

バケツ理論とは

身体の「供給・蓄え・消耗」を、バケツの水で理解する



バケツの水

ATP・免疫・修復に使える
身体の機能的な余力

蛇口から入る水

栄養・酸素・休養による
エネルギー産生と回復

バケツの穴

炎症・病気・ストレス・老化
睡眠不足による消耗

水位 = 「身体が使える余力」のイメージ

穴から漏れる量を、蛇口から入る量が上回ると、水位は上がります

重要

バケツ理論は「供給・消耗・継続時間」の関係を、一目で理解するための説明図です。



漏れる量と入る量の3状態

「足りない・同じ・上回る」で、回復へ振り向けられる余力が変わる



① 供給不足

消耗指数：100
供給指数：60
差し引き -40
回復へ回す余力が減る

② 収支均衡

消耗指数：100
供給指数：100
差し引き 0
現状維持に使われる

③ 供給超過

消耗指数：100
供給指数：150
差し引き +50
回復へ回す余力が生まれる

$$\text{回復の余力} = \text{供給量} - \text{消耗量}$$

大容量吸入が必要になる理由

酸化負荷・炎症・ストレスが大きい状態では、少量・短時間の供給は消耗に相殺されます。
大きな供給量を長時間維持し、「供給が消耗を上回る時間」を作ることが重要です。



大容量が吸入を安定させる

呼吸のピーク・周囲空気の希釈・装着時の漏れを、十分な供給余力で補う



① 機器の発生量

水素・酸素出口での流量

単位：mL/分、L/分

性能比較の出発点

② 実効吸入濃度

鼻・口の入口で実際に吸う濃度

呼吸量・装着・周囲空気で変化

高流量は希釈を補う余力になる

③ 体内への取り込み

肺胞で血液へ拡散

循環により全身へ移動

水素は呼気から速やかに排出

実効吸入濃度

×

吸入時間

=

総曝露量

機器流量は「供給能力」、実効吸入濃度は「身体が受け取る入口の濃度」です

大容量の3つの優位性

- ① 吸気ピーク時も途切れにくい ② 周囲空気による希釈・漏れを補える
- ③ 呼気で排出される水素を連続補給し、実効吸入濃度と総曝露量を維持できる



大容量吸入は「流量 × 時間」

速やかに全身へ拡散し呼吸へ抜ける水素は、供給量と継続時間が重要



機器から供給される水素量の理論比較

低流量・1時間

300 mL/分 × 60分
= 18 L
基準：1倍

大流量・1時間

4,800 mL/分 × 60分
= 288 L
低流量例の16倍

大流量・8時間

4,800 mL/分 × 480分
= 2,304 L
長時間で総量を確保

機器出口の供給量を比較。実効吸入量は鼻・口での濃度と呼吸条件で評価します。

16倍の供給能力が生む差

高流量は呼吸のたびにガスを補給し、吸気ピークでも供給を途切れにくくします。
大容量×長時間により、水素が体内に存在する時間と総曝露量を大きくできます。



水素・酸素・ATPの統合機序

酸素はエネルギー産生、水素は酸化還元環境の調節という異なる役割



酸素 O₂

複合体IVの最終電子受容体
H⁺勾配・膜電位を形成
ATP合成酵素がATPを産生

水素 H₂

生体膜を速やかに拡散
ROS・Nrf2・NF-κB等へ作用
炎症・酸化還元環境を調節

大容量・長時間

呼吸排出を連続供給で補う
吸気ごとの実効濃度を維持
全身への総曝露量を積み上げる

大容量吸入による統合効果

酸素はATP産生を成立させ、水素は酸化負荷・炎症・ミトコンドリア環境を調節します。
大容量・長時間で両者を連続供給することで、エネルギー産生と細胞環境を同時に支え、
ATP・免疫・修復へ振り向けられる身体の余力を確保します。

参考：Nolfi-Donagan et al., PMID 32811789／Sano et al., PMID 33029275／Tamura et al., PMID 33041520



大容量を安全に成立させる条件

「供給量」と「安全制御」を必ずセットで説明する



① 非爆発限界濃度での吸入

機器発生ガス：水素純度99.99%以上
 空気中の水素可燃域：約4～75 vol%
 室内換気・火気厳禁
 非爆発限界濃度で吸入

② 酸素は適量が前提

酸素は多ければ良いとは限らない
 高酸素曝露は酸化障害の原因
 COPD等は医師へ使用条件を確認

③ 機器・装着の安全

圧力・温度・水位等の監視
 チューブ折れ・抜け・圧迫を防ぐ
 就寝中も異常時停止を担保

大容量 = 高流量だけではない

大容量吸入を成立させる5条件

①十分な発生流量 ②実効吸入濃度 ③長い吸入時間 ④安定した装着 ⑤安全制御

5条件がそろふことで、吸気ピークから長時間吸入まで供給を安定させます。

大容量の価値は「高流量」ではなく、「大きな総供給量を安全に継続できること」です。

研修用参考文献

- LeBaron TW, et al. Inspired hydrogen fraction and flow requirements. PMID 42050516
- Ono H, et al. Blood H₂ during and after inhalation. PMID 22916706
- Sano M, et al. Low-flow nasal cannula hydrogen therapy. PMID 33029275
- Cole AR, et al. Prolonged 2.4% hydrogen inhalation safety. PMID 34651133
- NCBI Bookshelf. Oxygen Toxicity. NBK430743

研修の結論：大容量＝供給余力 × 実効吸入濃度 × 時間 × 安全制御

