

## まず、オーソドックスな人工呼吸器を理解し、次に NPPV の仕組みを理解し Bilevel 設定する理由を知る

NPPV 専用機は、もちろん人工呼吸器です。NPPV の仕組みがどうなっているのか不思議に思ったことはないでしょうか。NPPV の構造の説明の前に、一般的な人工呼吸器の構造から解説します。一般的な人工呼吸器と NPPV 専用機の両方の理解を目指します。

本書においてはオーソドックスな人工呼吸器を汎用人工呼吸器と称します。NPPV 専用機は、多くの医療機関で使用される V60 ベンチレータ・BiPAP Vision (フィリップス・レスピロニクス社) を想定します。

### たまに？ 結構？ ある誤解

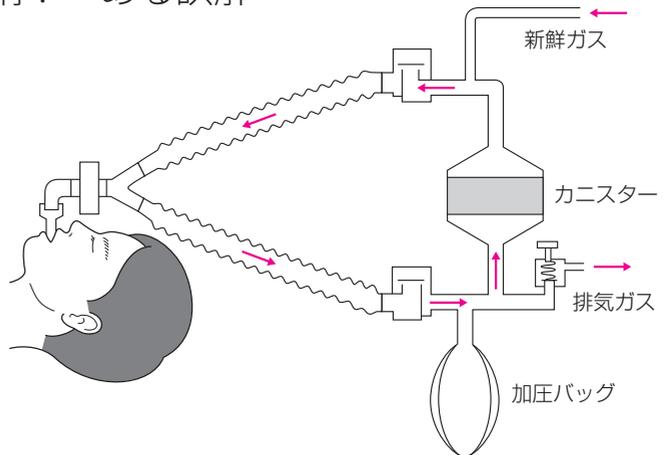


図 1 半閉鎖式麻酔器の基本構造

参考：京府医大誌. 2010; 119: 313-38.

「人工呼吸器はループ構造であり、ぐるぐるエアが回る」

麻酔器の構造 (図 1) に近い発想ですね。麻酔器は高価な吸入麻酔薬を使

用することから部分的に再循環をしています。再循環をするということは再呼吸（自分が吐いた息を吸う）することを意味します。回路内の二酸化炭素の蓄積を防ぐため二酸化炭素を吸収するソーダライムを詰めたカニスターを必須とします。

汎用人工呼吸器の回路は麻酔器に雰囲気は似ているのですが、ループ構造をもちません。全くの別物です。

## オーソドックスな人工呼吸器（汎用人工呼吸器）の構造

筆者は浴槽にたとえて説明します。空気と水は流体ですから似たふるまいをします。

人工呼吸器は意外に単純な構造です。

### 吸気

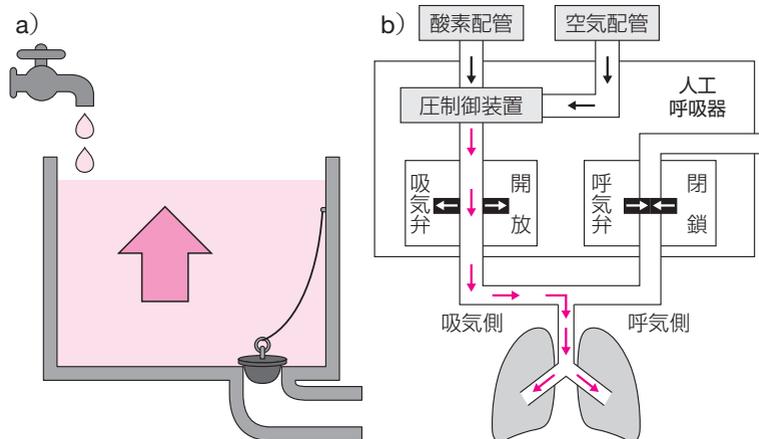
浴槽に水をためるためには排水栓を閉じ、蛇口を開放します **図 2a**。

人工呼吸の吸気においても、呼気弁（排水栓に相当）を閉鎖し、吸気弁（蛇口に相当）を開放することで肺（浴槽に相当）を膨らませます

**図 2b**。

### 呼気

浴槽を空にするためには蛇口を閉じ、排水口を開放します **図 3a**。



**図 2** 人工呼吸器吸気の仕組みのたとえ

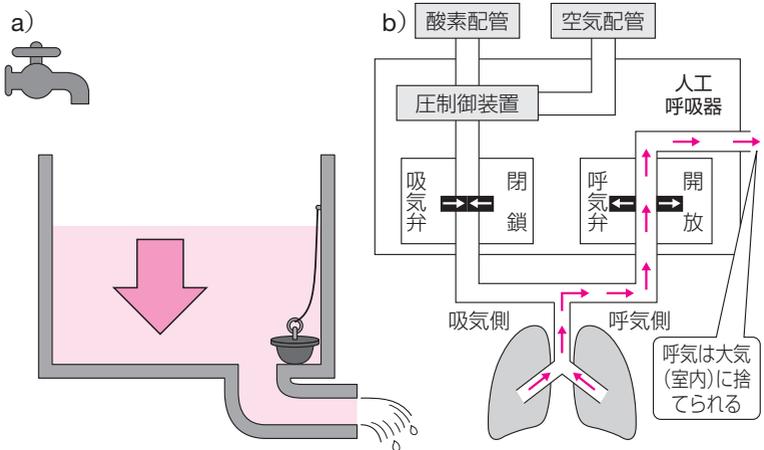


図 3 人工呼吸器呼気の仕組みのたとえ

人工呼吸の呼気においても、吸気弁（蛇口に相当）を閉鎖し、呼気弁（排水口に相当）を開放することにより肺（浴槽に相当）が縮みます 図 3b.

**PEEP**

浴槽において、排水管の出口を高くすると水が出づらくなります

図 4a.

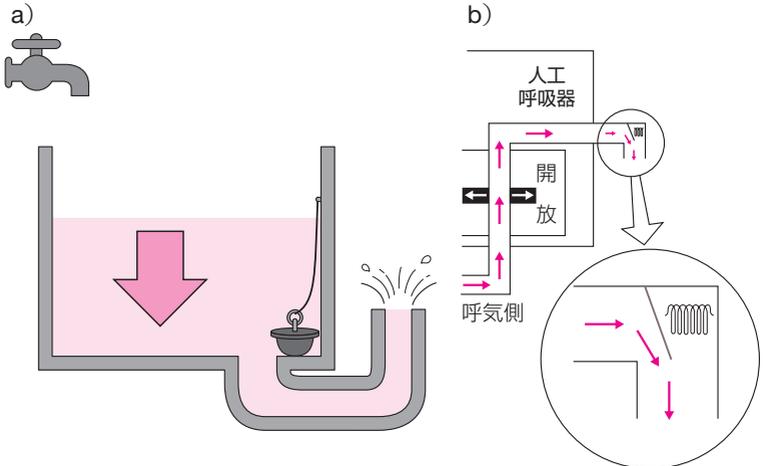


図 4 人工呼吸器 PEEP の仕組みのたとえ



**図 5** a: バッグバルブマスク呼気孔  
(アンブ社蘇生バッグオーバー)  
b: バッグバルブマスクに PEEP 弁 (⇒)  
を装着  
c: PEEP 弁 円盤状の弁 (→) が呼気におさ  
れる。バネ (▷) の抵抗をうけながら、呼  
気は排出される。キャップ (▷) を回転さ  
せることによりバネの強度を変え PEEP レ  
ベルを調節する。

同様に人工呼吸器の排気口にバネでおされる蓋をつけると、排気するの  
に一定の圧を要します **図 4b**。バッグバルブマスクによる換気時（呼気）  
に PEEP 形成をしたいとき PEEP 弁を装着するのですが、この非常に古  
典的な PEEP 形成方法が使われます **図 5**。

現代の人工呼吸器は、詳細に回路内圧をモニタリングしながら吸気弁と  
呼気弁を高度にコントロールし設定 PEEP 圧を維持します。

## 定常流とは

オーソドックスな人工呼吸器回路について紹介しました **図 3b**。実は、  
古典的でありダイヤモンド方式とよばれるものです（ダイヤモンドの意は需  
要） **図 6左**。呼気時には回路内へガスが供給されず、患者に吸気努力が  
ある（要求がある＝需要がある）と回路内圧が低下し、それを命令として  
吸気弁が開放されエアが供給されます。吸気時、患者が吸気弁をしっかり  
動かす労力が必要であるといえます。

### 妻と夫の会話

妻 「お昼代はどれぐらい欲しい?」

夫 「500 円ぐらいかな…」

妻 「じゃあ 500 円ね。」、500 円硬貨を夫にわたす。

夫の心の中 (コンビニのおにぎりですませたら 300 円ですむかもしれないし、少し奮発したらもっとかかるかもしれない。余裕をもって 1000 円ぐらいくれたらいいのに……)

### ハイスペック人工呼吸器とスタンダード人工呼吸器の違いとは?

自発呼吸のない状態で換気するのならば差はありません。差がでるのは必ずばり、自発呼吸への同調性です。重症患者において“大暴れする”自発呼吸への追従性において大きく差がでます。ダイヤモンド方式から定常流方式に切り替わった大きな理由も自発呼吸への同調性向上を目指したものです。

夫へのお小遣いはきっちりではなく、余裕をもって渡して欲しいものです。同様に、例えば 1 回換気量を定める VCV において、患者の吸気努力 (ダイヤモンド) による換気量がそれを上回ったとき、患者の要求はかなえられず苦しいです。「きっちり」では対応できないのです。

現在の人工呼吸器の大半は、吸気時・呼気時を問わず常に流れがあります。定常流 (コンスタントフロー) とよびます **図 6 右**。それを「オーソドックスな人工呼吸器の構造」に上乘せするイメージです。定常流があることにより、患者の大きな自発呼吸・不規則な自発呼吸・多呼吸回数があっても過不足なく吸うためのショックアブソーバー的な役割を果たします。

以前は自発呼吸により回路内圧が下がることによって自発呼吸を検知する圧トリガーが主流でした。現在は定常流が減少することにより自発呼吸を認識するフロートリガーが主流です。例えば 5L/分のスピードである定常流が 4L/分となると「定常流の減少⇒自発呼吸により患者にとりこまれた」と判断 (トリガー) されます。患者にとって圧トリガーを作動させるより楽であり、呼吸仕事量が減るとされます。

### あえて圧トリガーを使うとき

現在、汎用人工呼吸器の大半がフロートリガーと圧トリガーの両方をもち、フロートリガーを標準使用します。

例えば若い心機能のよい敗血症患者においては、「心臓が踊りまくり」、その拍動を繊細なフロートリガーが感知し人工呼吸器が誤作動するときがあります (オートトリガー)。こういった状況において、フロートリガーの感度調整でうまくいかないときは、圧トリガーを用います。