

# 知らないの？ 酸素ポンベの使い方

森下 世紀  
福岡徳洲会病院 臨床工学科  
シリーズ構成：上岡 晃一  
東京医科大学病院 臨床工学科

現在の医療現場において、酸素は不可欠であり多くの場面で使用されている。その供給手段の一つとして酸素ポンベは広く利用され、可搬性や緊急時の即応性に優れる。一方で高圧容器という特性上、酸素ポンベはその利便性の裏に潜むリスク

クにも十分配慮しなければならない。また、内容積や残量確認、搬送中の安全確保など、多くの注意点が存在する。本稿では酸素ポンベについて、規格や関係法規などのおさえておきたいポイントから医療安全の視点までを解説する。

## はじめに

医療において酸素は、医療ガス配管（アウトレット）へ供給される中央配管システムと、酸素ポンベを用いた方法があり、どちらも限りある資源（医薬品）である。

酸素ポンベは、院内外での患者搬送や緊急時のバックアップ、医療ガス配管（アウトレット）が届かない場所で酸素を必要とする状況において重要な役割を担っている。使用することは身近であるが、安全確認をせずに容易に使用してはならないものでもある。

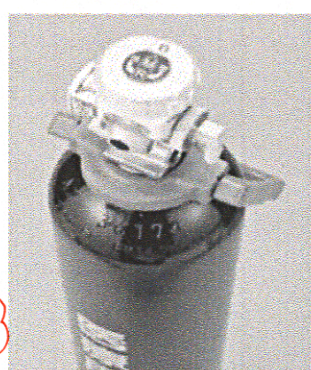
## 酸素ポンベの規格と種類

材質別の分類 13a ロタンB (以下同)

■図1 FRP（繊維強化プラスチック）複合容器イメージ

図中ネーム基本 1/a MφG BBB 太くするネーム 1/a B太く B101 (以下同)

■図2 非磁性体ポンベ (写真提供：大陽日酸株式会社)



ため、高圧に耐えられる耐圧性と安全性が何よりも求められる。形状は継ぎ目のないシームレス加工の円筒形が一般的で、材質により「銅製ポンベ」「アルミニウム合金製ポンベ」「FRP（繊維強化プラスチック）複合容器」に分類される。以下に特徴を示す。

### ①銅製ポンベ

主な材質はマンガン銅であり、強度が高く衝撃に強い。また、耐圧性や耐久性に優れる一方、重量が重い。現在でも広く普及している。

### ②アルミニウム合金製ポンベ

主な材質はアルミニウム合金である。軽量で腐食に強い特徴を有する。一方で、銅製ポンベに比べて耐傷性や衝撃耐性がやや低い。

### ③FRP（繊維強化プラスチック）複合容器

アルミニウム合金製ポンベの内筒（ライナー）の周囲に、エポキシ樹脂を含浸させた高強度ガラス繊維やカーボン繊維を巻き付けたものである（図1）。このカーボン繊維は比強度\*1が高く、銅やアルミニウムと比較して軽量である。そのため、同素材で作られたポンベはアルミニウム合金製ポンベよりもさらに軽量で、耐久性を有する。また、銅製ポンベの容器と比較した場合、その重量は1/4以下と大幅に軽量化されている<sup>1)</sup>。

また、MRI環境下で使用可能な非磁性体ポンベ（図2）も存在するが、3テスラまでの条件付き使用であり<sup>2)</sup>、ポンベカートやホルダも非磁性体にする必要がある。MRI室内でのポンベ事故は国内外で発生しており<sup>3)</sup>、細心の注意が求められる。

■図3 ポンベ容器への刻印の例

①	②	③	④
容器所有者番号	充填するガスの種類	容器検査年月日	容器の記号番号
⑤	⑥	⑦	⑧
内容積 (L)	質量 (kg)	耐圧試験圧力 単位：MPa	最高充填圧力 (圧縮ガス) 単位：MPa

\*1 比強度とは密度あたりの引張強さであり、強度重量比とも呼ばれる。質量に対してどれくらいの強度があるかの指標とされ、値が高いほど軽く強度が高い材質となる。計算式は以下のとおりである。  
比強度 (N・m/kg) = 引張強さ (N/mm<sup>2</sup>) / 密度 (g/cm<sup>3</sup>)  
引張強さや密度は材質により決まっている。

\*2 「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」の略称。

容器の種類	銅製ポンベ	銅製ポンベ	銅製ポンベ	FRP 複合容器	FRP 複合容器	FRP 複合容器
内容積 (L)	3	10	47	1	2	3
充填圧 (MPa)	15	15	15	20	20	20
ガス充填容量 (L)	500	1500	7000	220	400	560
外径 (mm)	102	140	232	95	111	111
長さ (mm)	645	948	1365	262	325	429
容器重量 (kg)	5	12	46~52	1	1	2

## ポンベのサイズと特性

現在院内で使用されている酸素ポンベの多くは、内容積 3.4L、充填圧 14.7MPa、ガス充填容量 500L のポンベである。このポンベは、重量約 5kg、外径 102mm、長さ 645mm であり<sup>3)</sup>、重量や大きさの面から搬送性や汎用性に優れている。その他にも、ガス充填容量 1500L、7000L のポンベもあり大量の酸素供給を可能とする（表1）。用途により適切なポンベサイズを選定することが必要である。

またFRP複合容器もいくつかの種類が存在する（表1）。院内使用のポンベとは異なり充填圧が19.4MPaと高く、多くは在宅での使用が想定されている。形状も太く短いため、専用のケースが必要となる。院内でFRP複合容器を使用する場合は、ポンベの固定やホルダへの収納はできないことが多く注意が必要である。

## 表2 ポンベの再検査期間

	1989年3月31日以前に製造	1989年4月1日以降に製造
一般継目なし容器	3年	5年
一般複合容器	なし	3年

## 酸素ポンベに関連する関係法規

医療用ガス（酸素、窒素、二酸化炭素、亜酸化窒素、酸化エチレン滅菌ガス、キセノン、一酸化窒素）に関連する法律は、主に「医薬品医療機器等法\*2」と「高圧ガス保安法」で定められている。ポンベに関することは、高圧ガス保安法に基づく「容器保安規則」で詳細に定められている。

ポンベ表面には刻印されており、ポンベ内容積や質量、容器検査年月日（耐圧試験）などが記されている（図3）。ポンベ内容積は刻印にて確認するが、実際に

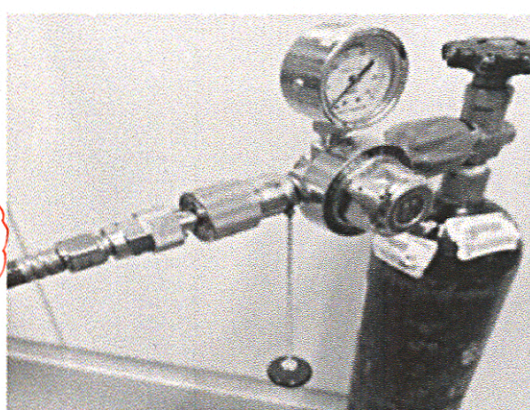


■図4 実際の刻印（ポンベ内容積）

は非常に見えにくいことが多い（図4）。また、高圧ガス保安法では、耐久性の観点から容器の再検査についても定められており（表2）、FRP複合容器は3年での再検査が義務づけられ、かつ刻印年



■図5  
ピン方式タイプの  
圧力調整器  
人工呼吸器レギュレータ



月から15年を経過したものは使用できないこととなっている。このように、ポンペだけでも複数の法律で定められており、安全性を担保しているのである。

### 酸素使用量の計算

酸素ポンペを使用する際は、まず残容量を把握する必要がある。残容量は以下の式で計算できる。

$$\text{ボンベ内の酸素残容量 (L)} = \text{内容積 (L)} \times \text{ゲージ圧力 (MPa)} \times 10$$

【例】内容積 3.4L、充填圧 14.7MPa の新品酸素ポンペの場合  
ボンベ内の酸素残容量  
= 3.4L × 14.7MPa × 10  
= 499.8L  
≒ 500L  
つまり、内容積 3.4L の新品酸素ポンペはガス充填容量 500L とわかる。

ボンベ内の酸素残容量を把握したあとは、使用する酸素デバイスの流量から使用可能時間を計算する必要がある。上記で求めた酸素残容量から使用酸素流量を除すれば使用可能時間が導き出される。

$$\text{使用可能時間} = \frac{\text{ボンベ内の酸素残容量 (L)}}{\text{酸素流量 (L/分)} \times \text{安全係数 0.8}}$$

■図6 かんたんO<sub>2</sub>タイガー  
(写真提供：新和工業株式会社)



【例】ボンベ内の酸素残容量 500L、鼻カニューレで酸素流量 2L/分の場合  
使用可能時間 = 500L ÷ 2L/分 × 0.8  
= 200 分

ここでの安全係数とは、ボンベ内の酸素残容量を 100% と考えたときに、その 80% までを使用するという意味である。これによりガス漏れなどの不測の事態が起こった際でも 20% の余力を残すことで安全な使用が可能となる。

### 機器別での使用 (IPPV・NPPV・HFNC)

酸素ポンペは、侵襲的陽圧換気 invasive positive pressure ventilation (IPPV) や非侵襲的陽圧換気 noninvasive positive pressure ventilation (NPPV)、高流量鼻カニューレ酸素療法 high flow nasal cannula oxygen (HFNC) を使用しながらの院内外搬送に不可欠である。また近年では、HFNC を装着したままのリハビリテーションが有用である可能性が報告されており<sup>4-7)</sup>、ますます活用場面が広がっている。

IPPV 場合、酸素-圧縮空気の配管を有する高圧配管タイプの人工呼吸器では、酸素配管をピン方式のボンベに接続すれば駆動可能であるが (図5)、圧縮空気の

供給がないため吸入気酸素濃度 (FiO<sub>2</sub>) は 1.0 となる。

プロウ内蔵タイプの人工呼吸器では、酸素供給は配管から、圧縮空気は大气から取り込んだ空気を機器本体で圧縮し供給するため、酸素配管を酸素ポンペに接続すれば任意の FiO<sub>2</sub> が供給できる。なお、酸素流量は以下の計算式で求められる。

$$\begin{aligned} \text{酸素流量 (L/分)} &= \text{全ガス流量 (L/分)} \times (1.27 \times \text{FiO}_2 - 0.27) \quad \text{--- ③} \\ \text{全ガス流量 (L/分)} &= \text{分時換気量 (L/分)} + \text{定常流 (L/分)} + \text{リーク量 (L/分)} \quad \text{--- ④} \end{aligned}$$

酸素流量を求めたあとに、計算式②を用いて使用可能時間を算出する。定常流は各種機器によって異なるため、確認が必要である。

### NPPV

NPPV も機器の駆動方式により IPPV と同様の考え方である。しかし、NPPV はリークを前提としているため、リーク量も全ガス流量に含めて計算する必要がある。

### HFNC

Airvo™ 2 (Fisher & Paykel 社) や Inspired フロー (Inspired Medical Japan 社) などの HFNC 専用機では、酸素流量計の

コマで酸素流量を設定するため、酸素濃度にかかわらず計算式②で対応可能である。ブレンダタイプである PMB-5000 (サニユーテクノロジー社) は、酸素-圧縮空気の配管を有するため、酸素配管のみでは移動時 FiO<sub>2</sub> は 1.0 となる。計算式③で酸素流量を計算し、計算式②で使用可能時間を算出する。

また、汎用人工呼吸器や NPPV 専用機で HFNC モードを使用する場合は、HFNC の設定流量 = 全ガス流量となる。酸素-圧縮空気の配管を有する高圧配管タイプの人工呼吸器では、移動時 FiO<sub>2</sub> は 1.0 となり、プロウ内蔵タイプの人工呼吸器は任意の FiO<sub>2</sub> を設定できる。そのため、計算式③で酸素流量を計算し、計算式②で使用可能時間を算出する。NPPV や HFNC では大量の酸素を使用するため、ボンベ内の酸素残容量にはより細心の注意を要する。必ず酸素ポンペ残圧を確認しながら使用することも重要であるが、医療ガス配管 (アウトレット) を使用できる環境であれば必ず医療ガス配管を使用することも重要である。

表3~5に各機器の代表的な設定における酸素消費量と使用可能目安時間をまとめた。NPPV や HFNC は IPPV と比較して使用量が多いことがわかる。

### 医療安全と安全対策

過去に日本医療機能評価機構より、酸素ポンペに関連したインシデントで複数の注意喚起がなされている<sup>8-12)</sup>。特に、通常使用している酸素ポンペは残圧アラームや未開栓アラームなどがなく、異常に気づきにくい。石川<sup>13)</sup>の報告では、酸素ポンペに関連するインシデントの多くが患者の移動に関連して発生した事例であったとしている。また、単一職種や個人の努力のみでは再発防止が容易ではないと結論づけられており、筆者も

■表3 IPPVにおける酸素消費量と使用可能目安時間の例

設定	IPPV	
	分時換気量: 5L/分, 定常流: 5L/分	分時換気量: 10L/分, 定常流: 5L/分
酸素濃度	50%	100%
酸素消費量	3.65L/分	15L/分
使用可能時間	約 110 分	約 27 分

使用可能時間は目安であり、患者状況や使用状況により異なる。すべて、ガス充填容量 500L のボンベ (満充填) の使用を想定し計算している。

■表4 NPPVにおける酸素消費量と使用可能目安時間の例

設定	IPPV	
	分時換気量: 5L/分, 定常流: 5L/分, マスクリーク: 20L/分, インテンショナルリーク*: 20L/分	分時換気量: 15L/分, 定常流: 5L/分, マスクリーク: 35L/分, インテンショナルリーク*: 20L/分
酸素濃度	50%	100%
酸素消費量	18L/分	75L/分
使用可能時間	約 22 分	約 5 分

使用可能時間は目安であり、患者状況や使用状況により異なる。すべて、ガス充填容量 500L のボンベ (満充填) の使用を想定し計算している。

\* マスクポートや呼吸ポートから常に排気されるリーク (意図的なリーク)。

■表5 HFNCにおける酸素消費量と使用可能目安時間の例

設定	IPPV	
	50L/分	60L/分
酸素濃度	50%	100%
酸素消費量	18L/分	60L/分
使用可能時間	約 22 分	約 7 分

使用可能時間は目安であり、患者状況や使用状況により異なる。すべて、ガス充填容量 500L のボンベ (満充填) の使用を想定し計算している。

同様の意見である。再発防止にはハード面での安全対策も不可欠である。現在では周辺機器や特殊な酸素ポンペも販売されており、いくつか紹介する。

### かんたんO<sub>2</sub>タイガー (図6)

かんたんO<sub>2</sub>タイガーは、残時間 10 分で LED が点滅し、5 分、1 分前にそれぞれアラート音の発生と LED の点滅で酸素残量低下を知らせてくれる機器である。ほかの機器はボンベ残圧を検知してアラームを発生させるのに対し、本機器

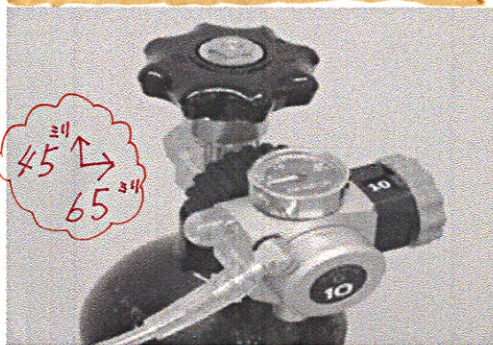
はボンベ残時間を計算してアラームを発生させる。使用方法はシンプルで、ボンベのゲージ圧力と流量を入力し開始することでカウントダウンされる。

### カルミア G (図7)

アラーム機能つき酸素流量計である。この機器は通常の酸素流量計に残圧アラーム機能が付随しており、残圧が 3MPa 以下になると警報が発生する仕組みとなっている。



■図7 カルミアG (写真提供: エア・ウォーター・メディカル株式会社)



■図8 酸素で〜るSV (写真提供: 日本エア・リキード合同会社)



■図9 Oyan smart (オヤンスマート) (写真提供: 日本エア・リキード合同会社)



### 酸素で〜るSV (図8) 色70%+ス20%

酸素ボンベと圧力調整器が一体となったポンペであり、圧力調整器の接続緩みやガス漏れを防止できる。一番の特徴は、流量設定を行うことでポンベの元栓が開く仕組みとなっており、開栓忘れを防止できる点である。また、接続口がピン方式とタケノコ型ホースコネクタの両方に対応しているため、通常の酸素療法および高圧配管での使用が可能である。

### Oyan smart (オヤンスマート) (図9)

酸素で〜るSVの機能に加え、酸素残量と使用可能時間のLED表示や残量低下アラート発生機能が付随したアラート機能つき一体型酸素ポンペである。

#### おわりに

酸素ポンベの安全な使用には、その特性や関係法規への理解、そして運用と安全対策が不可欠である。本稿で述べたポイントが、皆様の知識を深め、日々の臨床における一助となれば幸いである。

### 文献

1. 日本産業・医療ガス協会. 医療ガス部門資料.
2. グッドラン MR 添付文書.
3. Chaljub G, Kramer LA, Johnson RF 3rd, et al. Projectile cylinder accidents resulting from the presence of ferromagnetic nitrous oxide or oxygen tanks in the MR suite. AJR Am J Roentgenol 2001; 177: 27-30. PMID: 11418392
4. Tung LF, Shen SY, Shih HH, et al. Effect of high-flow nasal therapy during early pulmonary rehabilitation in patients with severe AECOPD: a randomized controlled study. Respir Res 2020; 21: 84. PMID: 32293463
5. Cirio S, Piran M, Vitacca M, et al. Effects of heated and humidified high flow gases during high-intensity constant-load exercise on severe COPD patients with ventilatory limitation. Respir Med 2016; 118: 128-32. PMID: 27578482
6. Badenes-Bonet D, Cejudo P, Rodó-Pin A, et al. Impact of high-flow oxygen therapy during exercise in idiopathic pulmonary fibrosis: a pilot crossover clinical trial. BMC Pulm Med 2021; 21: 355. PMID: 34749699
7. Candia C, Lombardi C, Merola C, et al. The role of high-flow nasal cannula oxygen therapy in exercise testing and pulmonary rehabilitation: a review of the current literature. J Clin Med 2023; 13: 232. PMID: 38202239
8. 日本医療機能評価機構. 医療事故情報収集等事業. 医療安全情報 No.10. 2007年9月. MR I 検査室への磁性体 (金属製品など) の持ち込み. < https://www.med-safe.jp/pdf/med-safe\_10.pdf > Accessed Sep.25, 2025.
9. 日本医療機能評価機構. 医療事故情報収集等事業. 医療安全情報 No.48. 2010年11月. 酸素残量の未確認. < https://www.med-safe.jp/pdf/med-safe\_48.pdf > Accessed Sep.25, 2025.
10. 日本医療機能評価機構. 医療事故情報収集等事業. 医療安全情報 No.94. 2014年9月. MR I 検査室への磁性体 (金属製品など) の持ち込み (第2報). < https://www.med-safe.jp/pdf/med-safe\_94.pdf > Accessed Sep.25, 2025.
11. 日本医療機能評価機構. 医療事故情報収集等事業. 医療安全情報 No.146. 2019年1月. 酸素残量の確認不足 (第2報). < https://www.med-safe.jp/pdf/med-safe\_146.pdf > Accessed Sep.25, 2025.
12. 日本医療機能評価機構. 医療事故情報収集等事業. 医療安全情報 No.168. 2020年11月. 酸素ポンベの開栓の未確認. < https://www.med-safe.jp/pdf/med-safe\_168.pdf > Accessed Sep.25, 2025.
13. 石川雅彦, 齊藤奈緒美. 医療ガスに関わるインシデント・アクシデント事例からみる再発防止の検討. 医療機器学 2014; 84: 354-60.