

理科教科書の誤りを実験で正そう

<http://hal.ne.jp/ashi3/index.html>

公立鳥取環境大学 名誉教授 足利裕人

# 子どもの探究心を育てよう

- ▶ 探究心を持ち続ける
  - ▶ あらゆるものに興味を持つ
  - ▶ 新しいことにチャレンジする、身体が動く（すぐ実験）
    - ▶ 子どもは生まれながらに科学者である
      - ▶ 理科ぎらいは大人が作る
      - ▶ 興味を持ったときに本物やいいものを見せる、与える、褒める  
「やったね、さすが、えらい、すごい、天才」
      - ▶ 親が言ってはいけない言葉  
「馬鹿、やめろ、汚い、危ない」
    - ▶ いつでも疑問がわく
  - ▶ 授業ではいつも何か持ち歩こう → ファラデーのポケットの電磁石
    - ▶ 毎時間、何か実験を見せよう
  - ▶ 実験に失敗はつきもの
    - ▶ 結果は嘘をつかない      なぜその結果になったか考えよう

# 理系で生きていくために

- ▶ 探究心を持ち続ける
- ▶ 理系は嘘で一生を台無しにする
  - ▶ 「知らない」、「分からない」、「できない」が言える人間に
- ▶ 過ちに気付いたら、すぐ修正する
  - ▶ 例：電池のプラスとマイナスの記号（小学校の思い出）
- ▶ アイデアがひらめく → アイデアは記録する
- ▶ 理由を考えるのが好き
- ▶ 真理を追究する → 疑問を追求する、間違い探しが上手
- ▶ 論理的に思考する
  - ▶ 知識が不足していても機械の修理ができる
- ▶ 臨機応変に対応できる
  - ▶ 課題解決能力が高い
- ▶ 向上心がある

# 物理は、勉強してもとれない科目、勉強しなくてもとれる科目

- ▶ **お母さん方：私が最も苦手、嫌な科目だった**
  - ▶ できる生徒：先生は授業中にテストに出るところを話している
  - ▶ できない生徒：先生は授業中にテストに出るところを話さない
- ▶ **考える力、洞察力、論理力、推理力、演繹力**
- ▶ **答を求める生徒にしない**
  - ▶ 答でなく、解方のヒントを与える
  - ▶ 答は幾通りもある
  - ▶ 答を求める生徒は真実が見抜けない
- ▶ **絶えず疑問を持つ生徒に → 嘘を見抜く力**
- ▶ **生徒に先生を完全に信用させない**
  - ▶ 授業中にうなづく生徒、小首をかしげる生徒は賢い
  - ▶ 夕日に向かって吠える先生は生徒に妄信される

## 論理的思考はどこで培われるか

- ▶ 論理的思考 = 国語力（現代文の読解力）に現れる
- ▶ 推理小説
- ▶ ゲーム
- ▶ スポーツ
  - ▶ 思考力が無いと勝てない球技 テニス、野球、サッカー…
- ▶ 算数、数学、理科、…
- ▶ リーズナブルな買い物
- ▶ 機械の修理
- ▶ マニュアルの無い製品の組み立て、動作確認

# 発達段階に応じた指導でいいのか

- ▶ 子どもたちに理解させる小学館のバイブルがある？
  - ▶ 子どもたちが納得する嘘でごまかす
    - ▶ 真実よりも理解を重視 → 真実は一つ
    - ▶ 騙しの教育が許される？
    - ▶ 嘘も方便？ 理学部出身理系教師は悩む
  - ▶ 抗議しても修正しないテレビ局
  - ▶ 教科書を変えるのは難しい
    - ▶ 執筆担当者の意見を聞く編集部 音と簡易真空装置
    - ▶ 教材会社から変えていく にせ水素燃料電池
    - ▶ 教科書調査官を味方にする pit : 別プレゼンで

# 宇宙ステーション内で物が浮くのは地球から遠く離れているため

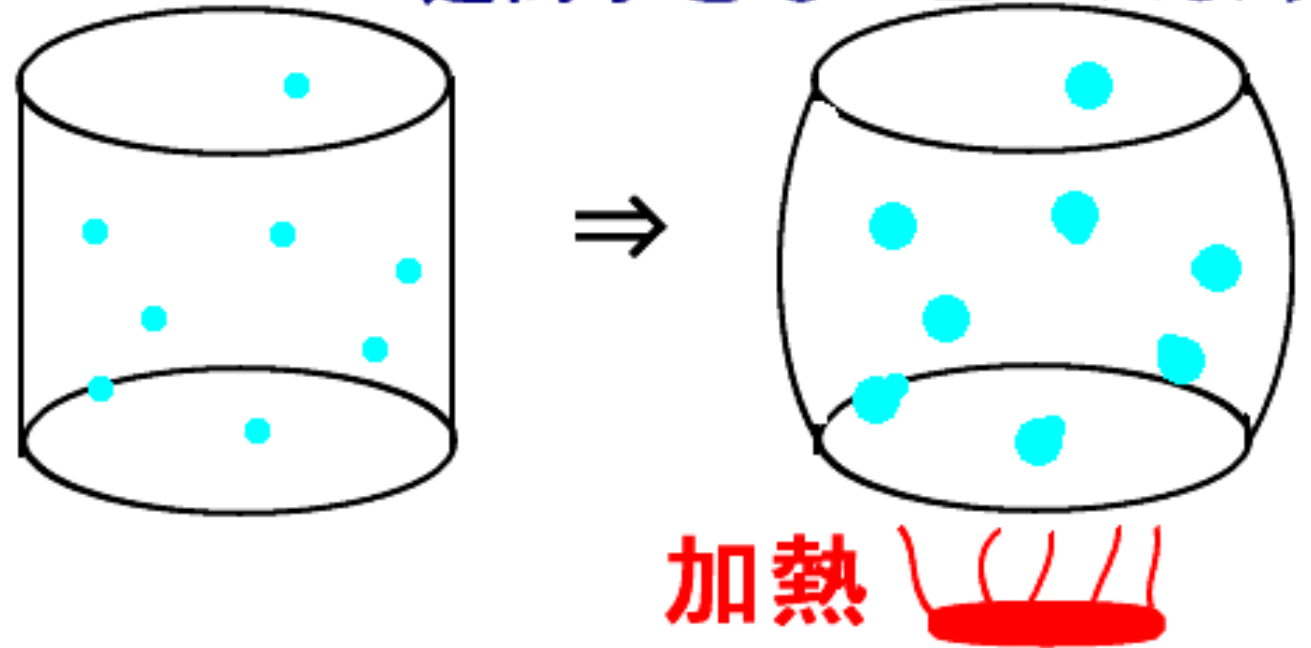


- ▶ フジテレビ ポンキッキーズ
- ▶ 遠く離れていない。地球の引力で航行
- ▶ 中の物もいっしょに地球へ向かって落下している

# 缶の中の水を温めると水の粒がふくらむ

粒で考えよう！

NHK週間子どもニュースより



- ▶ 高校物理気体分子運動論を習わない生徒には、修正の機会が無い
- ▶ 熱の移動 → 気体の運動エネルギーが増す（気体が速くなる）



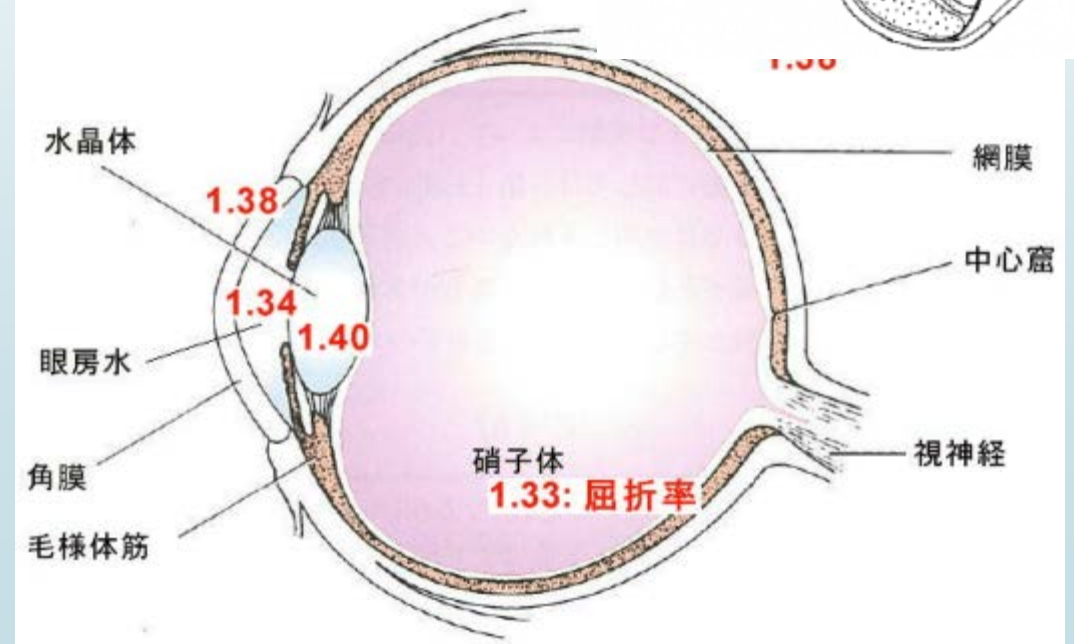
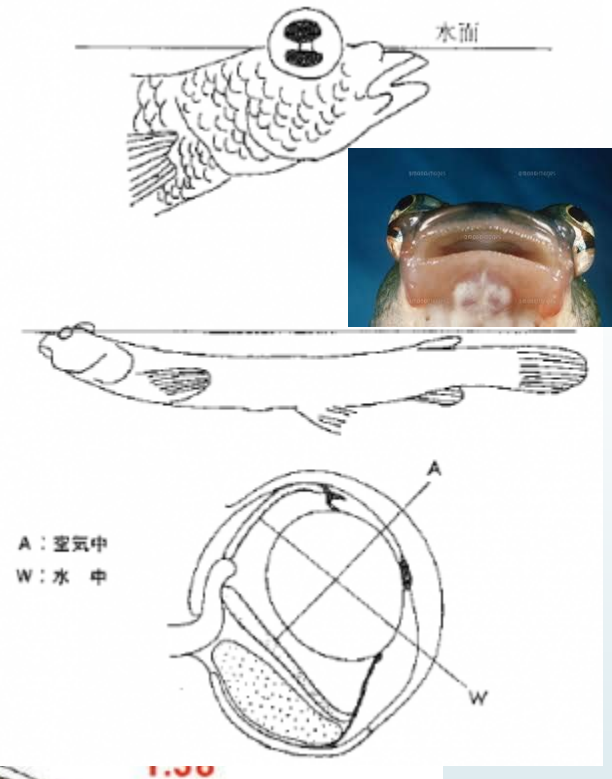
# 問題のあるモデルを見つけましょう

- ▶ **電流の水流モデル**
  - ▶ 電子の速さが説明できない
  - ▶ 電気のエネルギー、オームの法則が説明できない
- ▶ **眼球の光の屈折モデル**
  - ▶ 水晶体だけでは、水中で近視眼の人が裸眼でよく見える、魚の水晶体が球なのが説明できない
- ▶ **翼の揚力モデル**
  - ▶ 翼全体にベルヌーイを使ってはいけない
    - ▶ 流体は全てベルヌーイで説明しようとする
- ▶ **楽器の共鳴モデル**
  - ▶ 固有振動と強制振動を使い分けよう



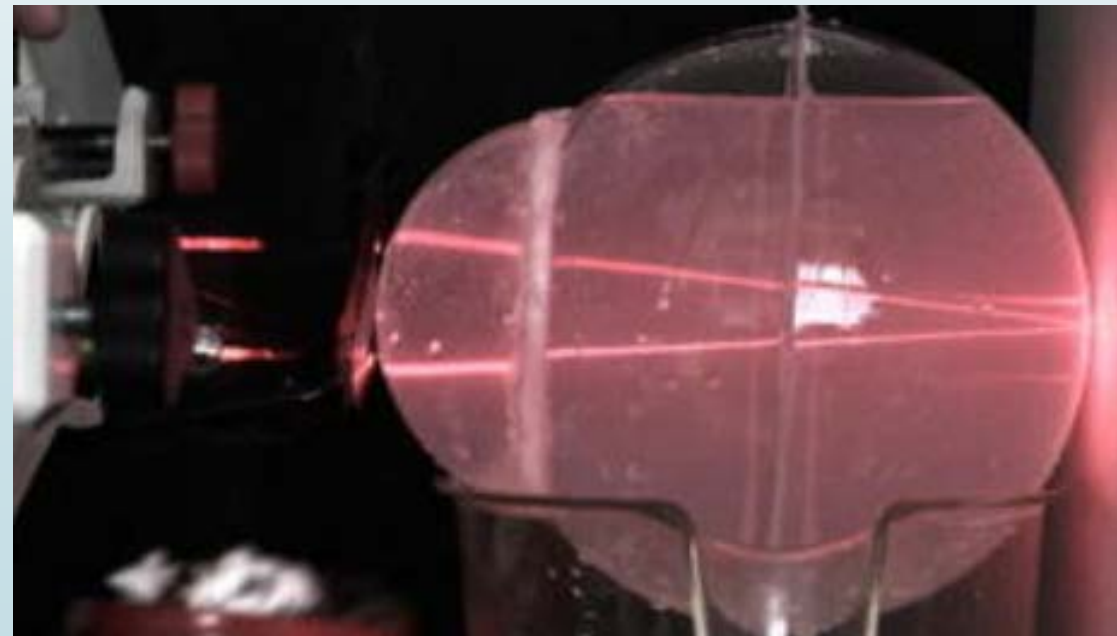
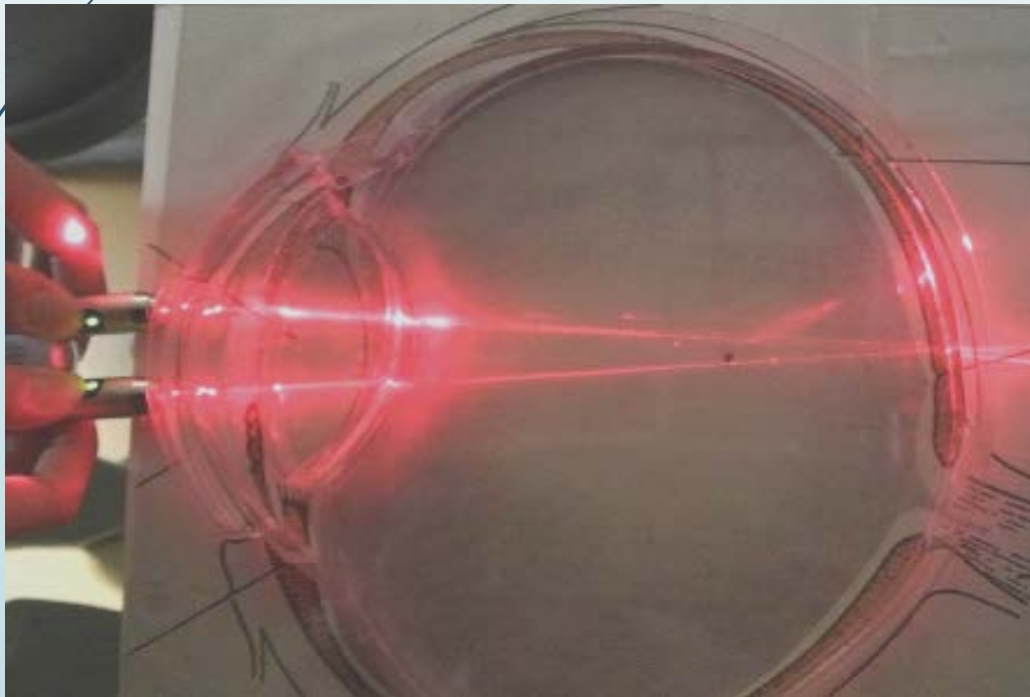
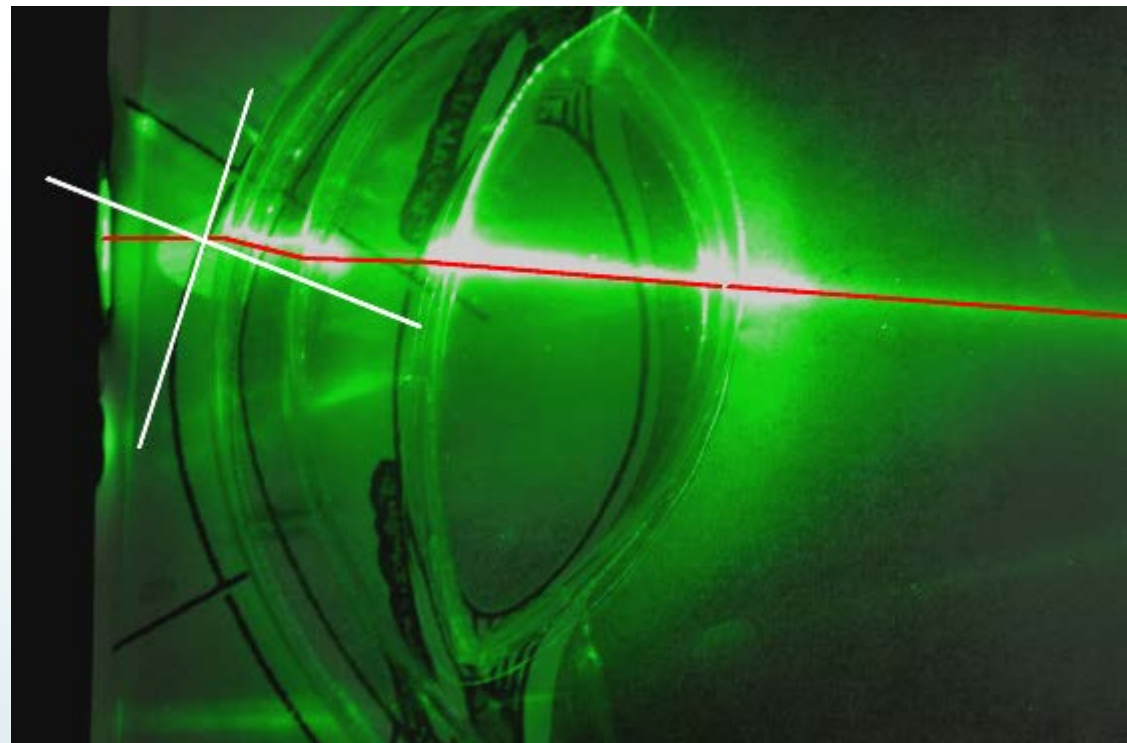
# カメラに惑わされる眼球モデル

- ▶ 高校生物の教科書 → 屈折は角膜と水晶体が担う
- ▶ 中学理科・高校の物理 → 水晶体がレンズのはたらき
- ▶ 疑問点
  - ▶ 水中では裸眼の近視眼ははつきりものが見える。正視眼はぼける
  - ▶ 魚の目玉はなぜ丸い
    - ▶ 水面の上下を見る魚の水晶体は、方向で曲率が違う
- ▶ 眼球はほとんど水でできている
  - 眼球全体が水レンズを成す
- ▶ 角膜、水晶体の屈折率がやや高い



# 水をみたした眼球モデル

- ▶ 角膜で大きく屈折している
  - ▶ 空気から水への境界面だから



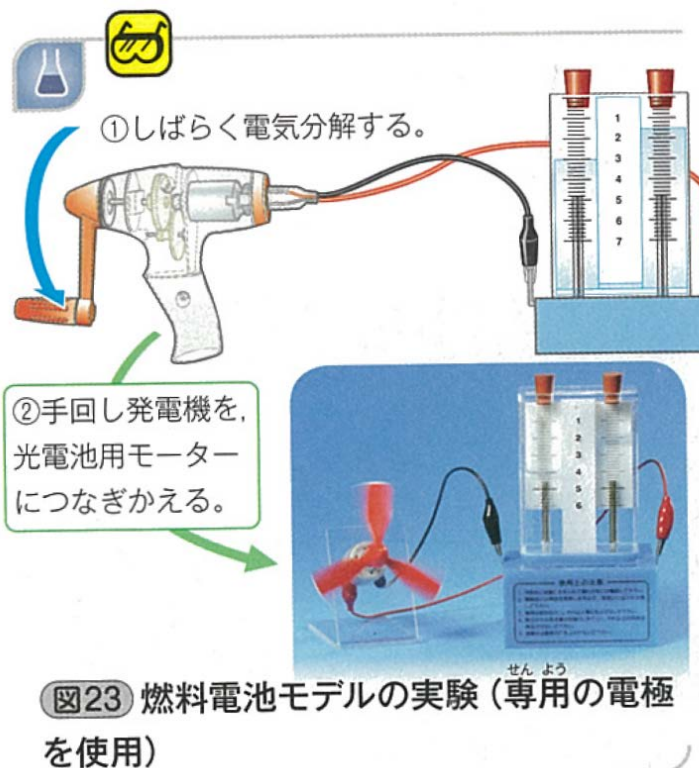
# 中学校で蔓延した ニセ燃料電池

## ▶ 紅茶燃料電池、スポーツドリンク燃料電池、...

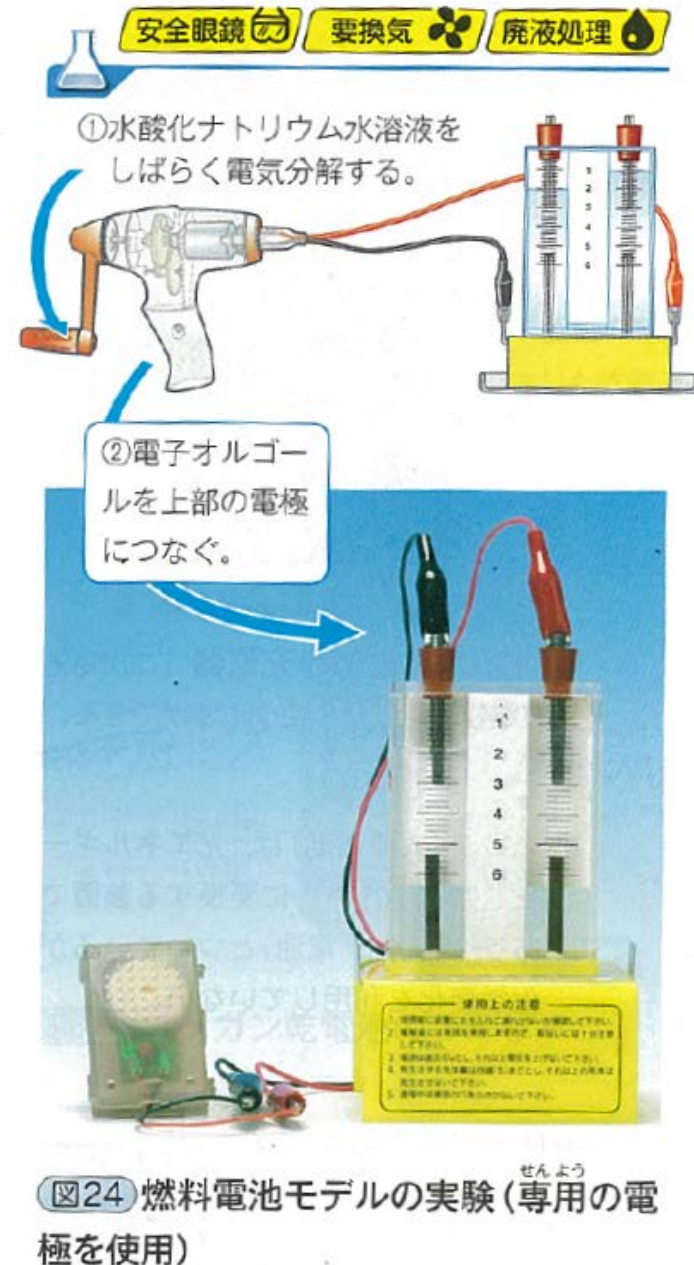
- ▶ 電気二重層コンデンサーを形成しただけ
- ▶ 測定せずに妄信する → 電圧が数秒で減衰、電池は持続的に電力を供給する

## ▶ 教科書を直すには正しい実験装置を普及させるのが一番

- ▶ 改定前後の啓林館の教科書
- ▶ **全5社がケニスの燃料電池を採用**
- ▶ ケニスの指導
  - ▶ 電極が気体側に無い → 電極が電解液に届いていない → 起電力は小さい

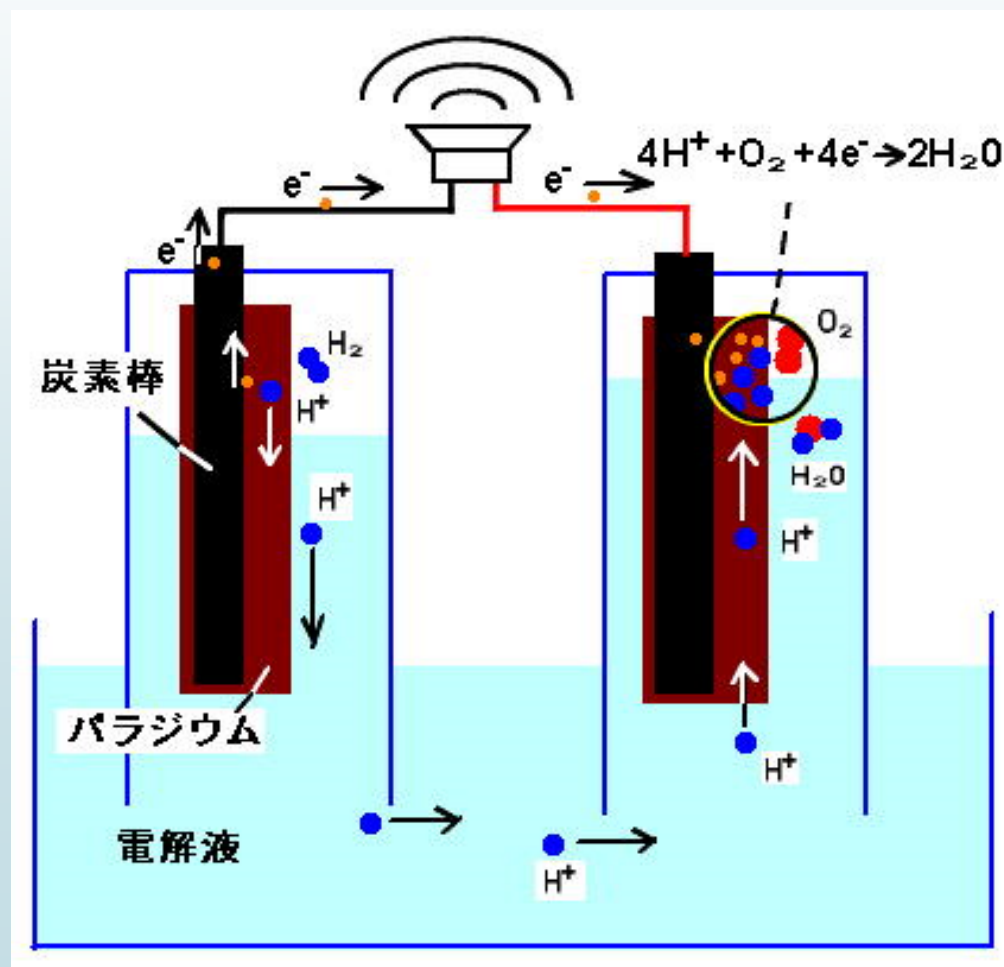
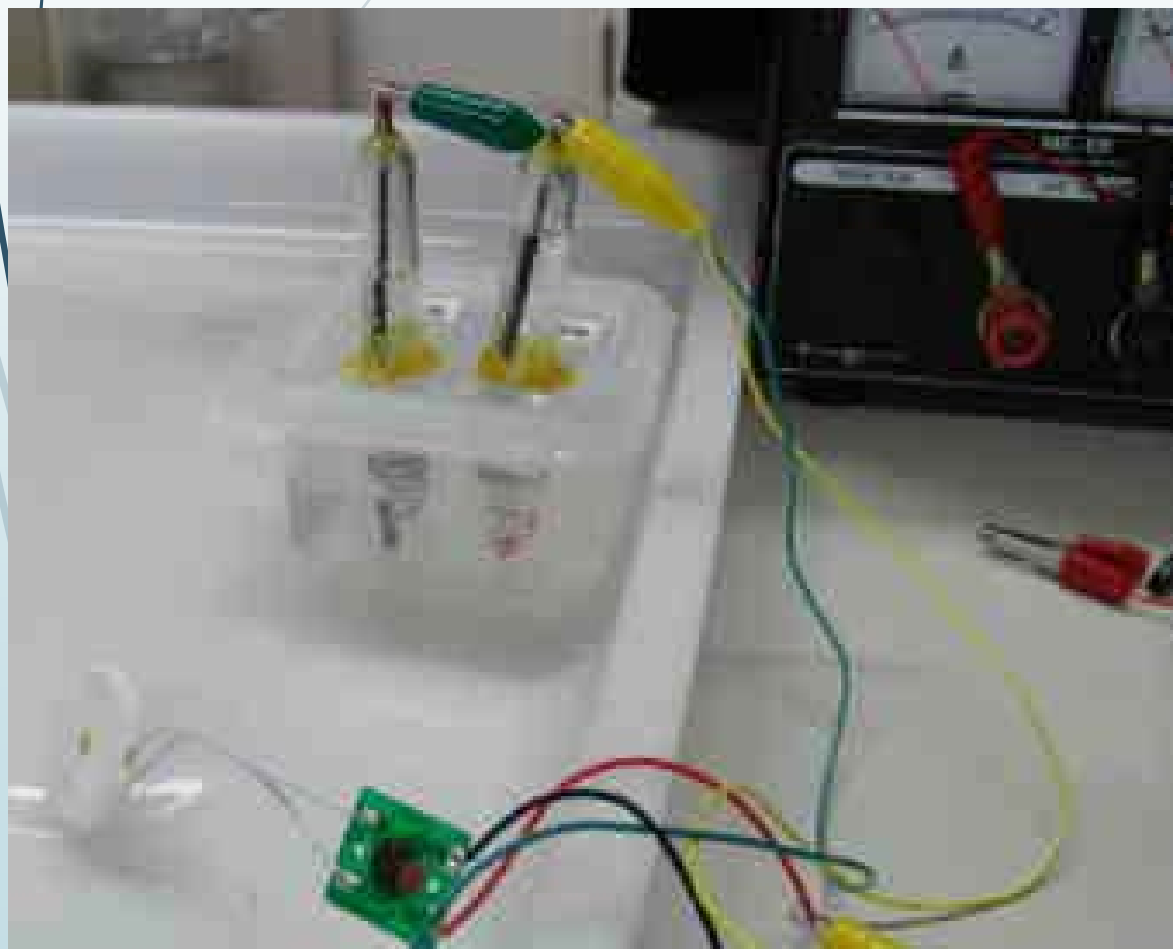


上：啓林館中学理科  
右：同改訂版



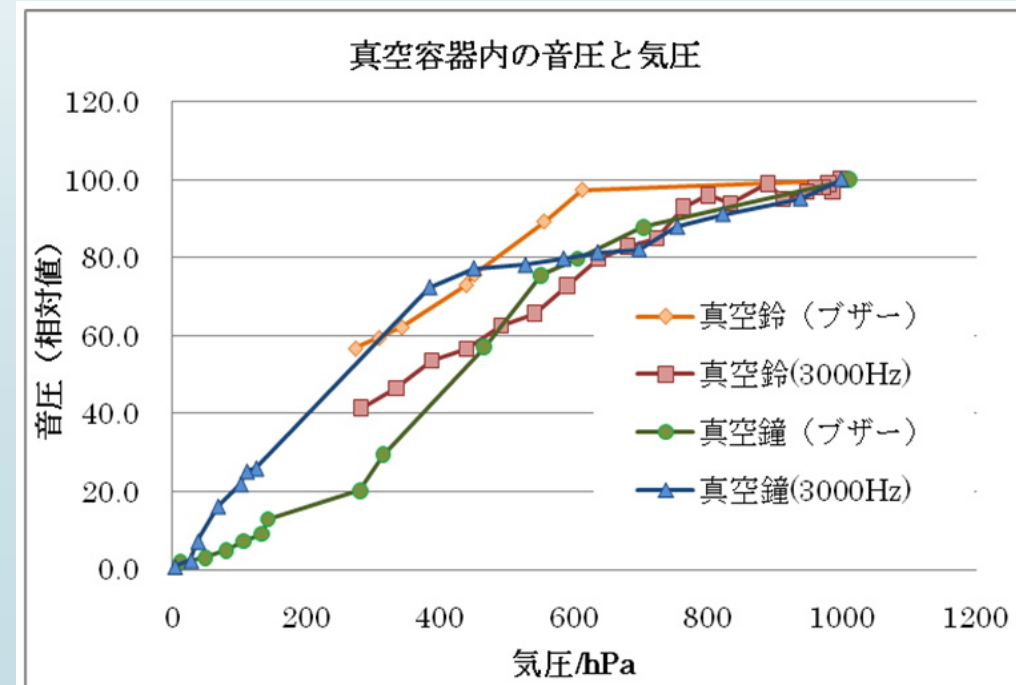
# 燃料電池は自作できる

- ▶ 触媒電極が必要 パラジウム、白金等
  - ▶ 塩化パラジウム 50gで数千円 数百人分の電極に使用できる



# 簡易真空装置で音は聞こえなくなるか

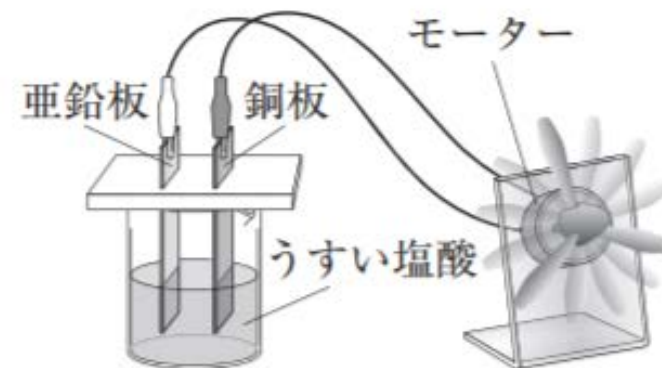
- ▶ 簡易真空装置は1/3気圧までしか引けない
- ▶ → エベレストの山頂、三浦雄一郎が娘と音声通話 十分聞こえる
- ▶ 実験装置の改良
  - ▶ 真空鐘の内部にマイクを入れて聞く
  - ▶ 音源は正弦波を出す圧電ブザー（普通のブザーはホワイトノイズで容器に共鳴）
- ▶ 真空鐘で1hPaまで引くと、聞こえなくなる



# 電気の流れないもの？

## ▶ 今年度の青森県高校入試 どんなものでも電池になる！

(2) 亜鉛板，銅板，マグネシウムリボンの3種類の金属板と，うすい塩酸，塩化ナトリウム水溶液，エタノール水溶液を準備した。金属板の中から亜鉛板と銅板を選び，右の図のようにうすい塩酸に入れて，モーターにつないだところ，電流が流れ，モーターが回った。次に，金属板の組み合わせや水溶液を変えて，モーターが回るかどうかを調べた。次のア，イに答えなさい。



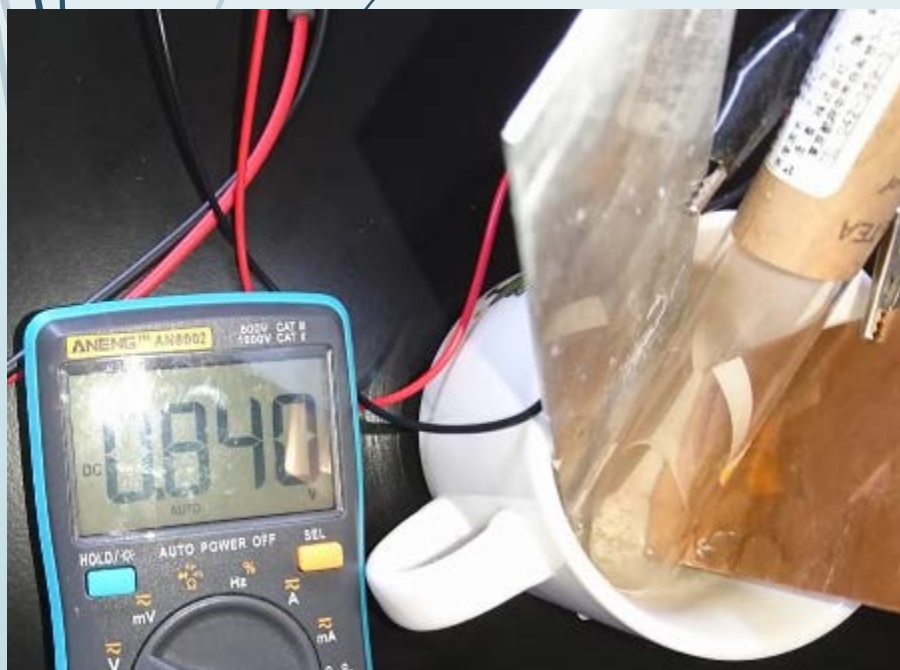
ア 化学変化によって電流を取り出すことができる装置を何というか，書きなさい。

イ 次の1～6の中で，電流を取り出すことができる金属板と水溶液の組み合わせはどれか。適切なものをすべて選び，その番号を書きなさい。

- 1 亜鉛板と銅板を，エタノール水溶液に入れる。
- 2 亜鉛板と亜鉛板を，うすい塩酸に入れる。
- 3 亜鉛板とマグネシウムリボンを，塩化ナトリウム水溶液に入れる。
- 4 銅板と銅板を，エタノール水溶液に入れる。
- 5 銅板とマグネシウムリボンを，うすい塩酸に入れる。
- 6 マグネシウムリボンとマグネシウムリボンを，塩化ナトリウム水溶液に入れる。

## ▶ 啓林館 中学3年理科 「蒸留水は電気を通さない」

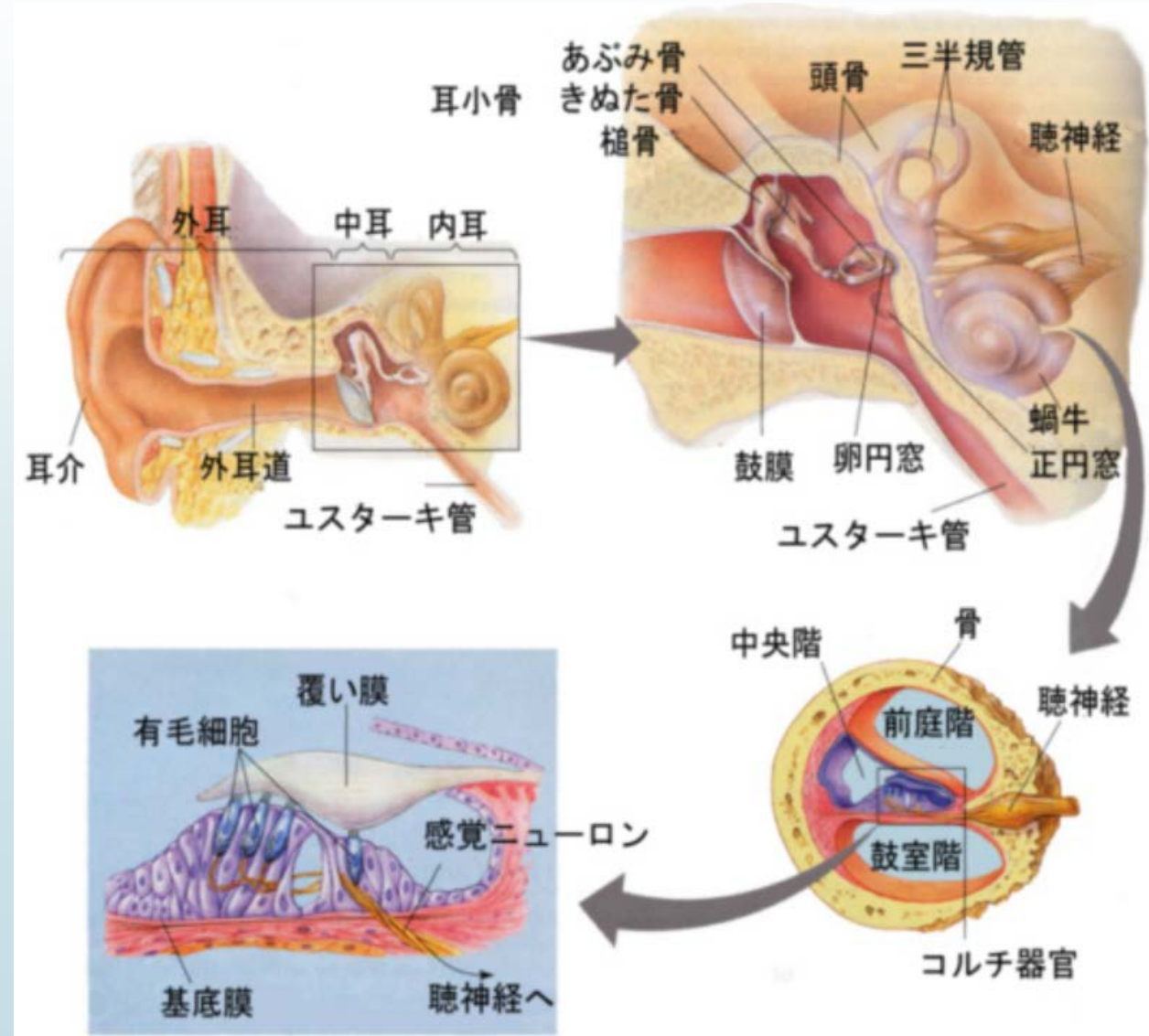
- ▶ 電気抵抗は 蒸留水： $0.78 \times 10^{-4} \text{ S/m}$  超純水： $18.2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$
- ▶ 砂糖水に亜鉛と銅の極板で1V程度出る。メロディーICも鳴る
- ▶ アルコールや超純水でも、異なる金属極板で起電力は生じる  
 $\text{H}^+, \text{OH}^-$
- ▶ マグネシウムリボン同士では、激しく溶けている方が負極になる





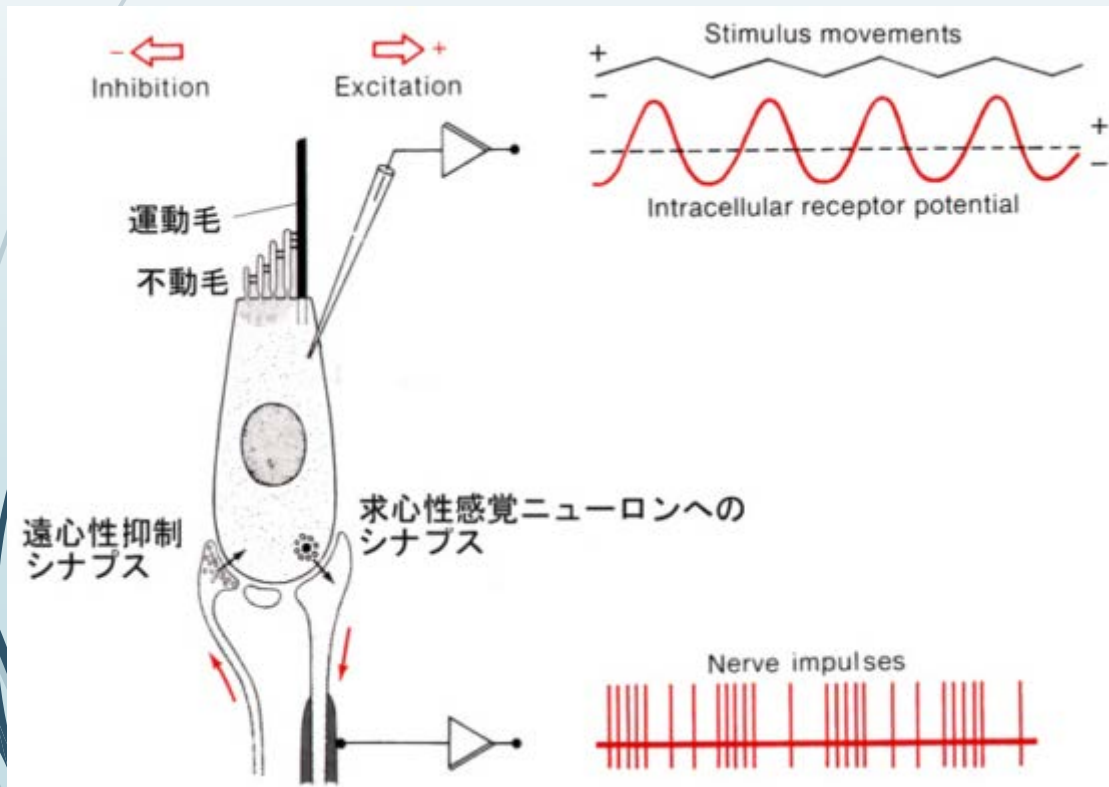
# 音色は波形の違い？

- ▶ 人の耳は蝸牛管で周波数の異なる正弦波に分解して聞いている
  - ▶ フーリエ分解
- ▶ 波形が同じ ⇔ 音色が同じ
  - ▶ 初期位相の違いで異なる



# 蝸牛管の有毛細胞は正弦波をとらえる

- ▶ 聴覚と前庭覚の受容器は有毛細胞
- ▶ 有毛細胞の繊毛がリンパ液で動く
- ▶ 電気的变化が生じる



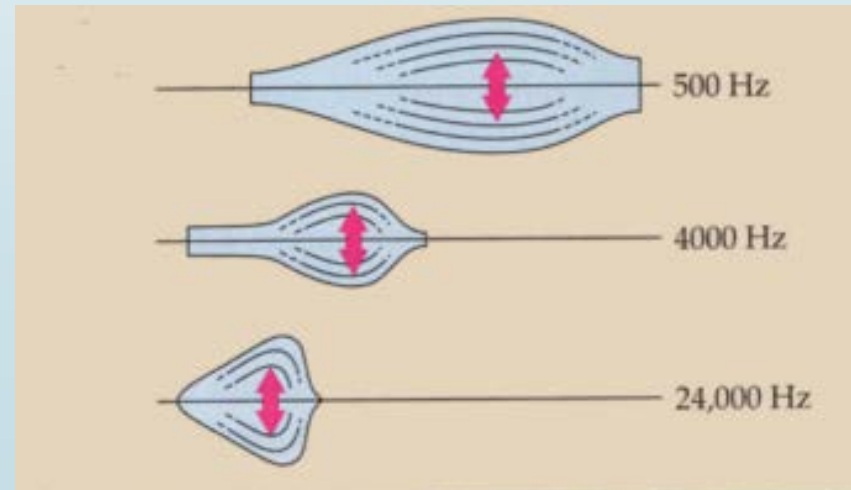
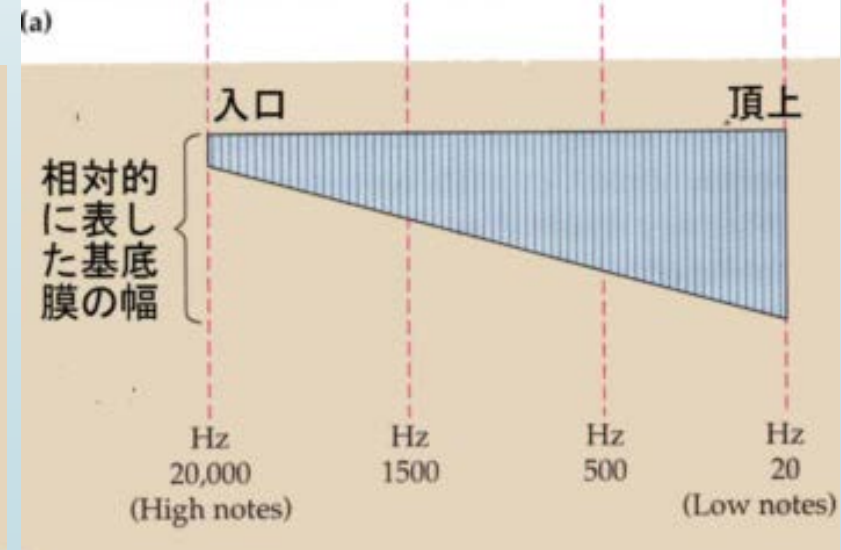
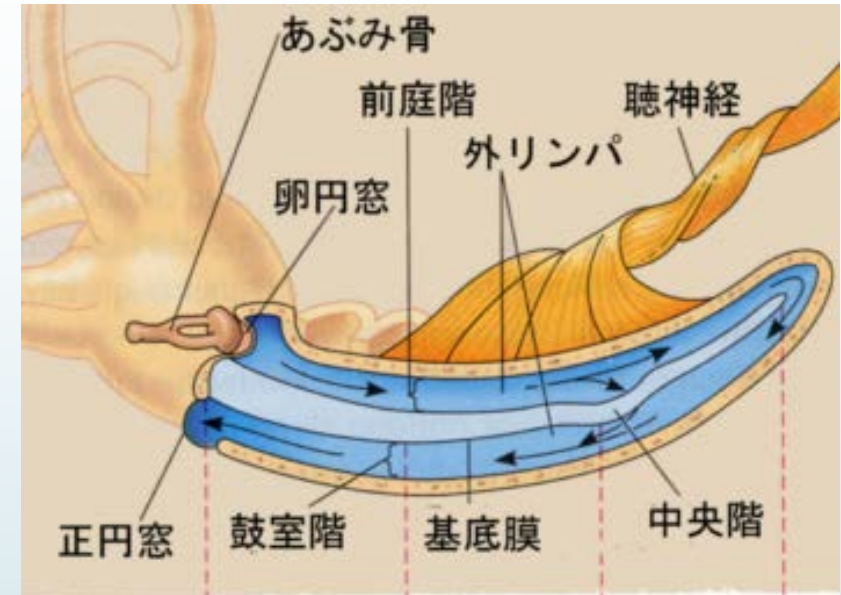
3列の外有毛細胞

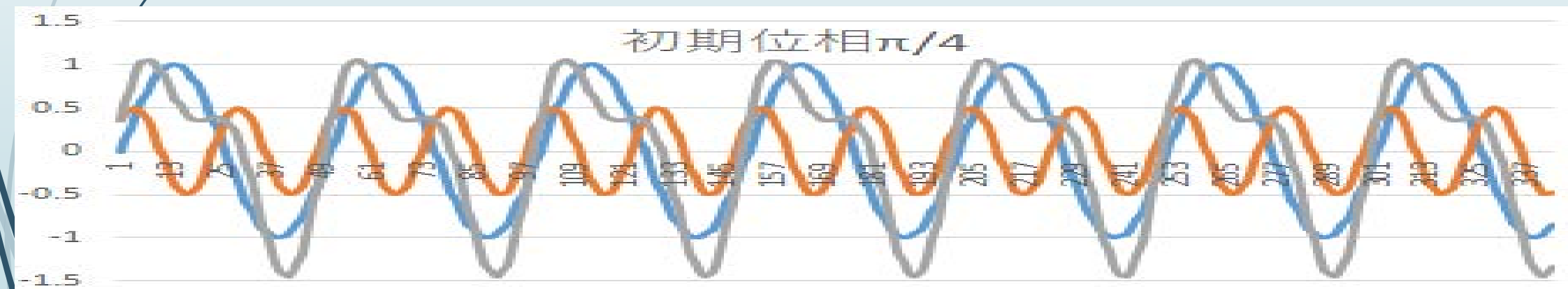
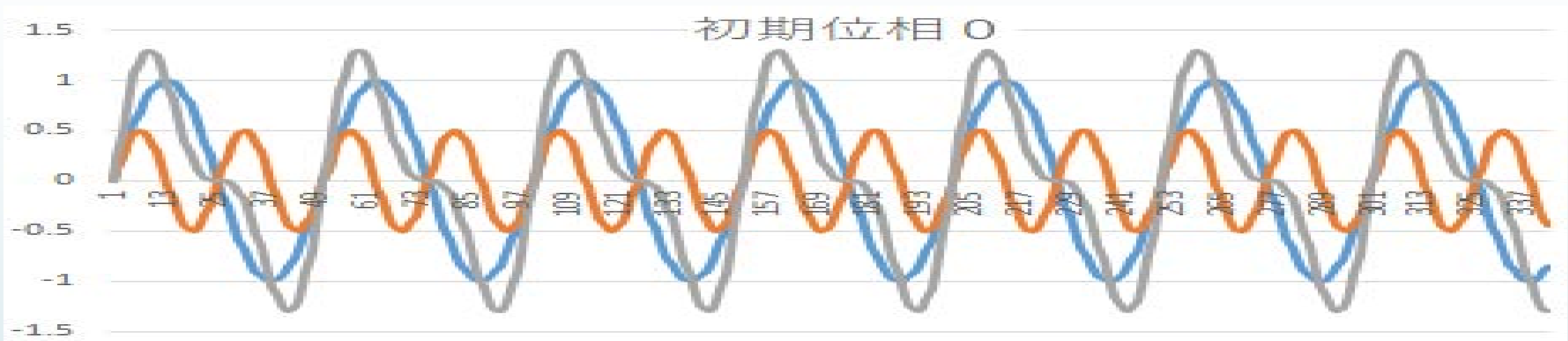
1個の有毛細胞の区画

<http://www.tmd.ac.jp/artsci/biol/textlife/sense.htm>

# 音の高低は基底膜の細長い台形位置の共鳴

- 基底膜の幅は入口が約0.04mm、一番奥（蝸牛の頂上）が0.5mm
- 細長い台形 → 入口が高音、奥が低音
- 一定の周波数の音は決った場所の基底膜を振動
- <http://www.tmd.ac.jp/artsci/biol/textlife/sense.htm>





# 音響学のわかりやすい書籍



図2.5 サイン波の重ね合わせによるノコギリ波の合成

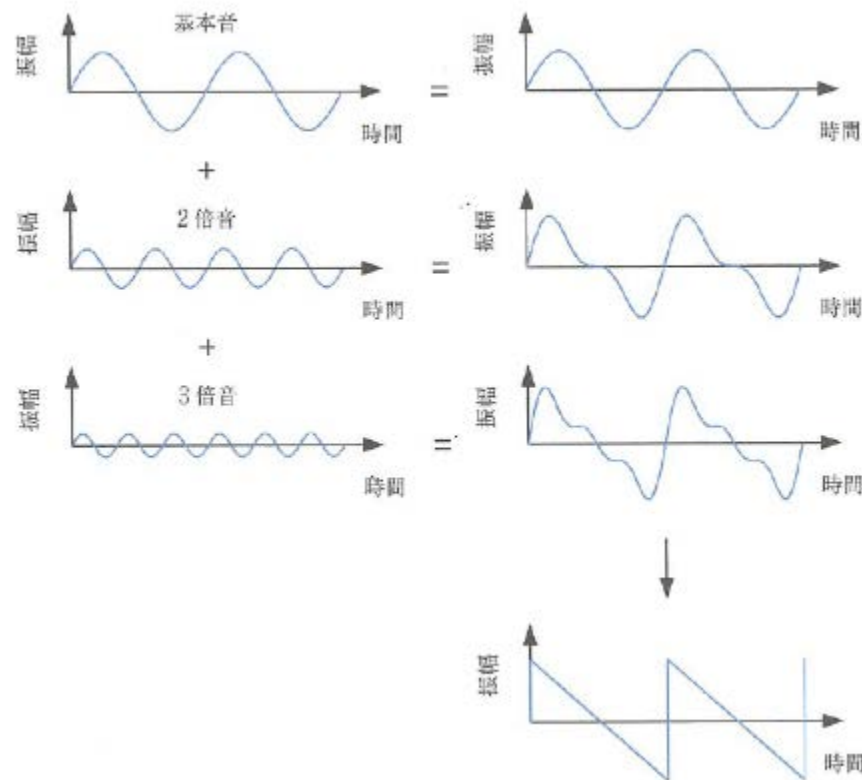
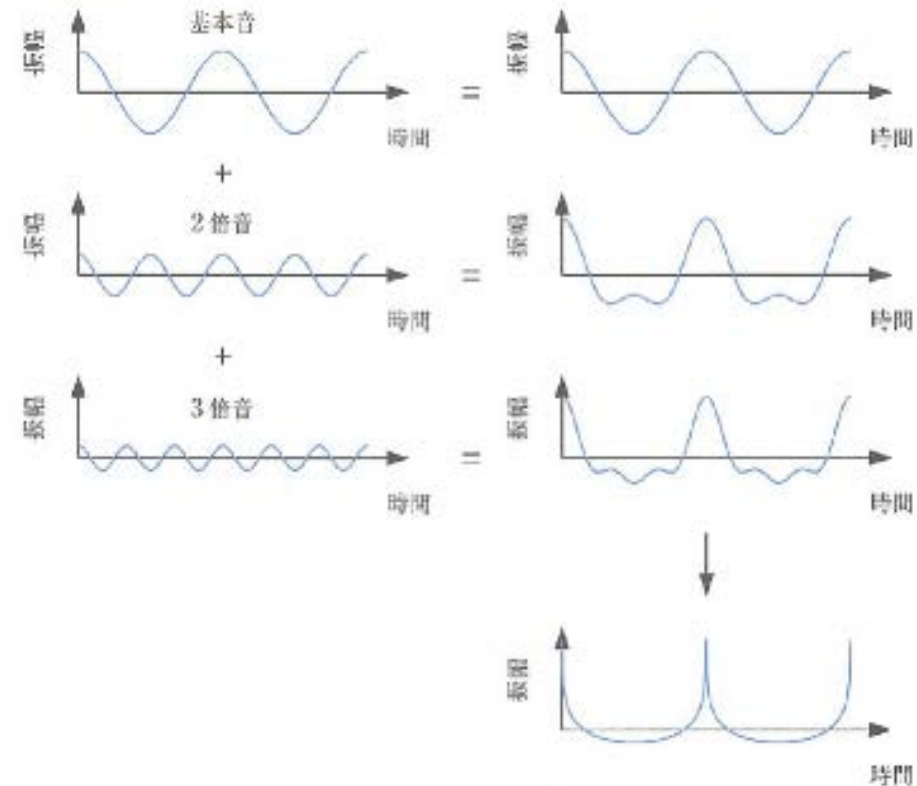


図2.12 コサイン波の重ね合わせによるノコギリ波の合成



■ 以下のページで音を比較できます

■ [http://floor13.sakura.ne.jp/book07/chapter02/saw\\_sine\\_scale.wav](http://floor13.sakura.ne.jp/book07/chapter02/saw_sine_scale.wav)

■ [C:\Users\ashikaga\Downloads\saw\\_sine\\_scale \(1\).wav](C:\Users\ashikaga\Downloads\saw_sine_scale (1).wav)

■ [C:\Users\ashikaga\Downloads\saw\\_sine\\_scale.wav](C:\Users\ashikaga\Downloads\saw_sine_scale.wav)

サイン波によるノコギリ波の音階

コサイン波によるノコギリ波の音階

図 2.13 に示すように、この波形は、じつは倍音の配合比率そのものはノコギリ波とまったく同じになっていますが、位相をずらしてサイン波を重ね合わせているため、ノコギリ波とは異なる波形になっています。

ただし、波形が変化したからといって音色も変化するとは限りません。サポートサイトのサンプルを聞き比べてみると、サイン波のかわりにコサイン波を重ね合わせても、通常のノコギリ波とまったく同じ音色に聞こえることがおわかりいただけるのではないかと思います。

じつは、周期的複合音の場合、倍音の配合比率が同じであれば、波形の変化は音色にほとんど影響しないことがわかっています。このように、人間の聴覚は倍音の位相の変化に対して鈍感であることから、音の特徴について調べる場合、位相を重視しないことが音響学の暗黙の了解になっています。

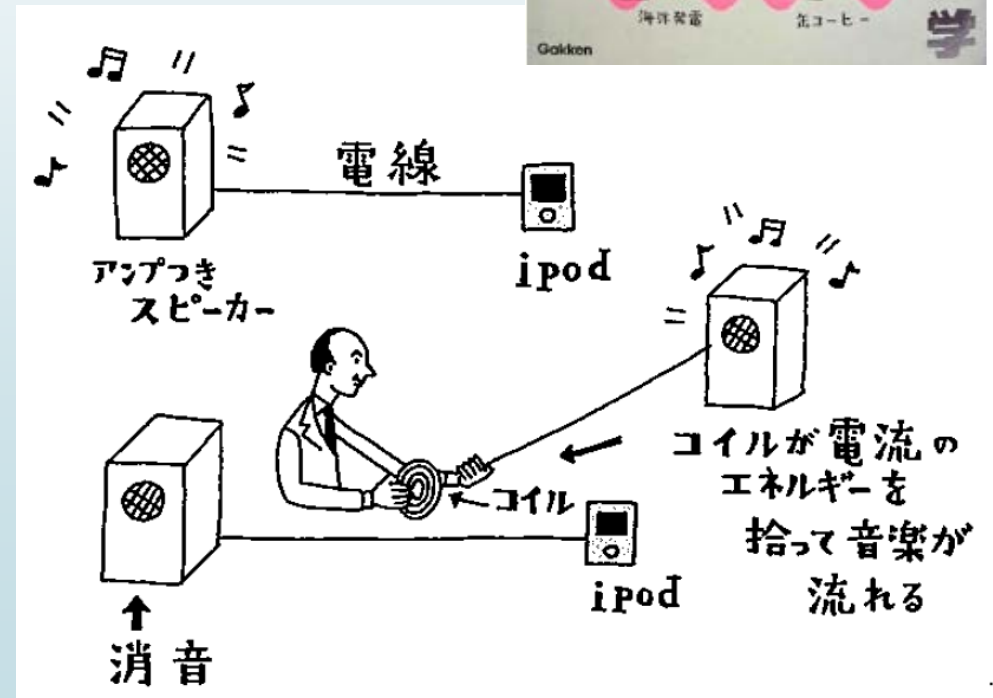
## 弦楽器は共鳴ではなく強制振動による響鳴

- ▶ 全ての物体は、その大きさや形や密度等による固有振動数を持つ
- ▶ 全ての音階に共鳴する胴は作れ無い
- ▶ 演奏する音が楽器の固有振動数からずれるようにする
  - ウルフサウンド → おもりで調整
- ▶ 共鳴を完全に無くしたのは電子楽器 → エレキギター
- ▶ ピアノのそばでくしゃみすると、響板が振動し、全ての弦が鳴る



# 電気のエネルギーはどこを流れるのか

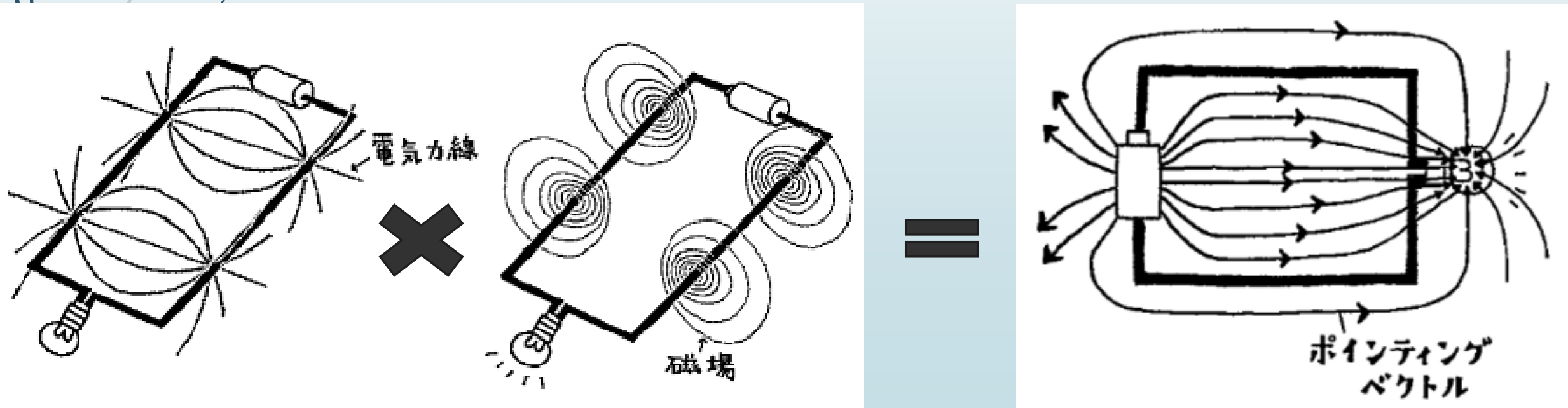
- ▶ 電流は電子の流れ 電流の速さ $\approx$ およそ光の速さ
- ▶ 電流の速さ $\neq$ 電子の速さ = 1mm/s 電線の太さによる
- ▶ **ところてんモデル** (電線内に電子がつまっている)
  - **水流モデル**の破綻
  - フェルミ気体の弾性波 : 光速の0.3%
- ▶ 電流のエネルギー = 電磁場のエネルギー
- ▶ 近づけたコイルで電気エネルギーが伝わる
  - ▶ クレードルの充電、ICカードの読み取り





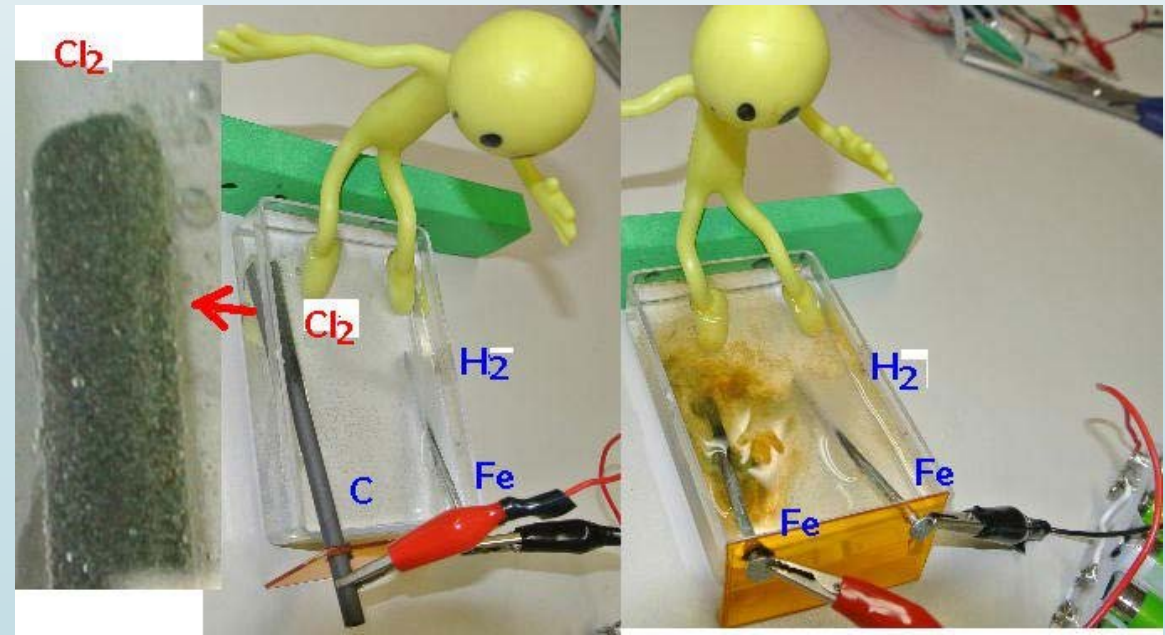
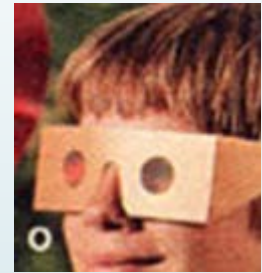
# ポインティング・ベクトルは電気エネルギーの流れ

- ▶ 電界は電池のプラス側の電線からマイナス側の電線へ向かう
- ▶ 磁界は電流の右ネジの法則
- ▶ これらの外積がポインティング・ベクトルで電気エネルギーの流れを示す
- ▶ 電気エネルギーは不導体（絶縁被膜や空気中）を流れる
- ▶ \* 重要な原理：導体内は等電位



# にせ科学も使いよう

- ▶ マイナスイオンドライヤー、プラスイオンドライヤー
  - ▶ マイナスイオンは造語、陰イオンは negativ ion, anion
  - ▶ 実験・分解すればわかる構造や原理
    - ▶ 針：コロナ放電 → 電子を水蒸気や空気にくっつける
    - ▶ 箔検電器 箔の開閉で電荷の正負が分かる → 光電効果の実験に利用できる
- ▶ X線メガネ
- ▶ 学校のオカルト汚染
  - ▶ 岡山ライオンズクラブがEM菌販売  
→ 学校プールへ投入



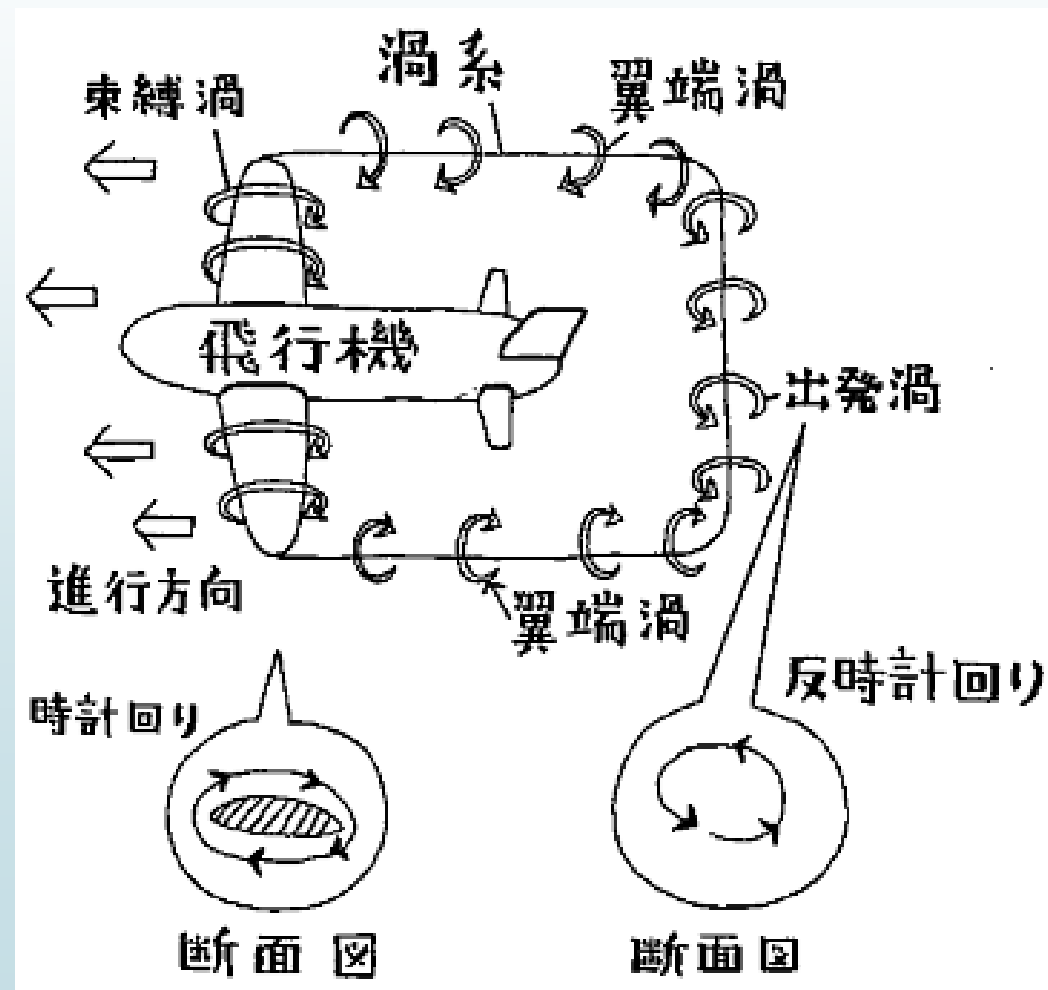
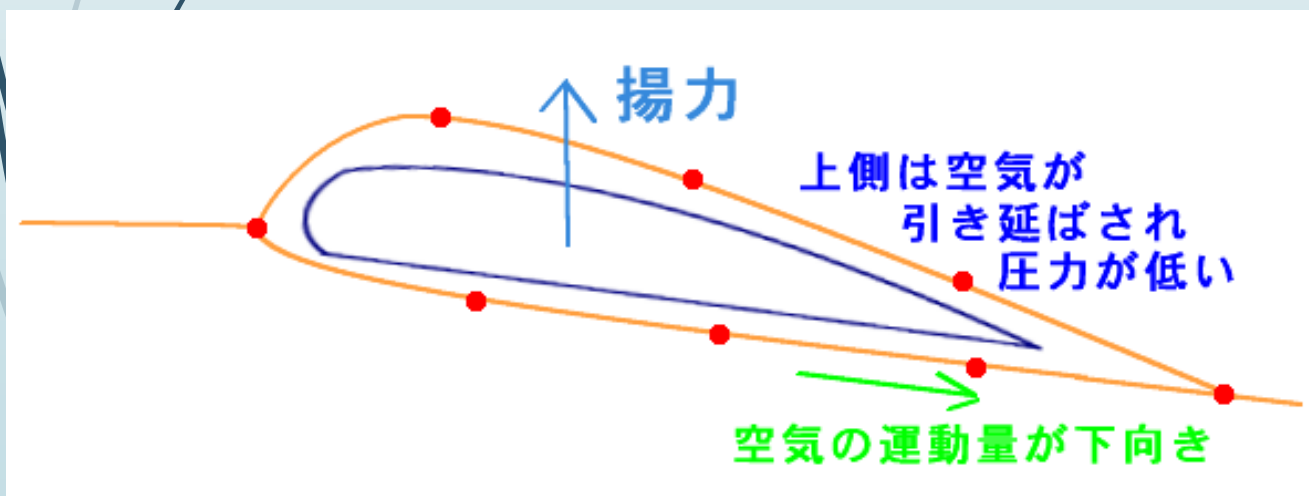
# 飛行機はなぜ飛ぶか

## 翼全体にベルヌーイを使ってはいけない

- ベルヌーイは〇〇の一つ覚え 流体力学の本は間違いだらけ、リヌーピアの流体の説明はまちがいだらけ
- コアンダー効果は大ざっぱ

## 渦を考えよう

- 大法則：**自然界は変化を嫌う**
- 渦は渦で消し去る



# 1円玉が水に浮くのは表面張力なのか

- 水の表面張力  $F=2\pi rT\cos\theta=2\times 1\text{cm}\times 72\text{dyn/cm}\times \cos 105^\circ=0.12\text{g重}$
- 水の浮力  $F=1.03\text{g重}$

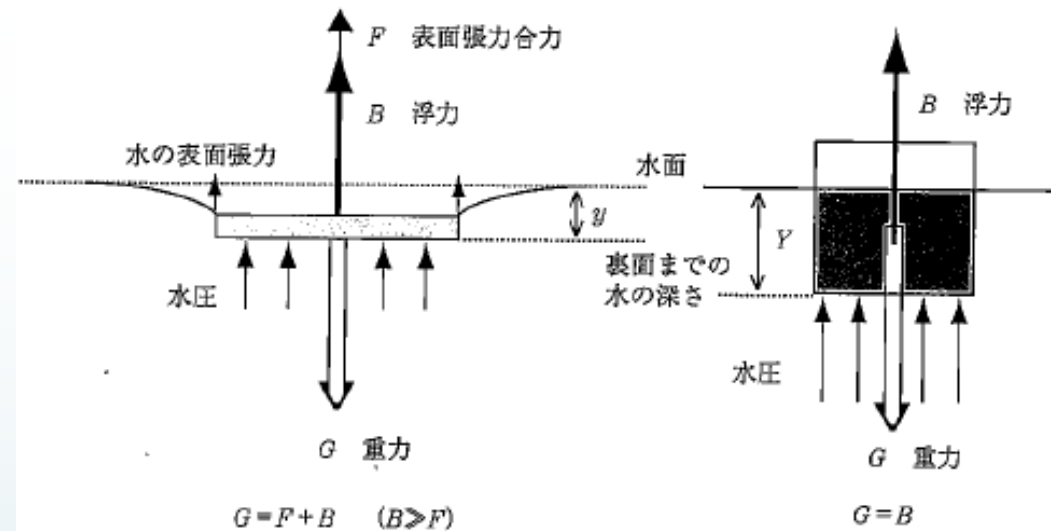


図54A 硬貨に働く力の釣り合い

B 物体に働く浮力

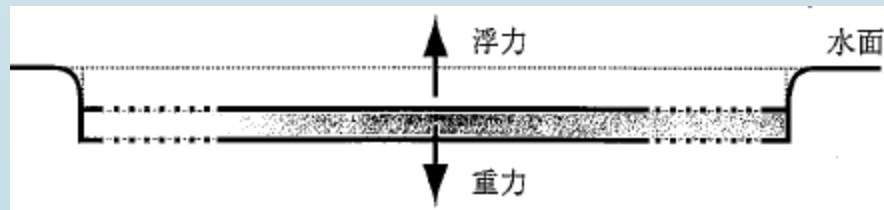


図57 無限大に近いアルミ板の浮上 (重力=浮力としてよい)

