

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：52601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501117

研究課題名(和文) 空気電池を活用した酸素センサキットの構築と新しい展開研究

研究課題名(英文) Teaching tools for science education using air battery application as oxygen sensor

研究代表者

高橋 三男 (TAKAHASHI, Mitsuo)

東京工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：40197182

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：空気電池の特性を利用して誰でも簡単に作製できる理科教育のための手作り酸素センサを開発してきた。この酸素センサを使って身の回りの酸素に関わる様々な自然現象について教材を開発することを目的としている。初等中等理科教育実験に酸素センサを活用することで、酸素の定量性を導入することができ生徒たちの定量的な思考力、理解力、判断力、表現力その他の能力が育成され、主体的に課題に取り組む態度を養うことができるのではないかと考えている。今回紹介する教材は、鉄粉カイロの酸化反応の実験である。手作り酸素センサと温度計を使って酸素濃度と温度を自作の計測キットを使用して観測を行った。非常に興味ある結果を得たので報告する。

研究成果の概要(英文)：We have developed an easily prepared handmade oxygen sensor that anyone can easily use using the characteristics of an air battery for science education. The purpose of this study is to develop teaching tools using a handmade oxygen sensor that is able to monitor various natural phenomena concerning oxygen with which scientific thought and exploratory minds can be stimulated in the field of primary and secondary science education. In this study, we introduced an experiment on the oxidation reaction of the iron powder of a disposable warmer. We measured the oxygen concentration and temperature using a handmade oxygen sensor and thermometer. We would like to report the interesting results.

研究分野：科学教育

キーワード：空気電池 酸素センサ 理科教材 科学教育 酸素濃度

1. 研究開始当初の背景

我々は、これまで安価な理科教育用の手作りによる酸素センサを開発してきた。この酸素センサの原理はガルバニ電池式で電極に貴金属(金)電極と卑金属(鉛)電極を使用している。ところが、最近の貴金属(金)の異常な高騰により、今後この方式の継続が難しい状況となった。また、近年、世界的な環境意識の高まりから EU では WEEE(廃電気電子機器)指令や RoHS(電気・電子機器に含まれる特定有害物質の使用規制)指令が施工され、鉛やその他の環境に有害な物質を製品中に使用しない取組みが強く求められている。このような社会的・環境的な背景から、金と鉛を使用しない方式で理科教育の酸素センサができない検討を重ねた結果、電極にカーボンと亜鉛が使われており、しかも安価で購入できる空気電池に着目した。勿論、空気電池それ自体では酸素センサにはならない。そこで空気電池のホルダの両極の端子間に外部抵抗を装着し、酸素濃度に比例した電流を計測(実際には抵抗を通して流れた電圧値)することで簡単に酸素センサができるという着想に至った。

2. 研究の目的

本研究は、補聴器などで使われている空気電池を活用して酸素センサを作製し教育現場で実践的に活用できる新しい酸素センサーシステムを構築することを目的とする。この酸素センサは非常に安価で誰でも簡単に作製・操作できるため、数台の酸素センサを使って、1点計測から多点計測を行うことが可能である。そのため、多次的に対応できるので、新しい展開研究が生まれてくると考えている。この新しいシステムが日本中や世界中に広まることで理科教育に大いに貢献することを目的としている。

3. 研究の方法

空気電池を使った酸素センサの応答性は、空気電池の静電容量と空気電池の内部抵抗(溶液抵抗)と外部抵抗で決まることを見出した。空気電池の応答性を良くするために外部抵抗を小さな値とする。これまで国内国外でもこのような発想はあったが、外部抵抗が大きかったため応答性が遅く、実用化には至っていない。外部抵抗をできるだけ小さくすることが重要なポイントである。酸素センサの特性を検討しながら研究開発を行った。

4. 研究成果

開発した酸素センサは、北海道立教育研究所理科教育センター、新潟県総合教育センター、静岡県総合教育センター、富山県総合教育センターの4センターで教員向け研修等で活用し、実践例を積み重ねた。また、国立科学博物館 日本化学会関東支部 第177回化学実験講座・依頼講演:「初等中等教育の理科実験で実践に使える酸素センサの紹介

と教材への活用」の依頼講演、お茶の水大学附属中学校平成26年度教育研究協議会等の教育研究会のワークショップのアドバイザーとして務める。また、日本理科教育学会、日本科学教育学会、日本化学会、国教化学教育会議等で研究成果の発表を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2件)

- ① Mitsuo Takahashi, Yuji Tateizumi, Tomoko Hori, Norimichi Kawashima, Yoshihiro Hada, Kazuhiko Mamada, Shizuo Matsubara, Masanori Kanzawa, Junichi Mori, Norio Nakajima, Fujitaka Minakawa, “*Development of science teaching tools using radio-type CO₂ measuring instrument with voice response function –Changes in CO₂ concentration with breathing of shiitake mushrooms*”, Material Technology Vol.33, No.1, pp.1-4, (2015).
- ② Takahiro Arakawa, Member, IEEE, Eri Ando, Xin Wang, Kumiko Miyajima, Shuhei Takeuchi, Hiroyuki Kudo, Member, IEEE, Hirokazu Saito, Mitsuo Takahashi, Tomoyo Mitani, and Kohji Mitsubayashi..“*Chemiluminescent Visualization for Evaluation of Gaseous Ethanol Distribution During ‘La France’ Pear Maturation*”. IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 13, NO. 8, UGUST (2013).

[学会発表] (計 20件)

- ① 高橋三男, 菌部幸枝, 川島徳道, 羽田宜弘, 飯田寛志, 岩城圭一, 後藤頭一, 野内頼一, 松原静郎. “空気電池を使った酸素センサの圧力と高度に関する探究研究”, 日本化学会第95回春季年会, 2B3- 52* p.23, (2015). (日本大学)
- ② M.Takahashi, J.Tsutsumi, Y.Hada, N.Kawashima, S.Matabara, M.Kanazawa, N.Nakajima, F.Minakawa, “*Development of science teaching tools using radio-type CO₂ measuring instrument with voice response function*”, The 23rd IUPAC, International Conference on Chemistry Education. 0186, Tronto, Canada July 13-18, (2014).
- ③ 高橋三男, 菌部幸枝, 荒井大輔, 柳澤秀樹, 飯田寛志, 岩城圭一, 大平和之, 林誠一, 三木勝仁, 後藤頭一, 野内頼一, 深野哲也, 掘哲夫, 寺谷敏介, 松原静郎. 高橋式酸素センサを使った重曹とクエン酸の溶解反応実験” 第64回日本理科教

- 育学会, (2014). (愛媛大学)
- ④ 三浦康弘、城石英伸、高橋三男. “ジアルキルメチルアンモニウム-Au(dmit)₂ 基に基づくLB膜の電気化学的評価”, 材料技術研究協会討論会 講演要旨集 p.15-16, (2014). (北大)
- ⑤ 高橋三男, 菌部幸枝, 浅原雅浩, 松原静郎. “空気電池の特性に関する研究”, 平成26年日本理科教育学会北陸支部大会研究発表要旨集, (2014). (仁愛大学)
- ⑥ 高橋三男, 菌部幸枝, 後藤頭一, 野内頼一, 三木勝仁, 飯田寛志, 岩城圭一, 大平和之, 林誠一, 寺谷敏介, 松原静郎. “手作り酸素センサを使った鉄粉カイロの酸化反応の実験” 第38回年会日本科学教育学会, 第38回 p.63, (2014).
- ⑦ 齊藤進, 高橋三男, 仁木輝緒. “テオシント根先端中心柱原始原体の観察”, 第41回根研究集会 (名古屋大学環境研究科) P-5, (2014).
- ⑧ 廣木 晃人, 中野 雅之, 高橋 三男. “SnO₂ 半導体センサ材料の評価”, 第16回化学工学会学生発表会 (東京大会)
- ⑨ 松田亜玲歩, 安田利貴, 高橋三男. “植物の成長観察装置の開発”, ライフサポート学会, (東京理科大), (2014).
- ⑩ 高橋三男, 青山陽子, 堤博貴, 川島徳道, 羽田宣弘, 間々田和彦, 松原静郎, 神澤雅典, 中嶋紀夫, 皆川藤孝, “音声出力機能付無線型CO₂測定器の教具開発ー生椎茸の呼吸によるCO₂濃度の経時変化ー”, 日本科学教育学会年会論文集37(三重大学)3G2-C2 391-392, (2013).
- ⑪ 高橋三男, 青山陽子, 菌部幸枝, 佐藤道幸, 柳澤秀樹, 飯田寛志, 大平和之, 鈴木華奈子, 林誠一, 三木勝仁, 後藤頭一, 山本勝博, 堀哲夫, 寺谷敏介, 松原静郎. “高橋式酸素センサを使った理科教育における教材開発”, 日本理科教育学会全国大会論文集 (北海道大学)10F-103, 187, (2013).
- ⑫ 菌部幸枝, 高橋三男, 増田伸江, 菊池洋一, 村上祐. “思考力育成を目指した光合成学習”, 日本理科教育学会全国大会論文集, (北海道大学), 1H-201, 390, (2013).
- ⑬ 高橋晋司, 内山由貴, 千葉秀輝, 小倉健, 秋山卓也, 三木勝, 高橋三男, 松原静郎. “視覚障がい児童生徒への酸素/二酸化炭素センサを用いた学習”, 日本理科教育学会全国大会論文, (北海道大学)11C-103, 329, (2013).
- ⑭ 高橋三男, 菌部幸枝, 佐藤道幸, 飯田寛志, 大平和之, 石黒光弘, 近藤浩文, 後藤頭一, 林誠一, 堀哲夫, 山本勝博, 寺谷敏介, 松原静郎. “初等中等教育のための酸素センサの開発とその教材開発ーキノコの呼吸ー”, 第93回春季年回日本化学会 (立命館大学) 2G2-38 429, (2013).
- ⑮ 田村拓海, 高橋三男. “小型ワイヤレスO₂センサの開発とその応用”, 日本化学工

- 学会学生大会 (山形大学) C22,56, (2013).
- ⑯ 高橋三男, 菌部幸枝, 佐藤道幸, 飯田寛志, 大平和之, 石黒光弘, 近藤浩文, 後藤頭一, 林誠一, 山本勝博, 堀哲夫, 寺谷敏介, 松原静郎. “理科教育のための空気電池を利用した酸素センサキットの開発-(2)-オクラの呼吸の実験”, 日本理科教育学会第51回関東支部大会発表要旨集 (東京学芸大学) A14, 14, (2012).
- ⑰ 高橋三男, 中村駿, 菌部幸枝, 佐藤道幸, 飯田寛志, 後藤頭一, 林誠一, 山本勝博, 堀哲夫, 寺谷敏介, 松原静郎. “USBデータロガーを使った酸素センサのマルチ計測-ロウソクの燃焼実験”, 日本科学教育学会 (東京理科大学) 3G2-13, p 482, (2012).
- ⑱ 仁木輝緒, 高橋三男. “根単組織細胞構造の選択的な染色の試み” 根の研究會, (名古屋大学), 21(3), p.88, (2012).
- ⑲ 高橋信人, 清水和樹, 丹治保典, 宮永一彦, 三谷知世, 伊藤篤子, 高橋三男. “人工飼羊の腸内細菌叢における薬剤耐性菌の評価”, 平成23年度日本化学工学会 (東京高専) (2012).
- ⑳ 高橋三男, 菌部幸枝, 佐藤道幸, 後藤頭一, 林誠一, 堀哲夫, 山本勝博, 寺谷敏介, 松原静郎. “理科教育のための空気電池を利用した手作り酸素センサーキットの開発”, 平成24年度日本化学会 (慶応大学) 3H2-27 B, (2012).

[図書] (計 1件)

笹本忠 (監修), 高橋三男・鈴木孝雄 (編著) “例題で学ぶ基礎化学”, 森北出版株式会社.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1件)

名称: 酸素センサ及び計測装置

発明者: 高橋 三男

権利者: 高橋 三男

種類: 特許願

番号: Z038

出願年月日: 平 27. 3. 10

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 三男 (TAKAHASHI Mitsuo)
東京工業高等専門学校・物質工学科・教授

研究者番号：40197182

(2) 研究分担者

川島 徳道 (KAWASHIMA Norimichi)
環太平洋大学・次世代教育学部・教授

研究者番号：90112888

(3) 連携研究者

堤 博貴 (TSUTSUMI Hirotaka)
東京工業高等専門学校・機械工学科・准教授
研究者番号：30300544

柚賀 正光 (YUGA Masamitsu)
東京工業高等専門学校・電子工学科・教授
研究者番号：40123997