

●講 座●

呼吸管理のデバイス 吸入酸素療法 [2 回連載] ①流量発生装置を中心に

尾崎孝平¹⁾・金澤成紀²⁾

キーワード：酸素流量計，酸素ボンベ，酸素濃縮器，液化酸素装置，呼吸同調器，災害対応

I. はじめに

酸素療法は呼吸管理に不可欠なものであるが、あまりにも当たり前使用前に使用されるために目的や安全性が十分に考慮されているとは言えない状況が散見される。今回は酸素流量の発生装置を中心に言及する。患者インターフェイスについては看護スタッフからの報告も多いが、酸素が供給される大元についての知見は非常に乏しく、「水道の蛇口を捻ると水が出る」と同様に酸素供給を過信している側面がある。

本講座は2回連載とし、患者インターフェイスに採用されるデバイスについては次号に掲載予定とする。一般的なテキストでは触れられない部分まで言及したい。

II. 酸素使用の基本：供給源

酸素の使用は高圧ガス保安法など多くの法令で規制されているが、実際には在宅医療も含め医療ガス関連の事故が散見される。厚生労働省はこの状況を鑑みて医政発 0906 第3号（平成29年9月6日）、通称「96（きゅうろく）通知」を通知し、酸素をはじめとする高圧ガスをより安全に使用するための方策を示している。今までにない詳細な指導で、医療機関は通知内容を確認し、一定の対応を準備しておくべきある。

酸素に関するトラブルを回避するために、医療ガス

安全管理委員会は医療ガス中央配管ルートの走行や警報がどこで確認できるかなどをスタッフに教育指導することが求められている。たとえば、自施設に使用可能な酸素がどの程度備蓄されているのかは、災害対応では不可欠の知識である。デバイスに関する内容とは異なるので詳細は述べないが、高流量高濃度の酸素使用に関して2つの危険事象を紹介する。

まずは非侵襲的陽圧換気（noninvasive positive pressure ventilation：NPPV）や HFNC（high flow nasal cannula）の急速な普及に関する注意である。これらのデバイスでは高濃度の酸素が高流量で使用されるために、旧来の予測使用量以上に酸素が消費される事態が発生している。特に冬季のインフルエンザ流行地域の医療機関では、通常間隔で定期的に液化酸素を補充しているにもかかわらず、主酸素貯槽（CE：cold evaporator）の液面警報（定格容量の30%以下で発令）が発せられる事件が起き、酸素の供給途絶に陥るリスクが報告されている。NPPV や HFNC を新規購入し、使用台数が増えた施設では酸素消費量が急増している可能性があるので注意されたい（**症例参照**）¹⁾。

次に、換気が不十分な病室において高濃度高流量で HFNC を使用すると、患者周囲の大気に部分的な酸素濃度の上昇が認められることが判明しており²⁾、患者の火傷や火災を防止するために HFNC 使用に際しては火気厳禁を徹底し、換気に留意する。

1) 神戸百年記念病院 麻酔集中治療部

2) 大和高田市立病院 呼吸器内科

症例 突然に CE タンクの液面警報が発令した施設からの報告¹⁾

定格容量 3,500L の液化酸素 CE タンクを有する当院では、10 日間隔で液化酸素を補充し、何ら問題を認めていなかった。ところが、突然に前回充填から 9 日目に液面警報（当院は 1,100L 以下）が発令した。直ちに原因が調査されたが、配管破損など漏れはなく、過剰な酸素使用による警報発令であったことが判明した。実際に 10 日目の充填直前の液面は 970L で、1 回の充填では満充填でさえ連日の充填を余儀なくされた。

当時は冬季でインフルエンザが流行し、院内には肺炎の入院患者が急増していた。人工呼吸器は IPPV 4 台、NPPV 3 台（必要に応じて追加で 2 台レンタル）に加え、HFNC 1 台がフル稼働し、また IPPV 4 台は抜管後の HFNC が可能な機種であった。このため液化酸素の消費量は、平均 130L/日であったものが 230～250L/日（最大 300L/日超）に急増していた。液化酸素 1L は約 800L の酸素ガスに相当するので平均で 1 日に約 20 万 L の酸素ガスを消費していたことになる。これは病院全体として純酸素が常時 130L/分程度の流量で使用されていたことを意味するが、この数字は使用台数に対しては極端に多いという量ではない。

NPPV や HFNC の機会が急増した施設では、同様の事象が発生する危険性が高いと推測され、液化酸素残量と酸素消費量を厳重に監視すべきである。当院では、改善策として 7 日間隔の CE タンク充填に変更し、さらに病院全体の酸素使用量を施設管理課から臨床工学科にメールで毎日報告する体制を敷いた。

注意すべき点として、CE タンク内の液化酸素の容量が減少しすぎると、次回充填時に CE タンクが満充填にならない場合*があり、充填直後の液面が徐々に低下していき警報発令が起きやすくなる（※特に圧勾配の充填方式を採用する施設）。

また CE は定格容量の 2/3 で 10 日分が賄え、液面警報は定格容量の 30% と規制されるので、警報が発令しても通常であれば 4 日程度は酸素使用が可能なのはであるが、消費量が多いと警報から枯渇までの時間は早まることになる。

特に容量が十分でない高圧ガス酸素ポンペのマニホールド方式を採用している施設では、警報から枯渇・停止までの時間が非常に短くなるために、NPPV・HFNC の採用や増数に際しては十分に注意を払うべきである。

（東大和病院 臨床工学科 梶原吉春）



図 1 圧力調整器：外付タイプ（左）、一体型（中）、ハイブリッド型（右）

Ⅲ. 医療機関における酸素供給

病棟・病室の酸素供給源は、中央配管と酸素ボンベである。その配管圧とボンベ充填圧は高圧ガス保安法で次のように規定されている。

- 中央配管の酸素アウトレット：
 - 供給圧：350～450kPa（キロパスカル：約 4 気圧）
 - ※圧縮空気や笑気などの他の配管圧より 30～50 kPa 高い圧に設定
- 酸素ボンベ（高圧ガスボンベ）：
 - 通常の鋼鉄製の酸素ボンベ
 - 出荷時（新品）の封入圧：14.7MPa（メガパスカル：約 150 気圧）

酸素ボンベは非常に高い圧で充填されているために、

臨床で使用する際には必ず中央配管の供給圧と同等の圧に減圧してからでないと使用できない。このために酸素ボンベを使用するには減圧弁もしくは圧力調整器の使用が不可欠となる。これらには外付けタイプのものと、ボンベ一体型のタイプ（フロージェントルプラストリオなど）、ハイブリッドタイプ（酸素でー® SV など）がある（図 1）。ハイブリッド型の酸素でー® SV は一体型のボンベにアウトレットが付いたアルミ製ボンベである。

通常のネジ式の口金を有する鋼鉄製ボンベはバルブを開栓すると、約 150 気圧の酸素ガスが噴出するが、ボンベ一体型ではボンベ出口に減圧機構が設けられ、流量計やアウトレットには中央配管圧と同じ 0.4MPa（約 4 気圧）の圧しかかからない安全対策が設定され

る。

酸素ポンペの内圧は使用すると減少する。また、中央配管の酸素供給圧も施設や地域・国によって若干の差異がある。このような供給圧の変化に対応して常に正確な酸素流量を維持するためには流量計の精度が非常に重要になるが、それ以上に使用者がその機構を理解して正しく使用することが重要である。

たとえば、ダイヤル式酸素流量計では流量精度が重要になるが、使用を間違えると設定した通りの流量が流れていないことが分からないまま誤った使用を続けることになる。フロート式酸素流量計を使用している場合には、医療者が最終的に目視で流量調節するので正確な流量が確保されるかという点、一概にそうは言えない。タイプを間違えたり、過剰な流量抵抗が発生したりしていると、目盛は正しく設定されていても正しい流量は流れない。

Ⅳ. 酸素流量計

酸素流量計は4つの種類に分類できる(図2)。一般的には②フロート式恒圧型と③ダイヤル式低圧型が多く流通し、①フロート式大気圧型と④ダイヤル式高圧型はほとんど目にすることがないのが現実である。

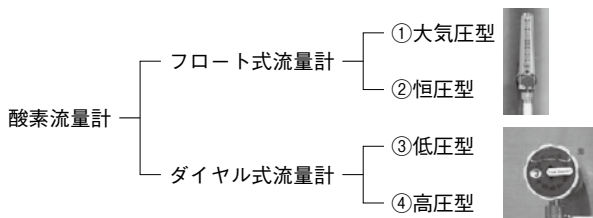


図2 酸素流量計式の種類 (分類)

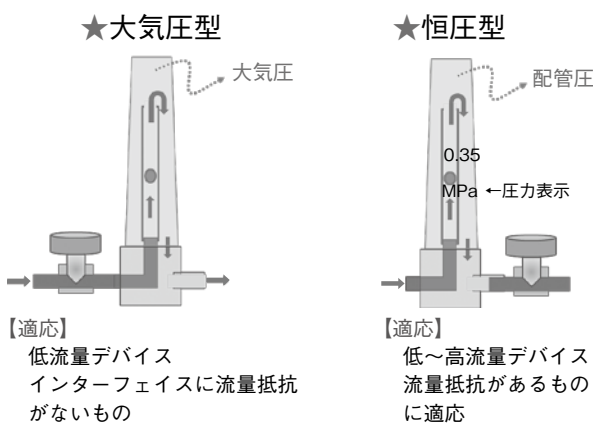


図3 フロート式酸素流量計 (Copyright : Ozakiseminar)

1. フロート式酸素流量計

大気圧型と恒圧型がある。模式図(図3)で示すと、流量設定ダイヤルがフロート(浮子)の手前にあるものが大気圧型で、フロートの後(患者側)にあるものが恒圧型である。つまり使用時のフロートケース内部の圧の違いが名称の違いになっている。

約20年前まではフロート式酸素流量計のほとんどが大気圧型で恒圧型は国内では1社が供給しているだけであった。しかし現在は逆にほとんどが恒圧型となり、新たに大気圧型が購入されることがほとんどない状況になっている。非常に基本的なことであるが、球体のフロートは中央部分の位置が目盛を読む位置であり、野球のホームベース型のフロートは上部の平坦部分で目盛を読む。

フロート式の特徴は、抵抗によって流量が制限されるとフロートが示す流量も減少し、そのことを視認できる点である。もしフロート目盛に流量の減少があれば目的とする流量に調整できると考えがちであるが、この対応は正しくない。末梢側に抵抗のない適切なデバイスに変更することが正しい対応になる。

たとえばフロートが5L/分を指していた時に、末端に抵抗が付加されると流量計内部の圧力は付加された抵抗によって高くなり、これによってフロート内のガス密度が大きくなりフロートは下方に下がる。つまり、見かけ上流量が少なくなったように表示されるが、実際に流れている大気圧換算された流量はほぼ変わらない(大きすぎる抵抗でない限り)。したがって、「正しい流量が表示されない」ために、大気圧型の場合には鼻カニューラやマスク以外の抵抗のあるデバイスに使用することをメーカーは認めていない。

一方、恒圧型は、低流量タイプのデバイスから、流量抵抗が存在するベンチュリーマスクなどの高流量デバイスまで幅広く適応がある。このために大気圧型が販売されなくなり、恒圧型が主流になったものと思われる。

ただし、恒圧型においても末梢側に配管圧を超える圧力抵抗が存在すると同様にフロートが下がる現象が起こる。このために恒圧型のフロートケースには流量が正確に示すことができる圧力が必ず表記される(0.35 MPa、0.34 bar、50 psi など)。この表示圧力はフロートケースの耐圧上限を示すものではない。たとえば、フロートケースに0.35 MPa 印字された流量計を0.4～0.45

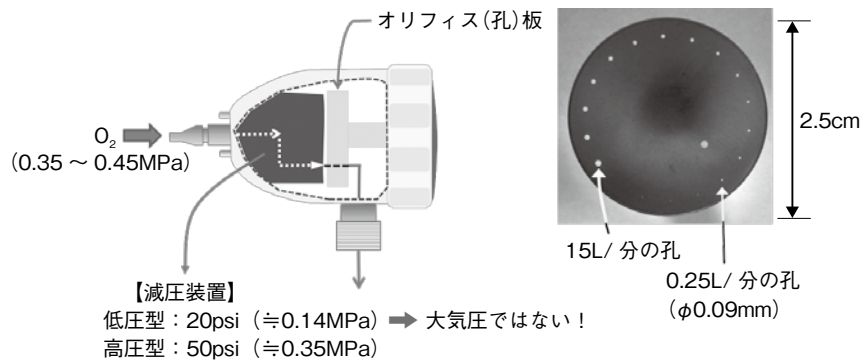


図4 ダイアル式酸素流量計 (Copyright : Ozakiseminar)



図5 低圧型ダイアル式酸素流量計

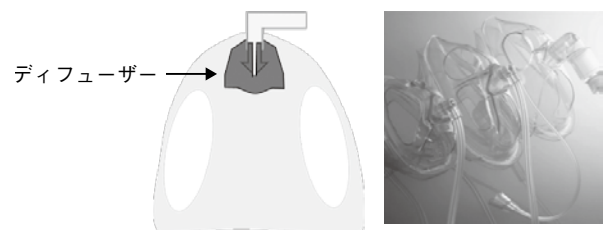


図6 ディフューザー付開放型マスク

MPaの配管圧のアウトレットに接続しても、フロートケースが破裂するようなことは起こらない。

大気圧型と恒圧型の見分け方として、フロートケースの圧力表記の有無以外にアウトレット接続時のフロートの動きを見る方法がある。恒圧型では流量ダイヤルを完全に閉栓した状態でも、アウトレットに接続するとフロートケース内の圧が上昇する際に、流量計側にガスが少量流れ、フロートが一過性に跳ね上がる現象を視認することができる。

2. ダイアル式酸素流量計

ダイヤル式流量計は、細孔（オリフィス）が円周状に配置されるオリフィス板で流量を制御する（図4）。ただし、配管圧は施設ごとに若干異なるほか、ボンベ内圧は使用によって減少し、ダイヤル式流量計に流入するガス圧は一定でない。

このためにダイヤル式流量計では、まず一定の圧に正確に減圧してからオリフィス板（孔）で流量制御する。その際に減圧する圧が、低いものが「低圧型」で20psi（≒0.14MPa）、高いものが「高圧型」50psi（≒0.35MPa）である（図4）。したがってダイヤル式には大気圧型も恒圧型も存在せず、低圧型と高圧型になる。

1) 低圧型ダイアル式酸素流量計

低圧型は1.5気圧足らずの圧で流量調節されるために、患者側に流量抵抗が存在するようなデバイス、たとえば高流量ネブライザーマスクなどを使用する際には、ダイヤル表示された数字の流量が維持されていない場合があり、注意が必要で、流量計に注意喚起が記されるものが多い（図5）。

患者側に抵抗が生じる酸素吸入デバイスには、高流量ネブライザーマスク以外にディフューザー付の開放型マスク（図6 オキシマスク® など）も流量抵抗が発生し、ダイヤルで設定された流量が流れていないことが判明している³⁾。

2) 高圧型ダイアル式酸素流量計

一方、高圧型でも抵抗が大きくなると流量制限は起こるが、通常使用ではその閾値は高い。しかし、チューブ狭窄などによって高い抵抗が発生すれば流量制限が発生する。

ところが現実的な問題点として、高圧型のダイヤル式流量計はあまり流通していない。その主な理由は製造技術が難しく、ラインアップが少ない点である。高圧の酸素を細孔（オリフィス）で正確に流量制御するには高度な技術と精度管理が必要とされるためである。たとえば高圧型で0.25L/分の流量を作るオリフィス孔



低流量（低圧型）

高流量（高圧型）

図7 ダイヤル式酸素流量計：低流量・高流量

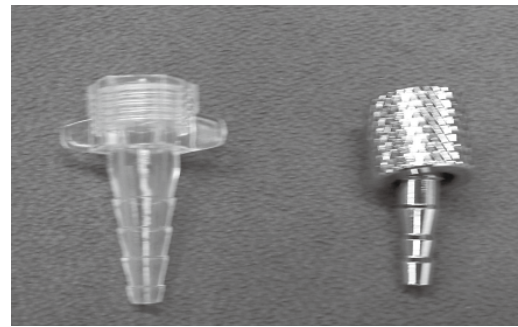


図8 チューブ継手

の直径は僅か 0.09mm である（図4右）。このため、低流量用高圧型ダイヤル式酸素流量計のラインアップは限られる結果になっている

3) ダイヤル式高流量型酸素流量計（高圧型）

心肺蘇生などの緊急時にリザーバー付の蘇生バッグで換気しながら 100%酸素投与するには、十分な酸素流量がなければリザーバーの膨らみを確保できず 100%酸素濃度の換気は不可能になる。ところが、通常のダイヤル式酸素流量計（図7左）の最大流量設定 10L/分では、一回換気量が大きい場合や換気回数が多い場合にはリザーバーの膨らみを確保できない。これに対して、最大流量が 35L/分の大流量を発生させることが可能なダイヤル式酸素流量計（高圧型）（図7右）が市販されているが、ほとんど流通していない。

そこで、高流量のダイヤル式酸素流量計がない場合、心肺蘇生や緊急時に蘇生バッグ換気が必要な時にはフロート式恒圧型の酸素流量計の使用が推奨される。フロート式恒圧型の酸素流量計の流量目盛は 15L/分が上限であっても、ダイヤルを回して開放し続ければ、通常最大で 50～60L/分の流量を確保できる。

V. チューブ継手・加湿瓶

酸素流量計から吸入酸素療法のためのデバイスやベンチリーマスクに酸素を送るには2つの方法がある。

- ①酸素流量計に直接チューブ継手を装着し、コネクティングチューブを接続する。
- ②酸素流量計に加湿瓶を装着して、加湿瓶にコネクティングチューブを接続する。

1. チューブ継手

チューブ継手の呼称はさまざまで、クリスマスアダプター、チューブ挿し、タケノコアダプター、コネク

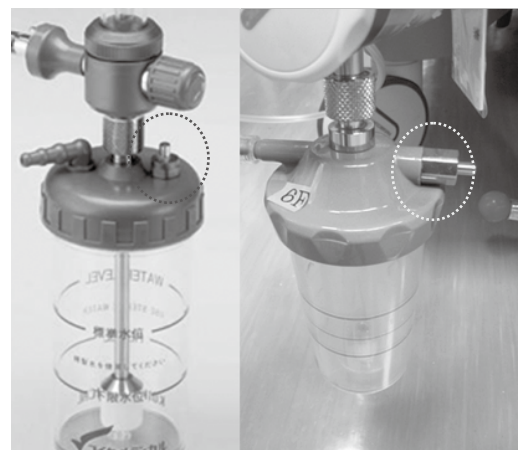


図9 加湿瓶

○：リリースバルブ（安全弁）

ターナットなどの名称で呼ばれ、素材も樹脂製と金属製がある（図8）。チューブ継手は、フロート式にもダイヤル式にも装着可能である（ISO規格）。

2. 加湿瓶（図9）

気泡型加湿装置である加湿瓶は、チューブ継手と接続形状が同じ規格でフロート式にもダイヤル式にも装着可能である。多くの種類が市販されるが、大別してリリースバルブ（安全弁・減圧弁）が付くものとなないタイプがある。

リリースバルブは別称ホイッスル（警笛）とも呼ばれ、加湿瓶の内圧が上昇するとリリースバルブから酸素を排出して過剰圧を回避するとともに、ホイッスルで患者への酸素供給が滞っていることを知らせる。4～5Lの酸素流量設定で加湿瓶の出口を閉鎖すると数秒以内にホイッスルが鳴動することで機能確認できる。

注意すべき点は、ホイッスル機能は一定の漏れ流量に達するまで警報が発せられない点である。たとえば、

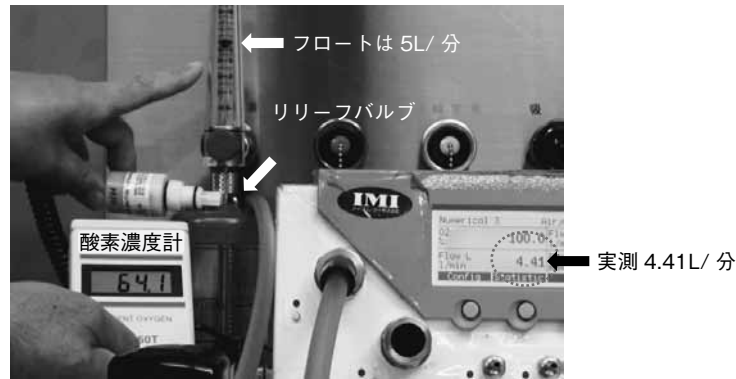


図 10 リリースバルブからの漏れの確認

フロート式酸素流量計で5L/分の流量設定にしても、抵抗が高いデバイスを使用するとホイッスルが鳴動しないまま1L/分がリリースバルブから漏れ、患者には4L/分しか届いていないという状況が発生し、使用者は正確な流量が患者側に流れていると誤認してしまう。

加湿瓶のほとんどが、大気圧型の流量計に接続して使用することを前提に製品化されている。したがって、ベンチュリーマスクや持続気道陽圧（continuous positive airway pressure：CPAP）回路などの回路に加湿装置としてホイッスル付加湿瓶を組み入れる際は注意すべきである。リリース圧は配管圧の1/10（0.04MPa）程度に設定されるが、流量が少ない場合は流量が多い場合に比較してホイッスルの鳴り始めが若干遅くなる。このようなホイッスルの鳴動を伴わない漏れの有無を確認するには、酸素濃度計をホイッスル部分に近づけて酸素濃度上昇の有無をみることで簡単に診断できる（図10）。

しかしながら、臨床的に最も問題になる漏れはリリースバルブからの漏れではない。正確な発生率は不明であるが、筆者が経験的に最も多発していると考える漏れは以下である。

①流量計と加湿瓶の接続（流量計コネクター）部分が緩んでいる場合

②加湿瓶のパッキンが劣化・断裂している場合

特に①はボンベラックがベッド下にある場合に多発している（図9右）。ベッドの下でダイヤル式の流量設定をしようとする時に加湿瓶をもってポンペを回転させることが多いために、コネクターが緩んで漏れが発生するトラブルが多い。また、②のトラブルも決して少なくないので、使用前には緩みや漏れを確認するこ

とを習慣づけるようにする。

VI. 在宅酸素療法（HOT）における酸素供給

在宅酸素療法（home oxygen therapy：HOT）を受ける患者は約16万人といわれ、約70%が呼吸器疾患であるが、平成16年度の診療報酬改定において慢性心不全がHOTの適応となり、循環器分野での適応が拡大されると言われる。

HOTにおける酸素供給源には、3つの種類がある。

①酸素濃縮装置

②高圧酸素ボンベ（在宅用）

③液化酸素装置

酸素濃縮器は電源を必要とするために主に在宅に設置して使用される。近年ではより小型軽量の携帯用酸素濃縮器が複数のメーカーから供給されているが、多くの機種で流量の制限やバッテリー駆動時間、重量など実用面において課題がある。

これに対して酸素ボンベは小型軽量化され、さまざまな容量が準備され、外出などの移動時に適する。酸素濃縮器の停電時のバックアップとしても常備される。

液化酸素装置はLGC（liquid gas container）から気化した酸素を供給する方式で、常に100%酸素が十分な流量で吸入可能である。電源を必要とせず、停電時にも使用できる。外出時にはLGCからポータブル器に液化酸素を充填し、移動時の酸素供給にも対応できる（後述）。

1. 酸素濃縮器

酸素濃縮器の原理に以下の2通りがあるが、HOTではほぼ前者が占める。



図 11 HOT 用高圧酸素ポンプ

FRP 複合容器 (左)、ヨーク弁方式のガス取出口 (中)、HOT 用一体型ポンプ (右)

1) 吸着式 (PSA : Pressure Swing Adsorption)

窒素を吸着する特殊なゼオライトをシリンドーに入れ、加圧と減圧を繰り返すことで空気から酸素と窒素を分離する。市販される機種では 87 ~ 95% の酸素濃縮が可能で、吐出量は 0.25 ~ 7L/分が一般的で、小型軽量化が進み、価格も 10 万円を割る廉価なものが主流になっている。機器の基本性能としては、流量、サイズ、本体重量の他に、自室で 24 時間使用されることが多いために稼働時の音や振動など重視される。また寒冷地では低温時の濃度低下など動作の安定性も問われる。ゼオライトは吸湿剤としての機能をもつために、吐出側に加湿瓶を取り付けて吸入酸素を加湿することが一般的である。

2) 酸素富化膜式

窒素より酸素が多く透過する酸素富化膜を使用して酸素と窒素を分離する方式で、酸素の濃縮性能は低く 28% から 40% 程度である。HOT が始まった初期には採用されていたが、近年の HOT では吸着式の酸素濃縮器が使用されている。現在、本方式は主に家庭用健康機器などに採用されている。

2. 高圧酸素ポンプ (在宅用)

院内使用される重いマンガン鋼の酸素ポンプは HOT には適さない。携帯して移動しやすい軽量のアルミ製ポンプや FRP (Fiber-Reinforced Plastics : 繊維強化プラスチック) 複合容器が多用される。マンガン鋼容器に比較して、アルミ製ポンプは約半分の重量、FRP 複合容器は約 1/4 の重量で同じ酸素ガス量を供給できる (図 11 左)。

FRP 複合ポンプは、継ぎ目のないアルミニウム製ライナーに FRP を全面に多層巻きつけた容器で、軽量

性と同時に安全性、耐久性も兼ね備える。近年、ガラス繊維からエポキシ樹脂を含浸させた高強度カーボン FRP が使用され、ガラス繊維 FRP 製よりも約 20% 軽量化されたものが主流となっている。FRP 複合容器はこれらの進化によって充填圧が 19.6MPa に引き上げられ (通常容器 14.7MPa)、同じ容器サイズで酸素供給の時間は約 30% 延長した。

HOT 用の高圧酸素ポンプのガス取出口はネジ式ではなく、ヨーク弁方式が採用される (図 11 中)。また、一体型ポンプ (流量計とカニューレ接続部分が脱着式のものもある) も市販され、在宅患者が使用しやすい工夫が施されたものが多い (図 11 右)。ただし、FRP 複合容器は高価であること、15 年で廃棄処分することが義務付けられているなどコスト面での課題が指摘される。

3. 液化酸素装置

通常の LGC と異なり、在宅用 LGC (HOT ではリザーバーとも呼ばれる) では本体上部に流量計と酸素取出口のほかにポータブル容器 (液体酸素小容器) への充填口がある (図 12 左)。ガス容量は在宅用 LGC では約 3 万 L (通常 LGC より少ない)、ポータブル容器では 300L 余で呼吸同調機能が付き、携帯して移動や作業が可能である (図 12 中・右)。電源を必要としないが、使用しなくても一定の自然蒸発量 (0.68kg/日) があり、定期的な液化酸素の補充が必要である。採用するにあたっての問題点として、在宅用 LGC は通常の LGC よりも小さいが、それでも重量は 60 ~ 70kg で 1m² 程度の占有面積が必要であること、一定間隔で補充するために業者が自宅に入る必要があることなどが挙げられる。

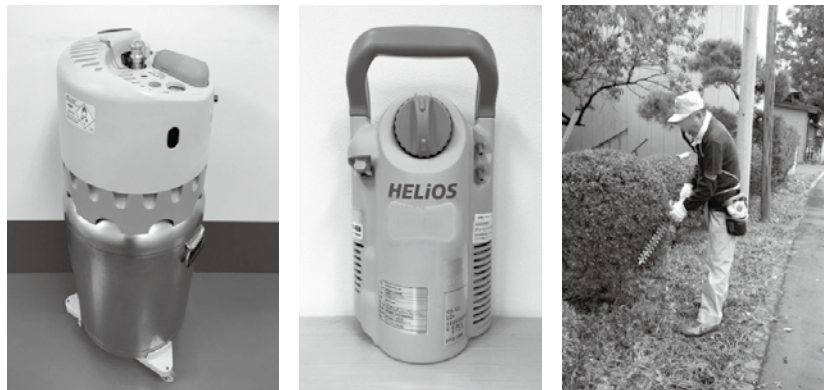


図 12 HOT 用 LGC とポータブル容器
HOT 用 LGC (リザーバー) (左)、ポータブル容器 (中)、ポータブル容器使用中 (右)

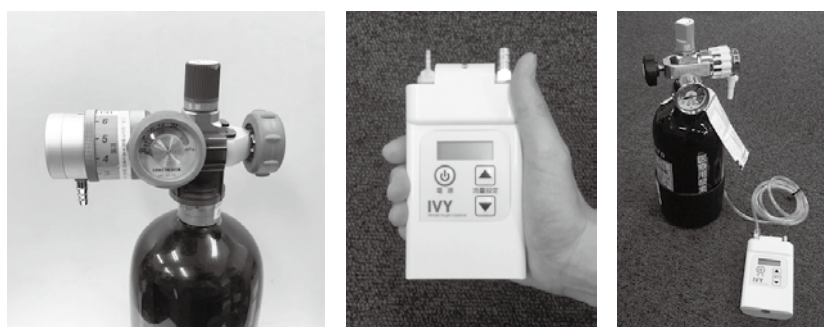


図 13 酸素同調器

4. 呼吸同調器

吸気に同調して吸気時のみに酸素が流れることで、酸素の使用時間を 3～5 倍に延長させる装置で、酸素節約装置とも呼ばれる。

吸気に同調する同調モードには電動式と空圧式がある。電動式は電池で稼働し、吸気時と呼気時の微細な圧変化を回路内の薄膜の荷電変化で捉え、その信号をマイクロコントローラへと送り、吸気時にのみバルブを一定時間開放させる。

空圧式では、吸気時の微細な圧変化で内部のダイヤフラムを動作させることにより、酸素を放出する。

通常、連続モードも併載され、呼吸に関係なく連続的に酸素を供給することも可能である。

同調器の目的は使用時間の延長であるので、移動時などに使われる携帯型の HOT デバイスに採用される。液体酸素のポータブル容器や小型 FRP 複合容器には内蔵されているものが市販されている。ポータブル酸素濃縮器にも呼吸同調器が内蔵されるが、不足する流量を補うことが同調の目的で他機種とは異なる。

同調器は設置される場所に関して 2 つのタイプがあ

る。1 つは酸素ボンベや液化酸素ポータブル容器の圧力調整器に組み込まれる圧力調整器一体型 (図 13 左)、もう 1 つはカニュラ回路の途中に挟んで使用する単独型 (図 13 中・右) がある。ともに電動式と空圧式がある。

呼吸同調器は一般的に回路が長いと感度が悪くなるため患者までの距離に制限がある。酸素のラインを長くすると患者の移動範囲が制限されるほか、警報が患者から遠くなる欠点が指摘される。

一方、単独型はカニュラ回路の途中に挟んで使用するために、多くはポケットに入るサイズで携帯可能な小型軽量の機種である (図 13 中)。このタイプはボンベなどの発生装置とは別に同調器を身体に付帯させなければならないが、胸ポケットにも入る大きさで軽量であるために患者には大きな負担にはならない。むしろ単独型は患者に近い部分に置くことができるために感度がよくなり、警報にバイブレーション機能が付くものもあり、難聴高齢者が認知しやすいという特徴を有する。単独型はいずれも電池で作動する。

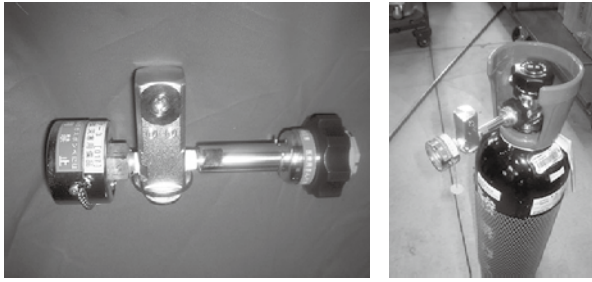


図 14 ネジ式口金ポンペ用のヨーク弁変換アダプター

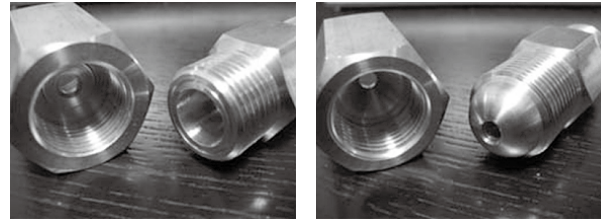
• 同調機能

同調器には、感度調節が可能なものも多く、適切に吸気はトリガーできる感度に設定する。感度をよくし過ぎると、歩行時などの体動時にカニュラの揺れなどで、オートトリガーされることがある。

その他にも多くの機能が設定されている。機種により異なるが、呼吸数に併せて酸素流量を自動で変化させる機能を有するもの、I:E 比（吸気相呼気相時間比）を変更できるものなどがある。

労作時には同調モードが適するといわれるが、患者の吸気量や呼吸パターンで一概に連続モードよりも酸素化がよくなるとは言えない。逆に、呼吸数の少なく休止期の長い患者では連続モードのほうが、上気道の解剖学的死腔がリザーバーの役割を果たし、酸素濃度が高くなる⁴⁾。また、重症 COPD（chronic obstructive pulmonary disease：慢性閉塞性肺疾患）患者では吸気運動と実際に吸気にズレがあり、吸気流量も少ないために、感度を鋭敏にしてもトリガーされにくい場合もある。

一方で機器自体にも大きな問題がある。一般的には頻呼吸では同調性が悪くなりやすい傾向があると言われるが、機種によって同調性能に大きな差があることはあまり知られていない。そこで筆者らは国内で 사용되는主要機種がどの程度の陰圧で吸気トリガーされるかを検討（予備的調査）した。その結果、普及する一般的な機種群では $-20\text{Pa} \sim -45\text{Pa}$ の陰圧が必要であったのに対し、最も感度のよい機種では -10Pa 以下で吸気トリガーでき、感度に大きな開きがあり患者自身が違いを認識できていた。さらに、流量制御も、吸気感知したら一定時間だけ設定流量が流れる単純なものから、アルゴリズムに準じて流量が変化するものまでさまざまである。今後、機器の動作についてより詳細な検討が必要と考える。



関西：「メスネジ」

関東：「オスネジ」

図 15 ネジ式口金—関西と関東の違い



図 16 LGC を使用した HOT 用酸素ステーション

VII. 災害時の HOT 用酸素

災害時に停電になると酸素濃縮器は使用できなくなる。HOT に電気を必要としない LGC を採用していなければ停電時には酸素ポンプが必要になる。実際に災害時には酸素ポンプが必要な支援物資の 1 つとして認識されている。しかし、支援されるポンプの多くは院内で使用される口金がネジ式のポンプであることが多い。HOT で一体型ポンプが採用されている場合には、ポンプ以外に圧力調整器を準備する必要がある。また、ヨーク弁タイプの酸素ポンプ（図 11 中）が使用されている場合も、そのままでは使用できず、特殊なアダプターを準備しなければ使用できない（図 14）。

さらに、通常の酸素ポンプの口金（ネジ式）は、関東と関西で異なり（図 15）、そのままでは使用できず、ここにも変換アダプターが必要になる。

酸素濃縮器は自家発電装置が稼働する病院では災害時でも使用できると考えがちであるが、同時に使用する台数が多くなると電気容量が不足してブレーカーが

落ちて停止する。実際に使用する場合には通常の 15 アンペアのコンセントからは数台の濃縮器しか稼働できないことを考慮しておく必要がある。特に災害時には発電機から供給される電力量に制限があるため、予め各エリアで使用できる電力量を把握しておくことが重要となる。

このような際には、LGC（147L：ガス量にして約 12 万 L）から複数口アウトレットに酸素供給する方式が採用できれば、電源を必要とせず、同時に多くの HOT 患者に酸素供給が可能になる。また酸素圧で吸引ができるインジェクター式の吸引器を備えれば、電源のない環境で院内同様の吸引も可能になる。ただし、専用の運搬車両による搬入が必要になる（図 16）。

COI に関し、尾崎孝平はメディカ出版および尾崎塾のそれぞれから 50 万円超の原稿料・講演料と、秋田県産業振興財団から 100 万円超の奨学寄付金収入がある。

参考文献

- 1) 勝俣 萌, 石高拓也, 片瀬葉月ほか：呼吸管理における酸素使用量に対する安全管理体制の拡充. 第 38 回日本呼吸療法医学会学術集会抄録集（名古屋）. 2016；O15-3：306.
- 2) 尾崎孝平：High flow system（高流量システム）は支燃性ガス散布装置かも？. 呼吸器ケア. 2014；12：944-53.
- 3) 星 拓男：オキシマスク™ 及び単純顔マスクによる酸素投与時の吸入酸素分画及び二酸化炭素分圧. 日集中医誌. 2013；20：643-4.
- 4) McCoy R：Oxygen-conserving techniques and devices. Respir Care. 2000；45：95-103.