者が快適にまた長時間学習できる空間を提供することが必要であり、また、成績向上の一因になると考え、学習塾における自習室の壁面素材を種々変化させることが可能な自習室を設置した。壁面素材として注目したのが、消臭効果・調湿効果・電磁波遮断効果などを持つ竹炭である。竹炭は、様々な効果を持つため、環境、医療など様々な分野において使用されている。その中でも、竹炭の住環境への活用は、特に注目を集めており、多湿な気候である日本において調湿する目的から床下などで活用されてきたが、昨今、室内空間で活用するため、竹炭形成パネルや竹炭板紙などが開発され、活用されている。そこで、学習者の多くが通塾している学習塾の自習室の壁面（天井を除く）を竹炭形成パネルや竹炭板紙（以下、竹炭ボード）で囲まれた空間を設置し、学習者は、その自習室で自由に学習をし、成績の推移の確認また印象評価を行った。

キーワード

竹炭, 学習効果, 室内環境, 壁面素材, 快適性

1. 緒言

現在、日本において、大小様々な学習塾が存在し、多くの小学生・中学生・高校生達が、日々、自身の学力レベルの向上と志望する中学・高校・大学へ進学するために通塾をしている。指導形態には、集団で行う「クラス指導」、近年の主流であるマンツーマンや生徒：講師が1：2、1：3などの「個別指導」、また、最近では、インターネットの普及により、インターネット回線を使用した「Web配信授業」など様々な形態が存在する。

さらに、タブレット端末やスマートフォンなどを使用したアプリケーションでの学習も普及してきており、学習者は様々な学習形態から自分に合った学習スタイルを選択できる環境となっている。

近年の学習塾の役割として、学習指導をする以外に学習環境を提供するというのも学習塾の役割の1つになってきている。これは、自宅では学習しにくい環境が存在することが上げられる。例えば、兄弟や姉妹がいるために騒がしく集中出来ない。テレビを見てしまう。寝てしまう。携帯電話を触ってしまう。など、自由であるが故に勉強に集中しにくいという環境ができてしまっているというのが、主な理由である。

そのため、学習塾の教室を、授業や学習指導をするためだけの空間ではなく、いつでも入退室できる学習空間である自

習室として活用を希望する学習者が増えてきている。よって、自習室や自習スペースを完備している塾が増えてきている。

そこで、本研究は、学習者にとってよりよい学習環境を検討するため、様々な特性を持つ竹炭を含有した壁面素材によって囲まれた環境で学習することが、学習意欲や成績の推移、印象にどのような影響をあたえるか評価を行った。

これまでには、竹炭を含有した壁面素材や異なる素材を用いた壁面を有する学習環境での評価の研究が行われている(磯田他, 2013)。また、単純繰り返し作業の効率に与える影響も研究されている(Nishimura et al., 2014)。

竹炭は、長い間、身近で加工がしやすい素材として、様々な用途として使用されてきた。その特性は、調湿効果・消臭効果・電磁波遮断効果などがあることで知られ、活用されている(安部他, 2004)。最近では、空気清浄効果を持つことから日本に2000万人以上いると言われている花粉症を患っている人への花粉症対策として、竹炭マスクや竹炭敷きパッドなどの商品も開発されている。また、携帯電話やコンピューター、タブレット、テレビなど日常生活の中で使われている電子機器から発生する電磁波を遮断するシールドとしての役割も果たしている。

さらに、近年、住環境への活用は特に注目を集めている。その背景として、建材に使用されている接着剤や塗料に含まれる化学物質(ホルムアルデヒドなど)が、室内の空気を汚染し、居住者の健康によくない影響を与えるシックハウス症候群(化学物質過敏症)などを除去する働きを持つことがあげら

れる(広瀬他, 2003)。このように様々な場面で活用され、役立てられている竹炭は、室内環境を整える材料として注目されている。

2. 実験方法

2.1 異なる壁面素材による評価

2.1.1 評価方法

評価は大阪府東大阪市内の学習室の自習室で行った。被験者は、自習室内で普段通り自習をし、自習終了時にSD法22項目に対して5段階の評価を行わせ、学習時の印象について評価を実施した。表1に評価項目を示す。評価時の語句の選定において服部ら(1995)および加藤ら(2004)の研究論文を参考にした。

表1：評価項目

暗いー明るい	人工的なー自然な
落ち着きのないー落ち着きのある	きびしいーやさしい
集中できないー集中できる	平静なー刺激的な
不調和なー調和のとれた	機械的なー人間的な
昔風なー近代的な	香りのわるいー香りのよい
こわれそうなーじょうぶな	親みにくいー親しみやすい
冷たいー温かい	疲れるー元気になる
年寄りじみたー若々しい	下品なー上品な
緊張感のあるー緊張感のない	美しくないー美しい
田舎的なー都会的な	不安なー安心な
苦しいー楽しい	閉鎖的なー開放的な

2.1.2 壁面素材

自習室内に一角にパーティションを図1のように学習者を囲むように設置し、パーティションに4種類の壁面素材を貼り、それぞれにおいて評価を行った。壁面素材として、竹炭と紙繊維からなる竹炭成型パネル、黒色不織布(SR1-12、株式会社ゴークラ社製)、白色不織布(SR1-1、株式会社ゴークラ社製)を準備した。表2に壁面素材の呼称を示す。

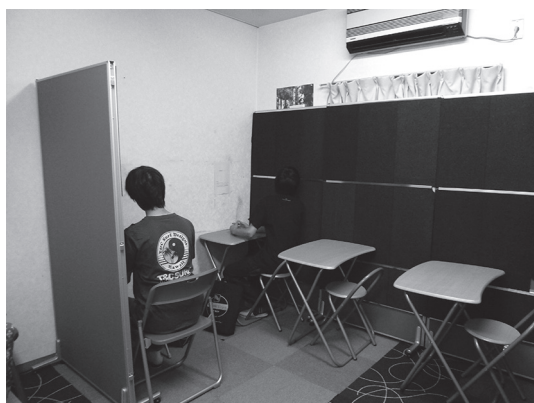


図1：黒(竹炭あり)を設置した自習室

表2：壁面素材の呼称

呼称	設置内容
黒(竹炭あり)	竹炭ボード
黒(竹炭なし)	黒色不織布
白(竹炭あり)	竹炭ボードを白色不織布で覆う
白(竹炭なし)	白色不織布

2.1.3 被験者

被験者は、学習塾に通う小学5年生から中学3年生の生徒のべ162人とした。平均年齢は12.84歳(SD 1.36歳)であった。

2.1.4 分析方法

4種類の壁面素材のSD法により得られた評定データの分析には、評定表のデータをすべて込みにして因子分析を行い、データを主因子法で因子を抽出し、プロマックス回転により因子負荷量を求めた。因子分析の結果、Kaiser-Meyer-Olkinの測度が0.752を示した。よって、因子分析の妥当性が示された。また、スクリープロット法を用い、因子数の決定をした。評価尺度の選定には回転後の因子負荷量の絶対値が0.40以上で、かつ複数の因子にまたがって0.20以上の負荷を示さないことを基準とした。

2.2 自習時間と成績向上の関連調査

2.2.1 調査方法

調査は大阪府東大阪市内の学習塾の自習室で行った。自習室内に、天井を除く四方を竹炭ボードで囲まれた自習室と、一般的な通常壁紙で囲まれた自習室を設置した。図2に竹炭ボード自習室を示す。また、図3に壁紙の自習室を示す。どちらの自習室も学習者は自由に使用することができ、入室する際に入室時間を、退室時には退室時間を所定の記入用紙に記載させ、滞在時間を記録した。調査期間は、2014年4月から7月までとし、成績の推移について、学習塾内で実施される2014年4月実施の模擬テストの偏差値と7月に実施の模擬テストの偏差値の推移を確認した。

また、竹炭ボードの自習室で自習をした学習者に対して、学習時の印象を10個の感性ワードによりSD法5段階評価で



図2：竹炭ボードの自習室



図3：一般壁紙の自習室

表3：評価項目

評価項目	
明るい	— 暗い
落ち着ける	— 落ち着けない
広い	— 狭い
安心な	— 不安な
集中できない	— 集中できる
目の覚める	— 眠くなる
さわがしい	— 静かな
勉強しにくい	— 勉強しやすい
くさい	— においの良い
リラックスできる	— リラックスできない

実施した。評価項目を表3に示す。

2.2.2 被験者

学習塾に通塾する小学6年生から中学3年生までの19名(男子11名、女子9名)とした。対象となる学習者は、竹炭ボードの自習室を使用し、4月度模擬テストと7月模擬テストの両方を受験した生徒を対象とした。

3. 結果

3.1 異なる壁面素材による評価

3.1.1 SD プロフィール

図4にSDプロフィールを示す。「きびしい—やさしい」「美しい—美しくない」「不安な—安心な」において、白(竹炭あり)が高い値を示した。また、「暗い—明るい」において、壁面素材の色により、評価が大きく変化した。

3.1.2 因子分析結果

表4に因子負荷量表および因子間相関を示す。3つの因子を抽出し、第1因子を「居心地」、第2因子を「物新しさ」、3因子を「安堵感」とした。

3.1.3 下位尺度間の関連

因子分析の結果を踏まえ、各因子に高い負荷量を示した項目を下位尺度とした。表5に各因子の下位尺度間相関および平均値、SD、 α 係数を示す。Cronbachの α 係数は第1因子が $\alpha = 0.809$ 、第2因子が $\alpha = 0.750$ 、第3因子が $\alpha = 0.782$ で、内的な整合性があると判断された。

次に各因子に高い負荷量を示した項目の合計得点を下位尺度得点とした。表5より、「居心地」得点は(平均3.08、SD 0.79)、「物新しさ」得点は(平均3.37、SD 0.88)、「安堵感」得点は(平均3.61、SD 1.02)であった。「居心地」と「安堵感」($r = .33$ 、 $p < .001$)、「物新しさ」と「安堵感」($r = .24$ 、 $p < .01$)は互いに有意な正の相関を示した。しかし、「居心地」と「物新しさ」は相関がなかった。 r 値は、 $-1 \leq r \leq 1$ の範囲で、1(-1)に近ければ近いほど正(負)の相関関係があることを表し、 p 値は、 r 値が偶然出る確率を表すため、 p 値は低いほど偶然出る値ではないことを表す。

3.1.4 各因子間における因子得点布置図

各因子における壁面素材の印象評価の把握と比較を行うため、因子分析から得られた因子得点について布置図を作成した。図5、図6に因子得点布置図を示す。図5の横軸は「居心地」、縦軸は「物新しさ」を表している。図6の横軸は因子1「居

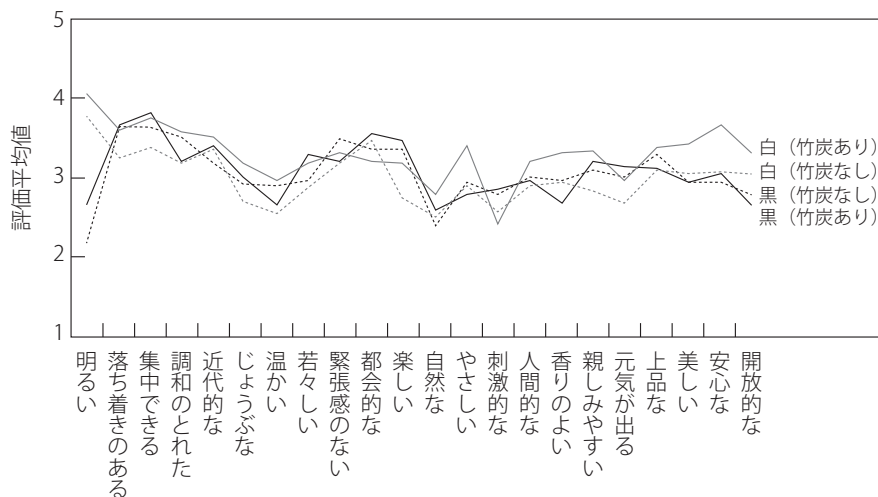


図4：SDプロフィール

表4：因子負荷量表および因子間相関

	I	II	III
きびしいーやさしい	.85	-.10	-.04
閉鎖的なー開放的な	.73	.11	-.01
不安なー安心な	.67	.11	.15
人工的なー自然な	.63	-.19	.02
暗いー明るい	.57	.16	-.10
機械的なー人間的な	.48	-.12	.01
昔風なー近代的な	0.4	.99	.01
田舎的なー都会的な	-.12	.62	.06
集中できないー集中できる	-.04	.13	.87
落ち着きのないーおちつきのある	.04	-.11	.78
因子間相関			
I	—	.20	.40
II		—	.29
III			—

表5：各因子の下位尺度間相関および平均値、SD、 α 係数

	居心地	物新しさ	安堵感	M	SD	α
居心地	—	.13	.33***	3.08	0.79	0.81
物新しさ		—	.24**	3.37	0.88	0.75
安堵感			—	3.61	1.02	0.78

注：*** $p < 0.01$, ** $p < 0.1$

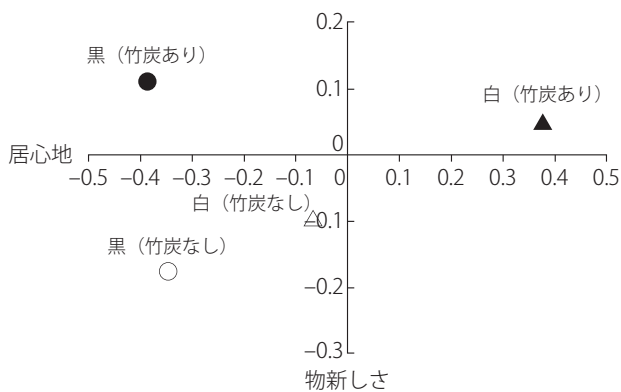


図5：居心地ともの新しさにおける因子得点布置図

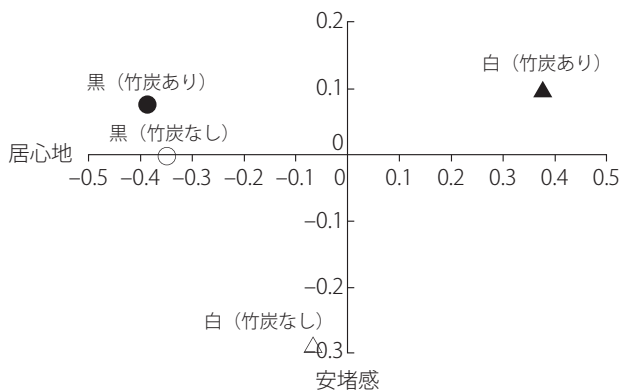


図6：居心地と安堵感における因子得点布置図

心地」を表し、縦軸は「安堵感」を表している。図5、図6とも、竹炭なしにおいては色に関わらず第3象限に位置した。また、黒(竹炭あり)は第一象限に、白(竹炭あり)は第二象限に位置した。

3.2 自習時間と成績向上の関連調査

3.2.1 自習時間と偏差値の関連性

竹炭ボードの自習室での学習時間(分)と4月全国模擬テストから7月全国模擬テストでの1科目あたりの偏差値の伸びを図7に示す。相関関係は約0.52であり、正の相関を示した。

対象となる小学生4名における科目ごとの偏差値の伸びの平均を図8に示す。算数4.75、国語6.25、理科5.25、社会8.75

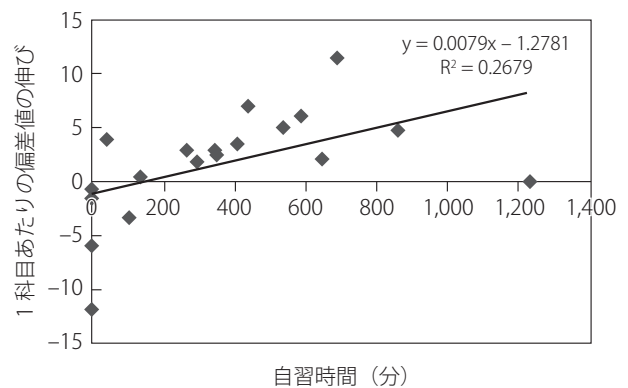


図7：自習時間と偏差値向上の関連性

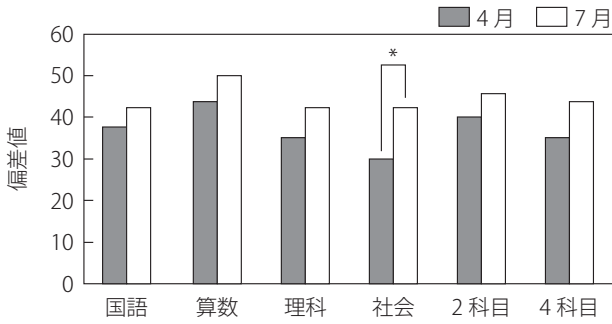


図8：竹炭ボード使用での偏差値の推移(小学生)

注：* $p < 0.05$

の偏差値の伸びが確認され、全科目で偏差値が上がる結果となったが、統計的な有意差 ($p < 0.05$) が確認できたのは、社会のみであった。2科目とは国語と算数の総合、4科目とは全ての科目の総合での成績を示す。

また、対象となる中学生11名における科目ごとの偏差値の平均の伸びを図9に示す。国語2.9、数学1.5、英語2.0、理科4.5、社会0.5の偏差値の伸びが確認され、中学生においても全科目で偏差値があがる結果となった。しかし統計的な有意差は全ての科目で確認できなかった。3科目とは国語、数学、英語の総合、5科目とは全科目の総合での成績である。

次に、通常壁紙の自習室を使用した生徒と、そもそも自習室を使用しなかった生徒の成績の推移を図10に示す。中学生2名が通常壁紙の自習室を利用し、4名がそもそも自習室を使用しなかった。この6名の生徒の科目ごとの偏差値の平均の伸びは、国語-6.25、数学-0.5、英語-5と、これら科目で偏

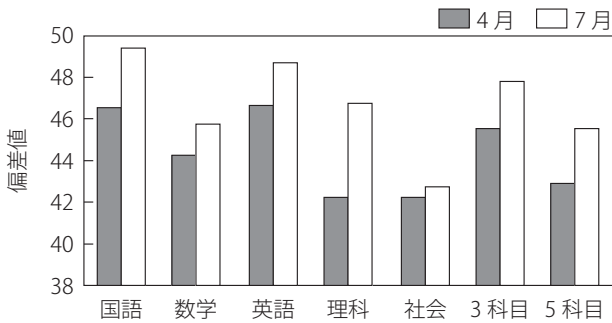


図9：竹炭ボード使用での偏差値の推移(中学生)

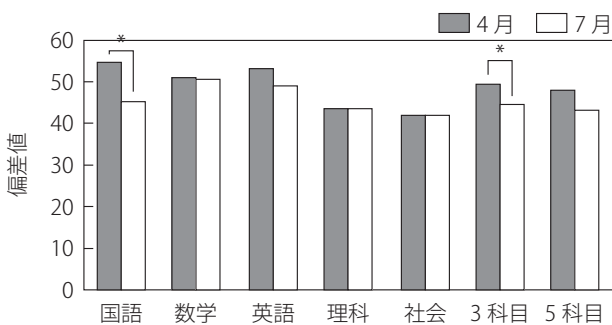


図10：竹炭ボード使用無しでの偏差値の推移(中学生)

注：* $p < 0.05$

差値が下がる結果となった。3科目の総合の成績、5科目の総合の成績についても偏差値が下がる結果となった。特に国語と3科目の総合成績については、統計的な有意差 ($p < 0.05$) が確認された。

そこで、中学生について、4月の偏差値から7月の偏差値についてその向上、あるいは下降を、前述の竹炭ボード自習室を使用しようとした生徒とそうでない生徒それぞれ、平均を比較した結果を図11に示す。全ての教科、総合の成績で竹炭ボード自習室を使用した生徒の成績の向上が見られ、また国語、3科目の総合 ($p < 0.01$) と英語、5科目の総合 ($p < 0.05$) で統計的な有意差が確認された。

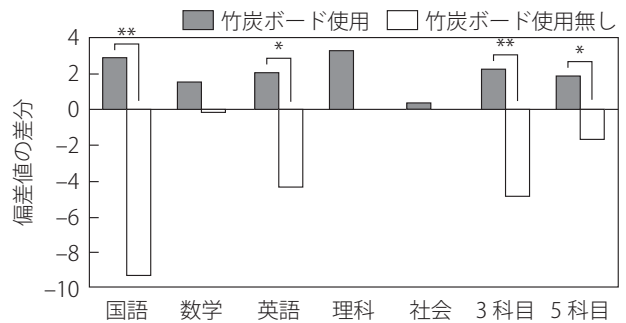


図11：竹炭ボード使用の有無での偏差値の推移の比較(中学生)

注：** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

3.2.2 SD法による印象評価

図12にSD法により印象評価の結果を示す。各感性ワードの+2～-2の5段階評価の平均値をグラフにしたものである。まず、自習室使用者33名中31人が竹炭ボードでの学習を好む結果となった。

各感性ワードの中で、竹炭ボードでの学習において最も高い値を示したのが、「落ち着けるー落ち着けない」において、「落ち着ける」が高い値を示し、次に、「勉強しやすいー勉強しにくい」において、勉強しやすいが高い値を示した。また、「リラックスできるーリラックスできない」「集中できるー集中できない」においても、リラックスできる、集中できるにおいて高い値を示し、落ち着いて集中出来る学習環境である

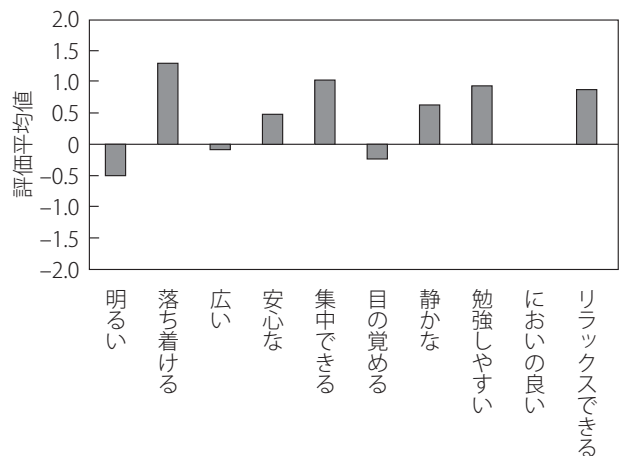


図12：SD法による印象評価の結果

傾向があることが示された。

図13に、竹炭ボード自習室と一般的な壁紙で囲まれた自習室における生徒の学習滞在時間(分)を示す。竹炭ボード自習室で学習した生徒の平均学習滞在時間は411分、通常壁紙の自習室で学習した生徒の平均滞在時間は171分となり、竹炭ボード自習室の学習滞在時間が通常壁紙の自習室と比較して、2倍以上長くなることが確認された。

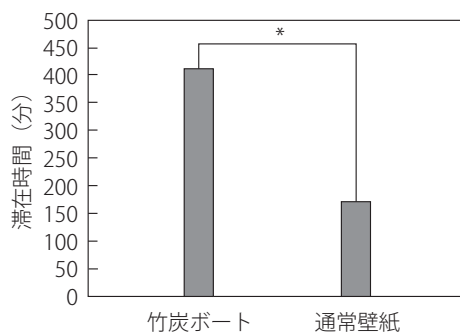


図13：各自習室における滞在時間
注：* $p < 0.05$

4. 結言

本研究では、竹炭を含有した壁材を用いた自習室での学習が、学習者にどのような印象を与えるのか、壁面素材を様々に変化させ、印象評価を行った。白・黒×通常壁紙・竹炭ボードでの4種類での比較では、居心地、安堵感という観点で、白色の竹炭ボードが最も優れた評価を得た。竹炭の有無に関わらず、白の方が黒よりも居心地においては評価が高い。これは図2で示したように、白の壁面の一部だけを竹炭ボードで覆ったため、そのコントラストで居心地の悪さを感じた可能性がある。

また、竹炭ボードの自習室での学習が、学習時間及び成績にどのような影響があるか確認した。まず竹炭ボード自習室での自習時間と成績の向上の度合いについて調査、分析した結果、長時間の自習を行うものが、成績がより向上するという結果を得た。次に竹炭ボードの自習室で学習した生徒とそうでない生徒の、2回の模擬テストの成績を比較した。結果として、竹炭で囲まれた自習室での学習時間は長くなり、また成績(偏差値)も上がることが確認された。また、印象評価では、竹炭の学習スペースでは、落ち着くことができ、また、集中できて、勉強しやすい学習環境であると感じており、学習者は好んで利用していることがわかった。これまでに、竹炭が住環境に与える影響についての研究(Takao et al., 2014)では、竹炭ボードとクロス地で囲まれたブースにおける快適性について、クロス地に比べ竹炭ボードの方が、心拍データから計算された副交感神経の活動が高く、継続的にリラックスできる環境であることが示唆されている。これは、竹炭の持つ調湿効果が生理的にストレスを軽減し、学習時間を長くできたことが成績向上の要因ではないかと考えられる。

今後は、なぜ竹炭での学習スペースが、快適であると感じるのかさらに脳波や脳血流の変化、また心拍の変動、また竹炭の香りが与える影響などの分析を含めた研究を進めていき、

さらに、学習時間の短い学習者に、いかに快適に、集中して、長時間学習できる環境を提供することができるのか室内における学習環境の改善と研究に取り組みたいと考えている。

引用文献

- 安部郁夫・長谷川貴洋・澁谷康彦・岩崎訓(2004). 竹炭の細孔構造特性. 炭素, Vol. 215, 241-245.
- 服部芳明・橋田紘洋・高橋正記・藤田晋輔(1995). 校舎構造および内装仕上げ材料と教室イメージ—最近の木造学校校舎の教室環境に関する研究(VI)一. 鹿兒島大學農學部學術報告, Vol. 45, 77-88.
- 広瀬恢・川村直之・清水紀男(2003). ホルムアルデヒド、VOCsを指標とした竹炭ボードの性能試験結果—実大実験室を用いた長期評価—. 室内環境学会誌, Vol. 6, No. 2, 206-209.
- 磯田翔平・高井由佳・後藤彰彦・西村浩樹・鷹尾憲一・来田宣幸・桑原教彰・濱田泰以(2013). 異なる素材を用いた壁面を有する学習環境の主観的評価. 第8回日本感性工学会春季大会, Vol. 8, No. 6-3.
- 加藤雪枝・橋本令子・雨宮勇(2004). 室内空間に対する心理的及び生理的反応. 日本色彩学会誌, Vol. 28, No. 1, 16-25.
- Nishimura, H., Takai, Y., Goto, A., Endo, A., and Kuwahara, N. (2014). Effect of wall material of a room on performance in long monotonous work. *Springer Lecture Note on Computer Science*, Vol. 8529, 282-291.
- Takao, K., Kuwahara, and N., Kida, N. (2014). Evaluation of bamboo charcoal effect to comfort based on physiological data. In Vincent G. Duffy (Ed.) *Advances in human factors and ergonomics in healthcare*. CRC Press.

(受稿：2017年4月18日 受理：2017年5月27日)