

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00958

研究課題名(和文) 博物館収蔵品と再現実験・復元装置を相補的に活用した理科教材の作成

研究課題名(英文) Creation of science teaching materials complementarily utilizing museum collection and reproduction experiment / restoration device

研究代表者

東 徹 (Azuma, Toru)

弘前大学・教育学部・教授

研究者番号：30132939

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：博物館や科学館の様々な所蔵資料や所蔵装置は、理科教育の立場から見れば、何らかの形で活用可能なものが大半である。本研究の目的は、これらの所蔵資料や所蔵装置を学校教育の中で活用するための方策を探ることである。活用可能な所蔵資料の一例としては、わが国に、始めて化学を体系的に導入した宇田川榕菴関係の資料を取り上げた。活用可能な所蔵装置の一例としては、陸軍一式双発高等練習機(三沢航空科学館預託)を取り上げた。活用可能な展示品の一例としては、発電や送配電に関するものとプラネタリウムに関するものを取り上げた。

研究成果の概要(英文)： Various materials and devices stored in the historical museums and science museums may be available for science education. The purpose of this research is to explore measures to utilize these materials and devices in school education.

One of the materials showing examples of utilization is the material related to Yoan UDAGAWA. Yoan UDAGAWA is the person who introduced chemistry for the first time in our country. One of the devices showing examples of utilization is the airplane kept in the Misawa Aviation & Science Museum. The plane called Tachikawa Ki-54 is an airplane that was pulled up from the Towada lake in 2012. One example showing the utilization of exhibits at science museums are devices related to power generation, power transmission, and distribution. Another example showing the utilization of exhibits at the science museum is a device related to the planetarium.

研究分野：科学教育

キーワード：博物館 科学館 理科教育 物理教育 自作装置 実験

1. 研究開始当初の背景

科学館や科学系の博物館における体験型の展示物や所蔵されている様々な所蔵品は、理科教育の立場から見れば、何らかの形で活用可能なものが大半である。他方、科学館や博物館は、常設展における写真撮影の許可等、科学館・博物館における利便性の向上をはかりつつある。また、化石や標本などの館外への貸し出しのように、自館所有の資源を学校の授業などに提供する試みにも積極的に取り組みつづける。それに対し、物理系ないし工学系の器具や装置に関しては、それらの存在の紹介や解説のみにとどまっていることが多く、今後の活用方途の確立が望まれていた。さらに、所蔵品の多くを占める文章類の中にも、理科教育の立場から見て活用可能なものもあると予想される。

2. 研究の目的

博物館で所蔵されているような科学史上の著名な装置の復元や、科学史書で記載されているような実験の再現を行い、理科教育に役立てる試みは、これまで様々になされてきた。理科教育研究の領域で行われてきたこのような努力と、学校現場への働きかけを強める科学館や博物館の努力を有機的に結合し、科学館や科学系の博物館所有の装置や所蔵資料を学校教育の中で活用するための新たな方策を探ることが目的である。

3. 研究の方法

科学館や博物館の展示物、所蔵資料、収蔵装置を調査し、学校教育のなかで活用の必要性があるもののリストアップを行う。方法としては、各館のホームページを参照するとともに、代表的な館へは実際に赴いて調査を行う。そして、科学館や博物館の展示物や所蔵装置と有機的に関連づけることが可能な装置や実験の再現や復元を行い、授業での活用をめざす。製作にあたっては、現物は博物館や科学館に存在するので、児童・生徒の興味を喚起し、理解を促すのに必要な範囲内での部分的な制作を行うことに主眼を置く。

4. 研究成果

[1] 活用可能な所蔵資料

わが国の博物館等では、科学を生み出した資料というよりはむしろ、科学を受け入れたときの様子を示す資料が、その所蔵の大半を占める。そこで、本研究では、活用可能な所蔵資料のなかから、代表的なものとして、わが国に、始めて化学を体系的に導入した宇田川榕菴関係の資料を取り上げた。蘭学の最高峰の成果とも言われる化学書(書名は『舎密開宗』)を著わすにあたって、宇田川榕菴が書きとめた多くの資料群が存在する。そのなかでも、今日、わたしたちが利用している化学用語の形成過程の一端をうかがわせる「宇田川化学書」「瓦斯舎密加」と呼ばれている資料の現代語訳

や、生徒たちにとっても難しい元素や原子、原子量に関しての宇田川榕菴の著書である「元素和合篇」と呼ばれている資料の現代語訳などは、生徒たちの興味・関心を惹くだけでなく、自身のつまづきの原因を再発見させることにもつながり、生徒たちのより深い理解を促すのにも資するものである。

[2] 活用可能な所蔵装置と補助教具

(1) 原理がよくわかる装置

(ア) 陸軍一式双発高等練習機

(三沢航空科学館預託)

博物館や科学館に所蔵されている装置のなかで、過去の装置の多くは、比較的単純で原理がわかりやすく、活用可能なものが多い。ここでは、そのなかで、あまり知られていないが極めて興味深い資料である三沢航空科学館に預託されている陸軍一式双発高等練習機を紹介する。この飛行機は1943年、十和田湖に着水し湖底に沈んでいたものを、関係者の尽力により2012年に引き上げられたものである。淡水に沈んでいたために腐食が進まず、ほぼ原型をとどめている。とはいっても、もちろん外板には無数の穴があいており、そのため、かえって内部の構造がよくわかるようになっている。操縦席から尾翼までのロープもはつきりと確認でき、その上、尾翼の可動部の布だけがなくなっているため、逆に尾翼の動きやはたらきがよくわかるようになっている。飛行機については、理科教育のなかでは直接には取り扱われないが、紙飛行機で遊んだりする経験は小さいころからある。飛行機が旋回したり、上昇や下降したりする理由、尾翼を少し調整するだけで紙飛行機がまっすぐ飛ぶ理由などにも思いをはせることができる。

(イ) 飛行機の尾翼のはたらきを視認できる教具

尾翼までのロープや尾翼の可動部の存在だけでは、そのはたらきは十分にはわからない。そこで図1のような教具を製作した。それは段ボール箱の両端に粗さの異なる2種類のメッシュを貼り付けた風洞装置

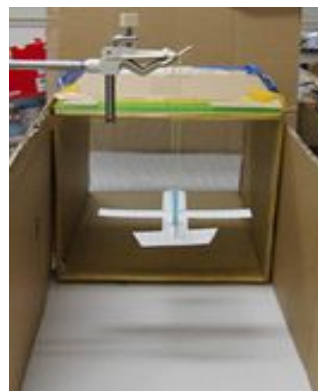


図1 簡易風洞と吊るされた紙飛行機

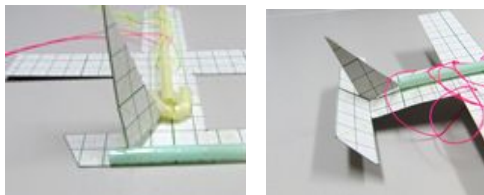


図2 尾翼が回転できる紙飛行機

に工作用紙で作った飛行機をつるし、送風機で風を送るだけの簡単なものである。工作用紙で作ったこの紙飛行機は、図2に示すように、垂直尾翼は左右に、水平尾翼は上下に回転できるようにしている。いずれの尾翼も回転させていない状態で紙飛行機をつるし、風を送っても、紙飛行機の向きは変わらない。ところが、垂直尾翼を、例えば時計方向に回転させた状態でつるし、送風機から風を送ると機首は半時計方向に回転する。また水平尾翼を、例えば上に回転させた状態でつるし、風を送ると、機首は上方向に向く。この教具は、飛行機が旋回したり、上昇や下降したりする理由を直感的に理解するための助けとなることができる。

(2) 科学館展示物と補助教具

科学的原理を興味深い装置で示すことを意図した科学館の展示物には、さまざまな形式での説明が付け加えられているが、説明の対象者がまちまちであり、その上、分量が限られているなどの制約もあるので、理科教育の中で活用するためには、補助的な説明や補助教具などが必要となる。ここでは、その中から発電・送電・配電に関する事項とプラネタリウムに関する事項を述べる。

(7) 発電・送電・配電に関する事項

電気関係の科学館・博物館は青森県をはじめ、多くの地域で存在しており、大半の館では、様々なタイプの発電や送配電に関して紹介されている。火力や原子力を中心に説明されている発電所の展示は、イラスト図ないしは模型などを使って行われ、併せて様々なタイプの発電機、原子炉燃料棒、変圧器、送電系統で使われている碍子などの実物が展示されている。しかし、見学に訪れる小学生や中学生、場合によっては高校生にとっても、給水ポンプを使って水を循環させる必要性を理解することは難しい。これは中学校や高等学校の授業においても同様である。本研究では、この点を含め、発電所の仕組みを理解させるための一助として、次のような「発電所モデル」を製作した。

製作したボイラー、タービン、復水器、給水ポンプから「発電所モデル」を図3に示す。ボイラーにはスチール缶を利用した。このスチール缶に上下2つの穴を開け、直径1cm、長さ2.5cmの銅パイプをはんだ付けし、それぞれ蒸気の出口と、循環して戻ってきた水の入り口とした。タービン部

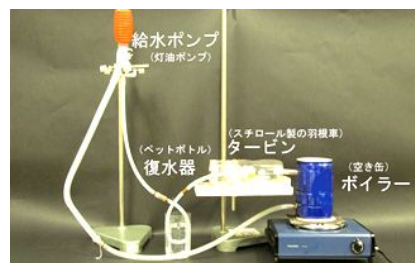


図3 発電所モデル



図4 発電所モデル

には、500ml入りのペットボトルを2個利用した。頸部を切り落としたペットボトルの底部に穴をあけ、外径5mmの銅パイプを内部に通したゴム栓を差し込み、シリコンパイプでスチール缶のパイプと連結した。もう一方のペットボトルは逆に底部を切り落とし、ふたの部分に発泡スチロールで作った羽根車を取り付けた。同時に、このふたに穴をあけ、チューブを通し、蒸気が通過する経路とした。そして、この2つのペットボトルの凹凸の無い部分を組み合わせ、接合部にはグリスを塗り、密閉性を高めた。それを図4に示す。復水器は半分にしたペットボトルに冷水を入れたものとした。給水ポンプは手動の灯油ポンプの下に伸びた管と蛇腹型のパイプをそれぞれ3.5cm、5.8cmに切ったものを利用した。装置各部は耐熱シリコンパイプと銅パイプで接続し、蒸気漏れが起きないようにした。

この「発電モデル」において、灯油ポンプを作動させないときは、蒸気を送った直後は羽根車は回転するが、ペットボトル内に蒸気が満ちてくると回転しなくなる。予備実験では、上記をさらに送り続けるとペットボトル内の圧力が高まり、膨らんでいく。そして、密閉の弱いところから急速に蒸気が逃げ、ペットボトルがつぶれる。それに対し、灯油ポンプを連続して作動させると、羽根車は回り続ける。このモデルによって、蒸気の流れを作らないと羽根車は回転しないことを示すことができたと言える。

(1) 天球モデル

プラネタリウムは単独で設置されている所もあるが、多くは科学館などに併設されており、天文授業の一環として、プラネタリウムでの学習が義務づけられている小中学校も多い。学校での天文学習とプラネタリウム



図5 天球モデル

での学習の橋渡しをするような教具、天球モデルを製作した。それは、透明のビニールで作った直径 60cm の半球状のもので、半球の外部からだけでなく、プラネタリウムで空を眺めるように、半球の内側からも眺めることができるものである。

製作した天球を模した透明半球は、内部からも眺めることが可能なように、直径 60cm の自転車のリムに透明なビニールを、竹ひごで支えて半球状に張ったものである。自転車のリムの直径部には木の棒を通し、中央は写真用の三脚に取り付けられるように、雲台のカメラねじに適合するナットを埋め込んだ。製作した半球状のドームに三脚を取り付けた全体の様子を図5に示す。

図5に示したように、三脚の脚(7)、(1)を均等に開き、もう1本の脚(9)を伸ばして、地軸の傾きである θ だけ傾けて設置する。次に三脚に取り付けた透明半球の南北方向と、三脚の脚(9)、三脚のエレベーター部とが一直線となるように透明半球を回転させ、この方向を夏至の日の太陽の南中方向とする。この状態で、透明半球を ($\theta - \phi$) だけ傾けて固定する。 ϕ は観測点の緯度である。

この状態から透明半球の南北方向を 90° 回転させたとき、透明半球と鉛直方向とのなす角が θ 、さらにもう 90° 回転させたとき、

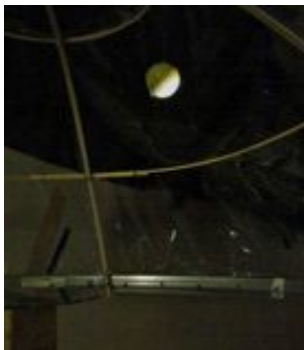


図6 月の模型を内部から観察

透明半球と鉛直方向とのなす角が ($\theta + \phi$) となれば、実際の地球の動きと同じとなる。このモデルが実際の地球の動きを反映しているかどうかを調べた。青森(緯度 40.5°) の夏至の南中を想定して三脚をセットする。セットした結果、 θ は 24° 、($\theta - \phi$) は 18° であった。次に透明半球を 90° 回転させたとき、時計方向、反時計方向のいずれの回転においても、透明半球と鉛直方向とのなす角は 41° であった。さらに 90° 回転すると、鉛直方向とのなす角は 67° となり、ほぼ妥当な値を得ることができた。

青森市の二至二分の日における太陽の出と入りの方位を調べた。例えば青森市における夏至の日の南中高度は 72.6° (2014)なので、天球の水平面と鉛直面のなす角度が 18° のとき、 72.6° で太陽の光が入射するようにセットする。光源にはレーザーポインターを用いた。結果は表の通りであり、製作した天球モデルの動きは、現実の天球の動きをかなりの程度、忠実に反映していると言える。このモデルを使えば、季節による太陽の日周運動の違いだけでなく、季節による月の高さや沈み方の違いも再現することができる。太陽に模した光源と月を模した球を製作し、上弦の月を観測している例を図6に示す。ただし、その時の太陽の位置と月の位置は、該当日の太陽と月の南中高度と南中時刻を基に、予め、2本のレーザー光を使って位置決めをした上で、太陽と月に模した光源と球をセットする必要がある。

	出 ($^\circ$)	入り ($^\circ$)
春分	88 (89)	271 (271)
夏至	63 (57)	296 (302)
秋分	88 (89)	271 (271)
冬至	120 (121)	238 (239)

() は国立天文台データ(青森市)

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10件)

会話の分析を通して見た協同学習における児童・生徒の科学的認識の形成過程, 東 徹, 弘前大学教育学部紀要, 査読無, 119, 37-45, 2018

送電方式や送電電圧の違いによる電力損失を確かめる実験, 東 徹, 応用物理教育, 査読有, 41-2, 57-62, 2017

Henryの化学書と宇田川榕菴の化学認識 - 『舎密開宗』の未刊稿本の確定と他の化学書をベースとした稿本の検討を通して -, 東 徹, 化学史研究, 査読有, 44, 113-127, 2017

電源装置を利用した着磁と消磁, 東 徹,

東北物理教育, 査読有, 26, 10-13, 2017
市販ストップウォッチを活用した自作装置による屋外での音速測定, 東 徹, 物理教育, 査読有, 65, 13-16, 2016
計算に基づいて音階を作ろう - その原理と実習記録 -, 東 徹, 東北物理教育, 査読有, 25, 24-27, 2016
「小学校理科教育法」における ICT 活用方法の紹介 - 協働学習支援ソフトを中心に -, 東 徹, 佐藤崇之, 弘前大学教育学部紀要, 査読無, 115, 51-55, 2016
トーンホールを持つ音響管の共振振動数 - 理論値と実験値との比較 -, 東 徹, 齋藤志保, 物理教育, 査読有, 63, 108-111, 2015
エレクトレットコンデンサマイクロフォンの製作, 東 徹, 二本柳里穂, 物理教育, 査読有, 63, 22-25, 2015
認定化学遺産 第 029 号 早稲田大学蔵宇田川榕菴化学関係資料, 東 徹, 化学と工業, 査読有, 68, 598-600, 2015

〔学会発表〕(計 6 件)

東 徹, 非弾性衝突におけるエネルギー損失を可視化する実験モデル, 日本物理教育学会年会第 34 回物理教育研究大会, 2017
東 徹, 市販ストップウォッチを活用した自作装置による屋外での音速測定, 日本物理教育学会年会第 33 回物理教育研究大会, 2016
東 徹, カメラ用三脚を利用した天球モデル, 日本理科教育学会東北支部第 54 回研究大会, 2015
東 徹, 富川唯, 複数個のトーンホールと共振振動数, 物理教育学会第 32 回物理教育研究大会, 2015
東 徹, 井口拓: 密閉系を考慮した火力発電所モデル教材の試作 (1), 第 65 回日本理科教育学会全国大会, 2015
東 徹, 宇田川榕菴の『舎密開宗』の未刊原稿, 化学史学会 2015 年度化学史研究発表会, 2015

〔図書〕(計 1 件)

日本化学史学会編, 化学同人, 化学史事典, 2017, 9853, 22 項目執筆

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況 (計 0 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〕

書評『杏雨書屋所蔵 宇田川榕菴植物学資料の研究』(松田清・遠藤正治・加藤億重・幸田正孝著), 東 徹, 科学史研究, 54, 71-73, 2015

紹介「早稲田大学図書館所蔵宇田川榕菴化学関係資料」, 東 徹, 化学史研究, 42, 21-30, 2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東 徹 (AZUMA Toru)
弘前大学・教育学部・教授
研究者番号: 30132939