

建築廃材を利用した教材の作成

—不快指数計の作成—

Creation of teaching aids using construction waste

Production of discomfort index meter

小川 和彦 *1

OGAWA Kazuhiko

要約 現在 SDGs が多く呼びかけられている。持続可能社会のためには、3R は必要不可欠なものである。建築業における木質系材料のリサイクル率は上がっているが、サーマルリサイクルの比率が大きく、高付加価値なマテリアルリサイクルの比率は今なお低い。また現在の日本の問題の 1 つとして高校生の理系離れがある。このため、小中学生にもものづくりの楽しさを知ってもらうことは必要である。この 2 つの観点から、木質材料のリサイクルを題材とした小中学生向けの教材作成を総合制作で行ったので、報告を行う

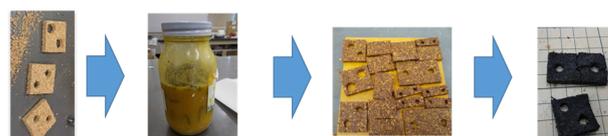
1 はじめに

小学生が、興味を引くものは、動くもの、光るもの、音が出るものである。また近年は小学生の授業にプログラミングが導入されたので、マイコンを使用し、建築廃材（試作では建材工場でのコルク廃材）を利用した不快指数計の教材制作を行った。また製作費を 1500 円程度として制作を進めた。

2 センサの作成

ウッドセラミックス (WCS) は植物系材料へフェノールを含浸させ減圧化で高温焼成することにより作られる多孔質の炭素材料¹⁾であり、ガスセンサや湿度センサ²⁾を作ることが可能である。本制作では建材工場で捨てられるコルク材を用いてセンサを制作した。図 1 に示すように、センサはフェノールをアルコールに溶かし、カットしたコルクを溶液に 1 週間つけ、フェノールを含浸した後に、130 度下で 2 時間熱し、フェノールを硬化した後に焼成を行った。WCS は焼成温度やフェノールの含浸率で電気抵抗が異なるため、表 1 に示すように焼成条件を変えて湿度センサに使いやすい焼成条件を求めた。センサを作成後、恒温恒湿器を用い、温湿度と電気抵抗の関係を実験で求め、測定がしやすく、湿度変化に敏感に反応する焼成条件を求め

た。この結果、焼成温度 650°C、温度上昇時間 2h、焼成時間 1.5 h がセンサに最適条件として、以後この条件でセンサの作成を行った。図 2 に上記の条件で焼成した WCS の温湿度と電気抵抗の関係を示す。温度補正が必要であるがこのセンサで湿度が測定可能であることが確認できた。また繰り返し試験を行ってもほぼ同じ結果がでることが確認できた。



①コルクをカット ②フェノール含浸 ③130°C加熱 ④650°C焼成

図 1 センサの作成

表 1 焼成温度と抵抗の関係

	焼成温度 (°C)	上昇時間 (h)	焼成時間 (h)	抵抗値 (kΩ)	備考
1	600	1:00	0:00	測定不能	
2	600	1:00	0:30	測定不能	
3	600	1:45	0:45	測定不能	
4	650	2:00	1:00	1600	
5	700	2:00	1:00	50	
6	650	2:00	3:00	600	隙間に木材
7	650	2:00	3:00	130	隙間に木材
8	650	2:00	3:00	50	隙間に木材
9	650	2:00	3:00	4	お茶箱、隙間に砂
10	650	2:00	2:00	150	隙間に砂
11	650	2:00	1:30	180	隙間に砂

*1 住居環境科

Department of Residential Environment

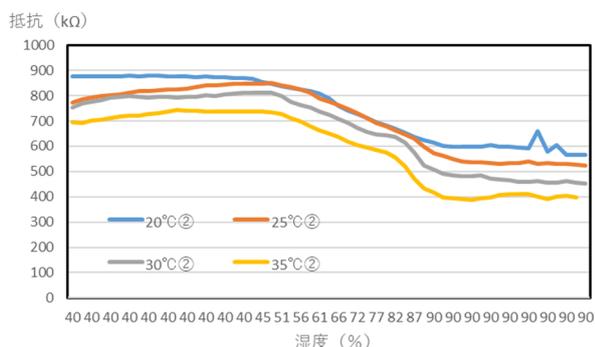


図2 温湿度と電気抵抗 (650°C1.5h 焼成)

3 不快指数表示

はじめは湿度計を作成することを前提にすすめたが、木質系材料は不均一であるため、同じロットで焼成したものであっても多少の電気抵抗の差があり、1つ1つのセンサの校正には労力を必要とする。このため要求される精度の低い不快指数計とし制作をすすめた。使用した表示器のハードウェアを図3に、使用した部品を表2に示す。先に作成した650°C焼成のWCSセンサの抵抗値を、抵抗分圧回路を通してマイコンに入力した。図2で示すように同じ湿度でも温度によって抵抗が異なるため、市販の温度センサを用いマイコン上で温度補正を行い、温度と湿度より不快指数を計算した。不快指数を計算後、表3と図4に示すように示すように不快度を5段階でLED表示を行った。

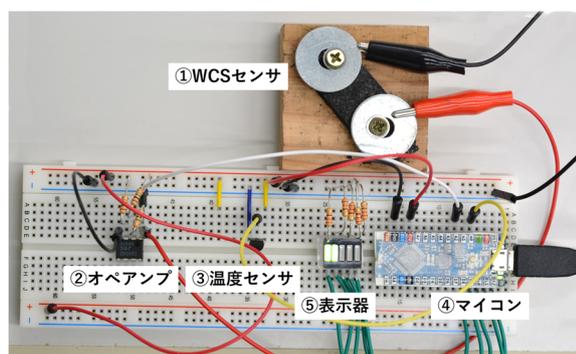


図3 不快指数表示機

表2 部品

		型番	値段
①	湿度センサ	廃材利用	
	補正用温度センサ	LM61CIZ	60円
③	オペアンプ	NJM13404D	40円
④	マイコン	Arduino NANO Every	1500円
⑤	表示部	5バーLED	70円
	その他	抵抗 220Ω×5 1.1MΩ×3 ブレッドボード ジャンパー線等 他	8円 300円 150円 460円

表3 不快指数とLED表示

不快指数	LED表示
55以下 寒い	緑1
55以上 やや寒い	緑2
60以上	緑3
75以上 やや暑い	緑4
80以上 暑い	緑4 赤1



図4 LED表示部

4 教材としての利用

表2に示す部品を使用した場合約2400円であり予定より予算がオーバーしているが、マイコンに互換機を用いれば2000円以下に押さえることが可能である。また今回使用した焼成炉が真空炉でないため同じ焼成条件でもロットによって抵抗値のばらつきがあり、精度を要求しない不快指数計でもセンサごとの校正が必要であり、改善が必要である。また、WCSの吸湿速度が遅いため、急激な湿度変化に対して応答性が悪いことなど確認ができた。

当初、プログラミング授業が小学生から入るため、小学生高学年を対象に考えていたが、単に組み立てるだけではなく、不快指数の概念と、どのようにWCSの抵抗を測っているのか理解してもらうためには中学生が対象であると考えられる。

5 おわりに

今回、教材としてコルク端材から作られたWCSセンサを用いて不快指数計を作成した。床下除湿のために備長炭を用いる場合があるが、その備長炭の吸湿度の測定などにも応用が可能である。

WCSセンサに関して助言していただいた、神奈川大学理学部 岡部敏弘先生、高度ポリテクセンターの水渡博幸先生、プログラム等をご指導していただいた島根職業能力開発短期大学校の、松下剛先生、末永聖平先生(現和歌山ポリテクセンター)、コルク材を無償提供していただいた 永柳工業(株)様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 岡部敏弘 監修、ウッドセラミックス、内田老鶴圃 1996年
- 2) 水渡博幸、「ウッドセラミックスのガスセンサへの応用」、紀要第15号(平成22度)