

旧制第四高等学校由来の実験器具の復元またはデザイン化 及びそれらを利用した子ども達への科学への普及について

(代表) 河野 百合子 (理工学域物質化学類 2年)
干場 あゆみ (理工学域物質化学類 2年)
岩田 佳奈 (理工学域自然システム学類 2年)
佐伯 美沙都 (理工学域自然システム学類 2年)
永島 磨衣 (理工学域自然システム学類 2年)

指導教員

鎌田 啓一 (理工研究域 数物科学系 教授)

1. 研究目的

本研究の目的は大きく分けて3つある。

まず、金沢大学の前身である旧制第四高等学校で実際に使用された実験器具を、現代の私達が容易に手に入れることができるものを使って復元すること。

次に、それを使用して子どもたちを対象に実験を行うこと。

これらの活動を通して、子どもたちに旧制第四高等学校の存在を知ってもらおうと共に、こうした科学普及活動を通して科学に興味を持ってもらう事を最後の目的とする。

以下、「旧制第四高等学校」を「四高」と省略する。

2. 四高の実験器具

石川県自然史資料館では四高で実際に使用された実験器具が多数展示されていた。今回はこの中から「サイレン」と「製氷器」を選び出し、研究することにした。

この二つの実験器具を選んだ理由は二つある。一つは、実験器具に使用されている部品の代替品が手に入り易く、製作が容易だと考えたからである。もう一つは、自然史資料館の方から各実験器具の原理の説明をいただいた際に、これらの器具を用いて子ども達に分かりやすく原理を説明できるのではないかと考えたからである。

3. 製氷器

私たちが再現した製氷器は減圧によって水を気化させ、蒸発潜熱(蒸発するときに奪う熱)により水の温度を下げるものである。自然史資料館に保管されているものには大きく分けて三つの部屋があり、減圧することによって中央の部屋の温度が下がり、水が凍るものと

考えられる。

3-1. 製氷器の原理



図 3-1. 製氷器の原理

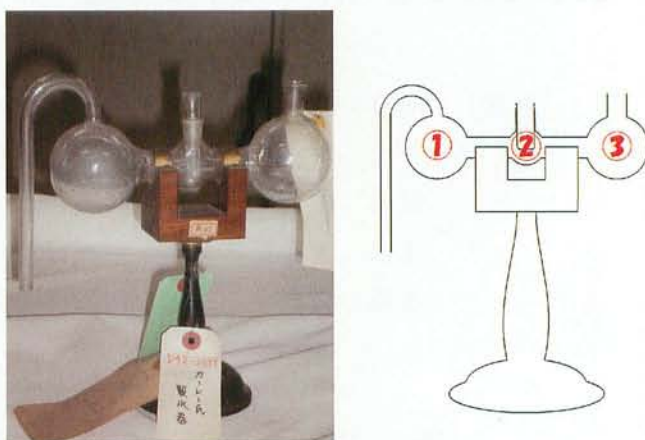


図 3-2. 四高で使用されていた製氷器とそのモデル図

今回私たちは保管されているもの出来るだけ近づけるため、三つの部屋を作った。中央の部屋に水を入れた状態で減圧をすると水が気化し、水の持つ温度が低下する。減圧を継続的に行うことにより水の温度が下がり凝固点に達する。(図 3-1) また、蒸発した水は両隣の部屋に移動し一部は再び液体となり、残りは減圧機によって回収される。自然史資料館に保存されていた製氷器の①は減圧機、②は温度計、③は大気圧に戻すためのコックが接続されていたのだと思われる。(図 3-2)

より断熱効率を高めるため再現した製氷器の三つの部屋は発砲スチロールの箱に入れて実験を行った。また、空気漏れを防ぐためそれぞれの接続部はシリコンボンドとクランプを用いた。



図 3-3 製作した製氷器

- ① 圧器
- ② 温度計
- ③ 大気圧に戻すためのコック



図 3-4 製氷器(発泡スチロール内部)

3-2. 実験結果

減圧機は到達圧力 0.1hPa 程度のも
のを使用した。

今回の実験結果を図 3-5 に示す。

グラフから見て分かるように、減圧
することで温度が下がることが分か
った。しかし、氷をつくることはでき
なかった。

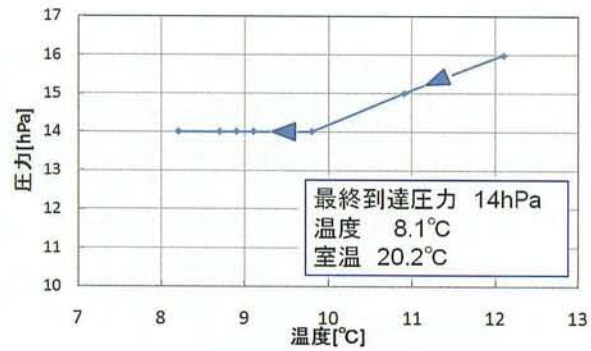


図 3-5. 時間ごとの圧力と温度の変化

3-3. 考察

凝固点まで温度が下がらなかった理由としては以下のことが考えられる。

- ・断熱が完璧ではなかったため、室温などの影響により温度が下がりにくかった。
- ・接続する部分が多く、完璧な密閉空間ではなかったため、空気漏れがあった。

氷を作るまでには至らなかったが、減圧により確実に温度は下がるということを確認できた。

今回は、吸熱用の水と製氷用の水と同じものを使用したため、吸熱用の水と製氷用の水を別にして、吸熱用の水は噴霧することで蒸発しやすいようにすれば良かった。

4. サイレン



図 4-1 自然史資料館に保存
されていたサイレン

図 4-1 に示すものが自然科学資料館に保存されていたサイレンである。穴の開いた円板 1 枚とチューブ 1 本がセットになっており、現在一般的によく知られている大きな音を出すサイレンとは形態が大きく異なっている。

このサイレンはもともと一定の振動数の音を得るための実験器具として使用されていたことが分かった。

このサイレンは Seebeck(※)の考案したサイレンに類似している。彼の実験が 1840 年になされたことと四高の開校期(1887 年)を照らし合わせると、このサイレンは音に関する実験をするために用いられていたのだと考えることができる。

(※) Louis Friedrich W.A .Seebeck(1805-49)

4-1. サイレンの原理

円板を高速で回転させ、穴にむかってチューブを通して空気を送り込むと、穴から空気が通り抜けるときに空気圧が生じる。この空気圧が空気を振動させるため音になる。

4-2. 実験結果

サイレンが発する音の周波数は、1秒あたりに発生する空気の大きさに等しい。円板の穴の数と1秒あたりの回転数の積からその音の周波数を知ることができる。

$$f(\text{周波数}) = N(\text{円板の穴の数}) \times \nu(\text{1秒あたりの回転数})$$

私たちはこの性質をわかりやすく説明するため、以下の検証を行った。検証には図4-2のサイレンを使用した。

同一のモーターを使用し、電圧を固定する(0.5V)ことで回転数を一定とした。

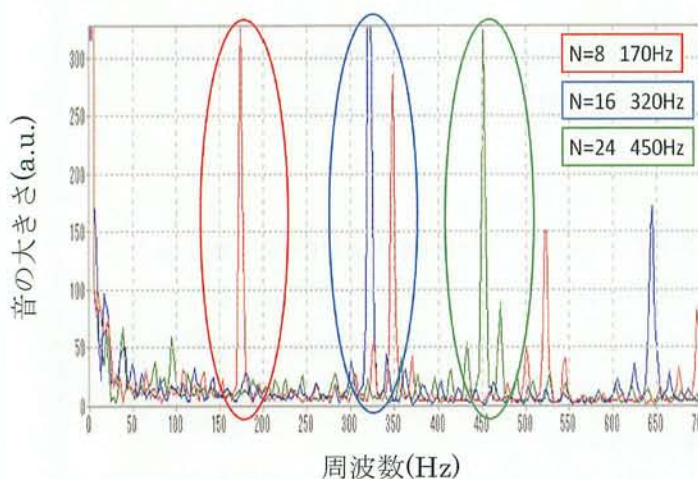
また、円板の半径は7.5cmとした。



図4-2 円板型サイレン (完成形)

実験1 穴の数による周波数の変化の実験

穴の数が8個、16個、24個の円板を用意し、それぞれの周波数スペクトルで観測した。結果は以下のとおりである。



N=8のときの基音の周波数は170Hz、N=16のときの基音の周波数は320Hz、N=24のときの基音の周波数は450Hzである。穴の数に比例して周波数に変化していることがわかる。このようにして、穴の数を変えると目的の周波数の音を得ることができる。

図4-3 穴の数を変化させた時のサイレンの周波数の変化

実験2 穴の通過速度と周波数の関係

周波数は回転数と穴の数に比例するので、穴の数と角速度が変わらなければ穴の通り過ぎる速度が変化しても周波数は変化しないはずである。それを確認するために以下の実験を行った。

円板の穴の直径は6mm、穴の数は8個。円の中心からの距離(2cm、4cm、6cm)が異なる円板を用意した。(図4-4) 結果を図4-5に示す。この3列のそれぞれの周波数がほぼ同じであると確認できたが、中心から近い穴ほど雑音が混じった。これでは中心から近い穴の周波数を読み取ることができないので、雑音を減らす工夫を考えることにした。

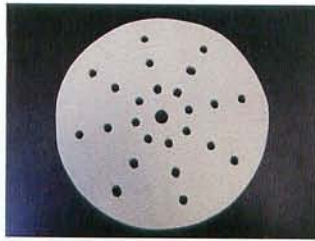


図 4-4 実験 2 で用いた円板

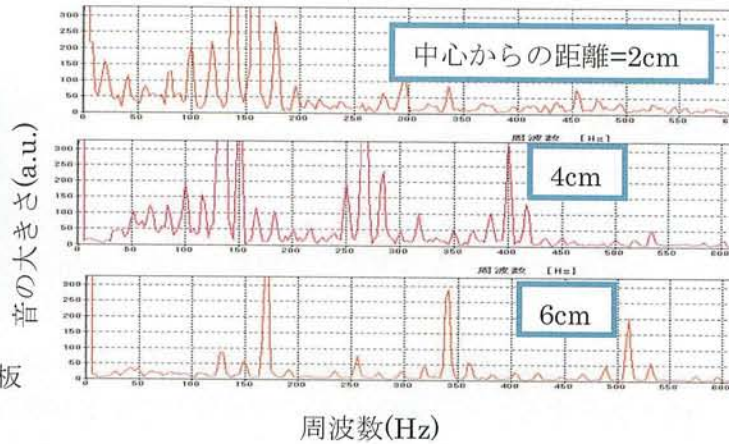


図 4-5 中心からの距離を変化させた時の周波数の変化

私たちは穴に圧力がかかっている時間と、かかっていない時間の長さの比が内側と外側で大きくずれるからではないかと推測した。

つまり、内側の穴の場合、空気が抜ける時間と空気が遮断される時間の間隔は短く、外側の穴では、空気が抜ける時間と空気が遮断される時間の間隔は長い。

そこで、この考察を確認するために、次のような実験を行った。

実験 3 円の半径と穴の大きさの関係

穴の直径が異なる円板 (2mm と 8mm) を用意した。(図 4-6) 円板の中心からの距離は 2cm とした。穴の数は 8 個である。

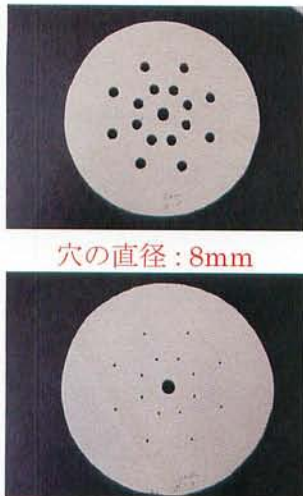


図 4-6 実験 3 で用いた円板

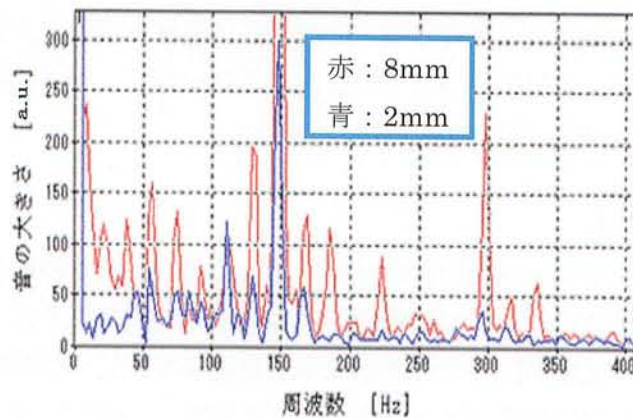


図 4-7 穴のサイズの変化と周波数の変化

図 4-7 より穴が小さいほど雑音が少なくなっていることが確認できる。よって、より中心からの距離が小さい穴の周波数を得るには、穴を小さくして穴同士の距離を大きくすれば良いことが分かった。しかし、穴が小さくなれば風量ももちろん少なくなるので、音量も

小さくなった。

6. 全体のまとめ

製氷器の復元は、密閉や断熱の技術的な問題で氷を作るまでには至らなかった。しかし、減圧による液体の気化で、その気化熱によって水温の低下を確認できた。また、自然史資料館のあった製氷器は、私達が考えた仕組みとは違う仕組みだった可能性もあり、まだ改良の余地がある。

サイレンの復元は、実験 1 から回転数を固定して穴の数を変化させると、それに比例して周波数も変化すること、実験 2 から穴の数と角速度が変わらなければ穴の通り過ぎる速度が変化しても周波数は変化しないことを確認した。またサイレンの性能を高める工夫として、実験 3 から雑音を少なくするには穴同士の距離を大きくすれば良いことがわかった。しかし、まだ問題点これは最終的なものではないので、より良い音が出るよう精度を上げたい。

7. 今後の展望

実験を行う中で、私達だけで判断してしまい、研究が思うように進まないこともあった。しかし、理工学域の先生方からたくさんのアドバイスをいただき、新しいものを学べた。来年度からはたくさんの人と初期段階から意見を交わし、様々なアイデアを見つけていきたい。

製氷器は、今回の改善点を生かし、氷が作れるようになりたい。

サイレンについては、平成 22 年 12 月 18 日、広坂子ども科学スタジオで行われた「広坂子ども科学教室」にて、小学校 1,2 年生とその保護者を対象に、私たちが再現したサイレンを披露した。子ども達、保護者共に興味を示してくれた。また、円板のように手軽な物で、音について学べるものはあまりないので、子ども達にも科学的に考えられる機会になるのではないだろうか。

【謝辞】

今年度の学長奨励費は実験・発表に用いる装置の開発費に使わせていただきました。学長奨励費のおかげで旧制第四高等学校の実験器具のルーツにふれることができました。今回の研究において、阿部聡先生（数物科学類）、岩田佳雄先生（機械工学類）、坂本敏夫先生及び田村和弘先生（自然システム学類）、金沢子ども科学財団の皆様、石川県自然史資料館職員様、広坂子ども科学教室にご参加いただいた皆様、そして先輩方にはたくさんのごことを教えていただき、また叱咤激励いただき、本当にありがとうございました。心より感謝申し上げます。また、指導教員の鎌田啓一先生には様々な面でお世話になりました。これからもサイエンス・ラボでは様々なことを企画し、皆様とともに科学を学び、楽しさを伝えていきたいと思っています。