

## 1. ヘリウム声の教材化について ～授業実践と物理的な背景の検証～

沖野 信一  
石川県立輪島実業高等学校

[要約] ヘリウム声を教材として扱う授業実践を行い、きわめて単純化したモデルで「気体の種類が変われば“音のひびき”が変わる」ことを直接体験させることで、生徒の理解が得られた。また、ヘリウム声の分析を行い、発声器官のモデル（リコーダー）の音とヒトの声の根本的な違いや、ヒトの声は「声帯の共振」と「声道による共鳴」の二重構造の影響を受けていることなど、ヘリウム声のメカニズムに関して、実験的に検証した。

[キーワード] ヘリウム声、気体と固体の音のひびき、音源フィル理論、声道の共鳴特性、FFT

### 1. はじめに

ヘリウムガスを吸うと声が変わることはよく知られた現象であるが、はじめてヘリウム音を体験する生徒にとっては感動的な出会いである。そこで、ヘリウム音を授業の中で教材として扱うことによって、感動的な出会いを科学する心（探究心）に発展させたいと考え、本研究を行うことにした。

本研究の基本的な考えは次の3点である。

- I. 本校の生徒の実態（基礎学力に不安をもつ生徒が多い）をよく把握した授業につとめる。
- II. 特別な知識を前提とせず、1時間の授業の中で「なぜヘリウム声になるのか、自分なりにわかった。」という自信を、どの生徒にもつけるようにしたい。
- III. ヘリウム声の分析を行い、そのメカニズムについて教員として正しく理解する。

そこで本論では、前半に授業実践の報告を、後半に授業内容の物理的な背景の検証を論じることとする。

### 2. 授業実践

上記 I. II. より、「ヘリウム声」を波動（音）の單元における導入として位置づけ、 $v = f\lambda$  の関係や中学校までの特別な知識を前提としないで、授業を展開することにした。

#### 〈授業のねらい〉

- ・音に対して興味・関心をもち、意欲的に音の学習をすすめられるようにする。
- ・ヘリウム声に対する自分なりの考え方をもち、とができるようにする。

#### 〈1時間の授業の流れ〉

- (1) ヘリウム声を披露する。
- (2) なぜ声が変わるか、予想させる。
- (3) ヒトの発声器官を、簡単に説明する。

#### 声帯 と 声道

- (4) ヒトの発声器官のモデルで実験

**実験1 発声モデル（リコーダー）で、  
本当に声が変わるだろうか？**



発声器官のモデル

(リコーダー、石油ポンプ、  
折りたたみ式水バケツを使用)

予想、演示実験、結果の確認

結果：変わった（高くなった）

(5) 空気とヘリウムの違いをみんなで考える。

→ヘリウムの方が軽い！

(6) 新しい疑問とその解決

**実験2 空気より重いCO<sub>2</sub>では、  
どうなるだろうか？**

予想、演示実験、結果の確認

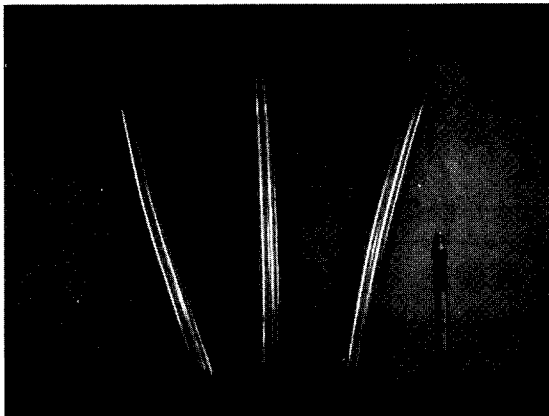
結果：変わった（低くなった）

(7) 2つの実験からわかったことを確認

軽い気体 … 高い音がひびく  
重い気体 … 低い音がひびく

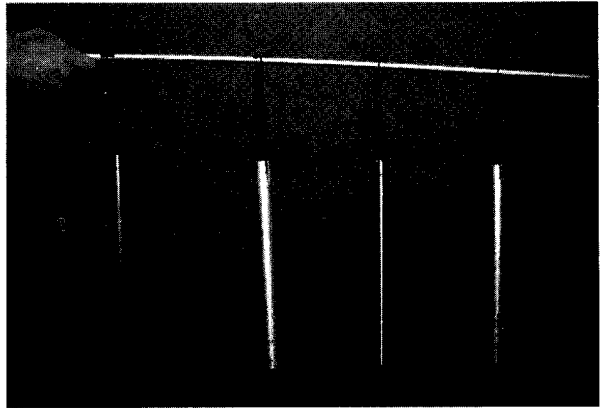
(8) 棒ふうせんゲームを行う。

3本の棒型の風船に、それぞれ空気・  
ヘリウム・二酸化炭素を入れ、叩いた音で  
風船の中の気体をあてるゲームをする。



(9) 固体の棒のひびきを確認

形・大きさが同じで材質が異なる  
固体の棒を何本も叩き、材質によって音  
が異なることを確認する。



(10) 本時のまとめ

気体で音をひびかせたとき、気体の  
種類によって音の高さが変わる。  
これは、固体の棒で音をひびかせた  
ときと同じである。

(11) 自己評価を書く。

### 〈授業実践の結果〉

自己評価の結果、全生徒が「よくわかった」  
あるいは「だいたいわかった」としており、  
どの生徒にも、「なぜヘリウム声になるのか、  
自分なりにわかった。」という自信をつけさ  
せるに十分な効果があった。

ヘリウム声の解説をしている一般向けの文献  
等では、音速がヘリウム中では速くなることを前  
提としているものがほとんどである。しかし  
本実践では、空気中とヘリウム中の音速の違い  
にふれなくても、きわめて単純化したモデル  
(発声モデル、棒ふうせんゲーム)で、「気体の  
種類が変われば“音のひびき”が変わる」  
ことを直接体験すると、生徒は自分なりに  
納得することが実証された。

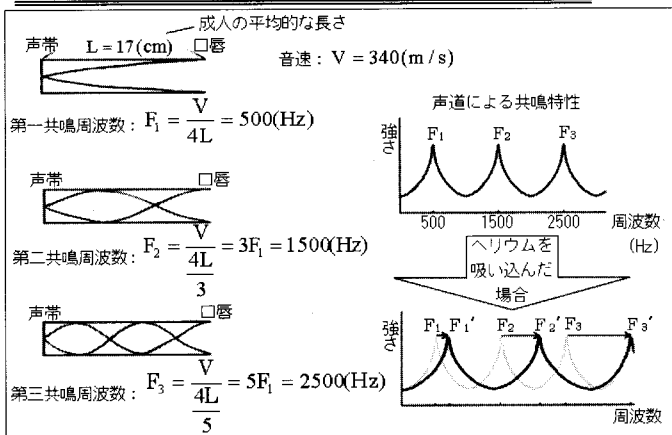
### 3. 本授業の物理的な背景の検証

#### (1) ヒトの発声のしくみに関する考察

##### ① 共鳴器としての声道

ヒトの声道は、口唇の方が開いていて、声帯側が閉じている閉管と近似できることが知られている。声道を一本のまっすぐな筒として理想化して考えた場合、声道による共鳴特性は、下の図のようになる。

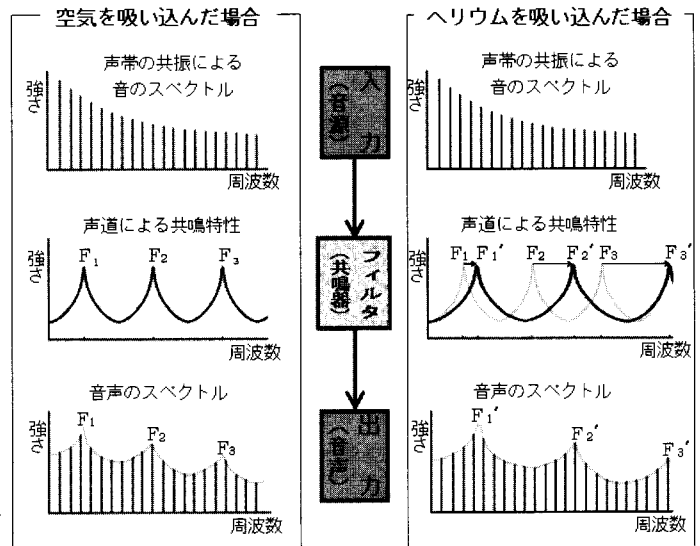
次に、ヘリウムを吸い込んで発声した場合の共鳴特性を考える。声道の長さLは変わらないため、共鳴周波数Fは、音速Vに比例する。ヘリウム中では、音は空気中より速く進む。したがって、速度が速くなった分だけ、共鳴周波数も高くなる。つまり、共鳴周波数のスペクトルが右へ引き伸ばされた形にシフトする。



##### ② 音源フィルタ理論

音声学における音源フィルタ理論によると、「声帯の振動という音源」を「声道というフィルタ」に入力した結果、出力されたものが「音声」と考えられている。

つまり、出力された音声スペクトルを見ると、等間隔に並んだスペクトル自体は声帯の共振によってつくられており、そのスペクトルピークをむすんだ包絡線の形が声道の共鳴特性を表していることになる。(右上の図参照) 実際の声道は、もう少し複雑な形をしているので、共鳴特性もその分だけ複雑になる。



##### ③ ヘリウムを吸い込んだ場合の音声

以上のことを踏まえた上で、ヘリウムを吸い込んだ場合の音声を考察する。

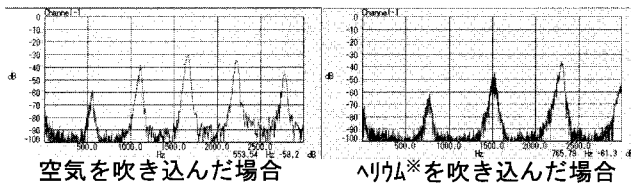
声帯の共振(入力)は、ヘリウムを吸い込んで、空気の場合とほとんど変化はないと考えられる。しかしながら、声道の共鳴特性(フィルタ)はヘリウムを吸い込んで発声すると、①で考察したとおり、共鳴周波数のスペクトルが右へ引き伸ばされた形にシフトする。したがって、音源フィルタ理論により、ヘリウムを吸い込んだ場合に生成される音声(出力)は、声帯による共振のスペクトルのピッチは変わらず、声道による共鳴特性だけが周波数の高い方へシフトする。つまり結果的には、声帯の共振による高周波がより強調されるようになると考えられる。

以下では、上記考察を実験的に検証する。

##### (2) 実験的検証

音の分析は、「サウドモーター FFT Wave」(シェアウェア)というソフトを用いた。このソフトを使用して、波形の表示を行ない、さらに、高速フーリエ変換(FFT)をして周波数の成分スペクトルを求めることで、検証を行った。

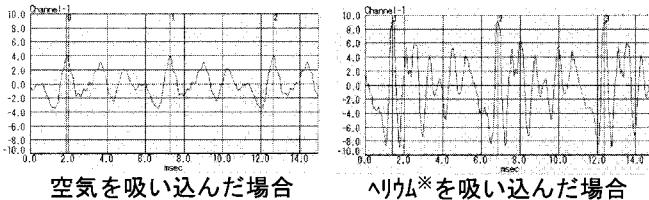
① 発声器官のモデル（リコーダー）の音  
ア) スペクトルの特徴



ヘリウム 80%・酸素 20%の混合ガス（以下「ヘリウム」と記す）を吹き込むと、基本周波数およびピッチの間隔が約 1.4 倍大きくなっている。これは、ヘリウムの影響で、リコーダーの共鳴特性が周波数の高い方へシフトしたものと考えられる。

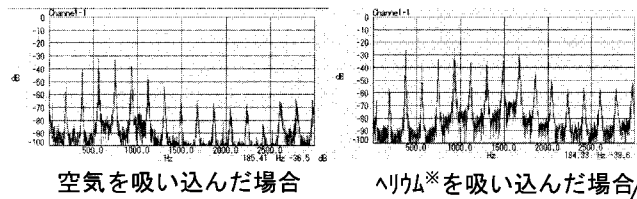
② ヒトの声

ア) 波形の特徴（「あ」と発声したもの）



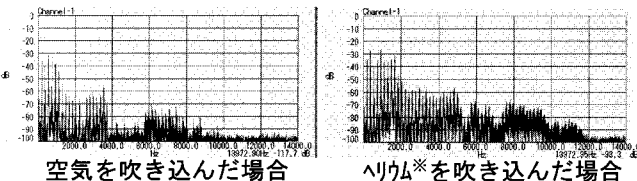
ヘリウムを吸い込んで発声しても、基本周波数は変わっていないが、波形が違うことから音色が変化したことが認められる。

イ) スペクトルの特徴 1（3000Hz まで）



基本周波数やピッチの間隔は、ヘリウムを吸い込んで発声してもほとんど変わっていない。したがって、声帯の共振は、ヘリウムを吸い込んでも、影響がないことがわかる。

ウ) スペクトルの特徴 2（14000Hz まで）



スペクトルピークをむすんだ線（スペクトル包絡）の全体的な形がよく似ていて、ヘリウムの方が右（周波数の高い方）へ、約 1.5 倍引き伸ばされたようになっている。これはヘリウムの影響で、声道の共鳴特性が周波数の高い方へシフトしたものと考えられる。見方を変えて比較すると、ヘリウムの方が、高周波数のスペクトルのピークが強調されている。

5 まとめ

- (1) ヒトの声は「声帯の共振」と「声道による共鳴」の二重構造の影響を受けて生成されている。
- (2) ヘリウムを吸い込んで発声した場合は、「声帯の共振」にはほとんど影響はないが、「声道による共鳴周波数」は大きくなるようにシフトする。その結果、ヘリウム声は、基本周波数には変化がないが、高周波数が強くなることによって音色が変わる。
- (4) 本授業のように、ヒトの発声器官のモデルとして、リコーダーを使用した場合は、「声帯の共振」を無視していることに、指導者は留意しておく必要がある。
- (5) ヘリウム声を教材化する場合、授業のねらいを何にするのか、また、目標としているメカニズムの理解をどの程度にするのか、指導者がよく考えて、それに応じた授業のプランを立てる必要がある。

リコーダーと異なる！

参考文献

- (1) 「Visual Basic で物理がわかる 音波シミュレーション入門」  
（吉澤 純夫著，CQ出版社）
- (2) 「楽器の物理学」（フレッシャー／ロッキング著 岸／久保田／吉川訳，シュアリンガー・フェアテック東京）
- (3) 「言語聴覚士の音響学入門」（吉田著 海文堂）
- (4) 「新編 物理 I」（東京書籍）
- (5) 「母音 — その性質と構造 —」（千葉・梶山著 杉藤・本多訳，岩波書店）