

□ 総 説 □

人工呼吸療法を支える病院電気設備・医療ガス設備の基本

北里大学医療衛生学部臨床工学専攻
廣瀬 稔

1. はじめに

呼吸療法を安全に遂行するためには、使用する医療機器および医療器具の的確な操作と保守点検が実施されていること、使用する電気設備や医療ガス設備などの病院設備が的確に維持されていることが必要である。しかしながら、それらに対する医療従事者の知識や認識は意外に低いのが現状で¹⁾、医療の安全を確保するためには、医療従事者は電気設備や医療ガス設備の基本的な知識や取り扱い上の注意点、起こり得るトラブルについても十分理解しておく必要がある。そこで本稿では、人工呼吸療法を実施するためには欠かすことができない病院電気設備と医療ガス設備の基本的な事項について解説する。

2. 電気設備

人工呼吸器を含めた医療機器の多くは電気を利用しているため、電源供給の信頼性や電撃防止など電気設備上の安全確保が保たれていなければならない。このため日本工業規格 (JIS T 1022「病院電気設備の安全基準」²⁾) では、病院や診療所で診断、検査、治療、監視などの医療行為を行う医用室に対して医用接地方式、非接地配線、非常電源の適用を規定している。ここでは医療従事者がとくに知っておくべき医用接地方式のうちの保護接地について、また停電対策としての非常電源について解説する。

1. 保護接地

医療機器の多くは電気を利用しているため、医療機器の絶縁材料の表面や内部を、医療機器の機能とはまったく関係のない電流 (漏れ電流) が流れており、それが異常に多い場合には電撃 (感電) の原因となる。このため医用室には、不要な漏れ電流を保護接地線 (ア-

ス線) を介して安全に大地に流す目的で保護接地を設け、患者や操作者への電撃を防止している。この電撃防止策として病院設備では診察、検査、治療、監視などを行うすべての医用室には、医用接地センター、医用コンセント、医用接地端子が設けられている (図1)。実際には医療機器 (クラス1 機器) の電源プラグ (医用3P プラグ: 医用接地極付2 極プラグ)³⁾ を医用コンセント (3P コンセント) へ差し込むことで保護接地と接続できる (図2)。つまりこの保護接地は患者や医療従事者を感電事故から護る命綱の役割を持つことになる。

2. 非常電源

何らかの原因で電力会社から電気の供給が停止した場合には、医療施設内の非常電源から電源が供給される。この非常電源について JIS T 1022「病院電気設備の安全基準」では、電圧確立 (回復) 時間や連続運転時間などによって、一般非常電源、特別非常電源、瞬時特別非常電源の3 種類に分類 (表1) され、その医用コンセントの外郭表面の色は赤色 (厚生労働省管轄の医療設備等では緑色) で、一般の電力会社から供給される電源コンセントと区別している。また同時に見やすい箇所に非常電源の種類が表示されている。人工呼吸器のような生命維持管理装置は瞬時特別非常電源のように電圧確立時間が短い医用コンセントに接続する必要がある。各医療施設で当該部署にどの非常電源が配備されているかについて知っておく必要がある。

つまり、人工呼吸器は非常電源設備の整っている場所で使用することが原則である。

以上述べた保護接地や非常電源は JIS T 1022-1996「病院電気設備の安全基準」により表2 に示すような医用室 (名称は例示) に適用するように規定している。

3. 起こり得る問題点と取り扱い上の注意点

電気設備に関連する問題点には、電撃、地絡事故、停

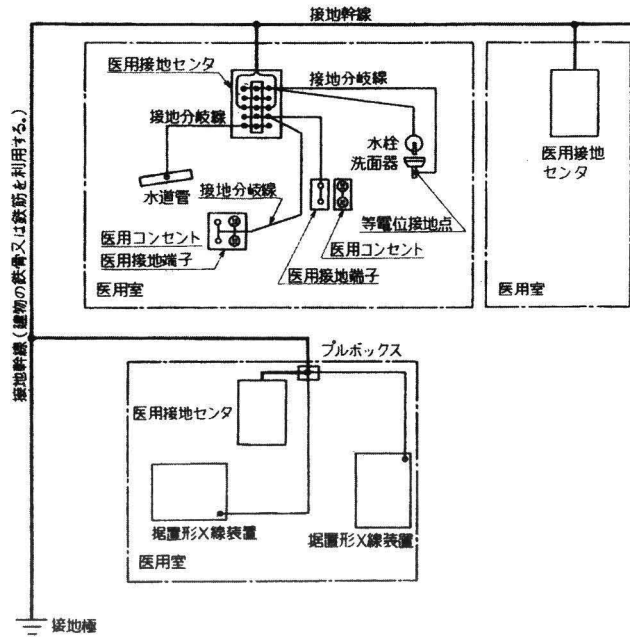


図1 医用接地方式の概念図²⁾ (JIS T 1022「病院電気設備の安全基準」)

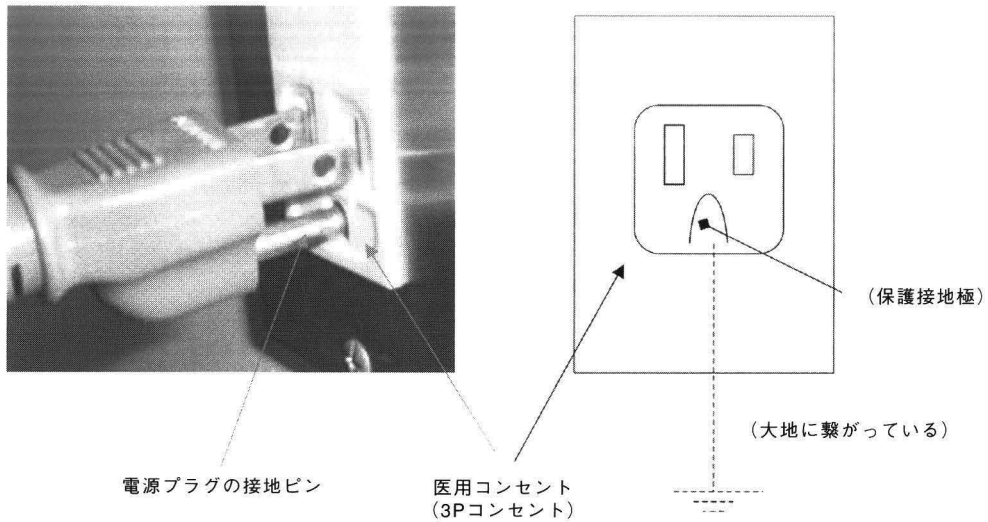


図2 医用3Pプラグと医用コンセント

非常電源の種類	電圧確立（回復）時間 （立ち上がり時間）	最小連続運転時間	用途
一般非常電源	40秒以内	10時間以上	生命維持装置*、照明、病院機能を維持するための重要な機器又は設備**
特別非常電源	10秒以内	10時間以上	生命維持装置*、手術灯
瞬時特別非常電源	0.5秒以内	10分以上 （一般非常電源または特別非常電源と連結が必要）	生命維持装置*、手術灯

*生命維持装置には、人工呼吸器、人工心肺装置、保育器などがあるが、それぞれの電力供給回復要求時間にあわせて非常電源を選択する必要がある。

**病院機能を維持するための重要な機器または設備には

1. 医療用冷蔵庫、冷凍庫および温度の保存が必要な装置
2. 滅菌器などの設備
3. 通信機器（電話、ナースコールなど）
4. 医療ガス供給装置（吸引設備を含む）
5. エレベーター換気装置など

表 1 非常電源の分類

医用室の例示	保護接地	非常電源	
		一般 / 特別	瞬時特別
手術室	○	○	○
ICU（集中治療室）	○	○	△
CCU（冠状動脈疾患集中治療室）	○	○	△
NICU（新生児集中治療室）	○	○	△
HCU（準集中治療室）	○	○	△
心臓カテーテル室	○	○	△
リカバリー室（回復室）	○	○	△
人工透析室	○	○	△
救急処置室	○	○	△
生理検査室	○	△	×
X線検査室	○	△	×
内視鏡室	○	△	×
診察室	○	△	×
一般病室	○	△	×

○：設けなければならない

△：必要に応じて設ける

×：設けなくてもよい

表 2 保護接地線および非常電源の適用（JIS T 1022-1996「病院電気設備の安全基準」 p3 より、一部抜粋）

電、電源電圧の変動などがある。このため人工呼吸器などを使用する時には、電源設備については以下の点について注意をしなければならない。

1) 生命維持に関連する医療機器は非常電源（赤色のコンセント）に接続する

停電時には非常電源からの電気の供給は限度がある。そのため人工呼吸器のような生命維持管理装置は非常電源に接続し、その他の医療機器は一般の電源コンセント（白色）に接続する。

2) テーブルタップは使用しない

電源コンセントが不足した場合や電源供給の延長コードとしてテーブルタップを使用することがある。しかし、タコ足配線のように誤って多くの医療機器を同時に使用した場合には、使用する医療機器の電流が電路に集中するためブレーカを遮断させることがある。そのため、人工呼吸器の電源プラグは直接壁面の非常電源コンセントに接続することが必要である。

3) 使用する医療機器の消費電流と供給側の電気容量を確認する

供給される電気は有限である。そのため各病室での電源供給回路の電気容量と、その電源供給回路で使用する医療機器の総消費電流を確認し、総消費電流が供給される電気容量を超えないことを確認する。最近ではベッドサイドで使用している医療機器の総消費電流を監視するモニタ（過電流監視装置）で確認することができるが、万一総消費電流値がブレーカの遮断許容値に近づいた場合には他の電源供給回路へ分散することが必要である。

4) 当該部署のブレーカの位置を確認する。

万一、上記2)で示したように医療機器の誤った使用によってブレーカが遮断した場合には原因を排除した後、当該部署のブレーカを復元すればよい。そのために電源を早期に回復するためにもブレーカの位置を確認しておくことは重要である。

3. 医療ガス設備

医療ガス設備とは、医療施設で使用される診断、治療に用いられるガスを配管により各部署に供給する設備を

いい、JIT T 7101「医療ガス配管設備」により規定されている⁴⁾。医療ガスの供給方式には医療施設内の定められた場所に医療ガスの供給装置を設置し、そこから医療ガス配管設備を介して院内の各部署に医療ガスを供給する中央配管方式と、患者や医療機器のそばに移動式の医療ガス供給装置を置き、そこから医療ガスを供給する個別方式があるが、ここでは中央配管方式について述べる。

1. 中央配管方式の構成

中央配管方式の全体図を図3に示す。医療ガス設備は中央の供給装置とその制御装置、送気配管、配管端末器とホースアセンブリから構成される。

1) ガス供給装置

(1) 定置式超低温液化ガス貯槽による供給装置（CEシステム）

液化した酸素または窒素の医療ガスを低温の状態で大に貯蔵できる貯槽とそれを気化させる送気用蒸発器、圧力調整器および制御装置から構成される。送気用蒸発器で気化された医療ガスは圧力調整器で $392 \pm 49\text{kPa}$ に調整維持して供給される。

(2) 可搬式高圧ガス容器による供給装置（マニフォルド）

高圧ガスボンベや可搬式超低温液化ガス容器の集合装置のことで、複数の容器を左右のバンク（第一供給と第二供給）に分けて設置し、その中央に切り替え装置を設け、片方のバンクが空になると自動または手動で切り替えて供給する。供給圧は $392 \pm 49\text{kPa}$ で供給される（図4）。

(3) 圧縮空気供給装置

圧縮空気は、空気圧縮機（エアーコンプレッサ）で自然界に存在する空気を圧縮し清浄化し供給される方式と、液化酸素と液化窒素をそれぞれ送気用蒸発器で気化し、混合器で所定の割合（酸素22%、窒素78%）に混合した後に供給する方式（合成空気）がある。

(4) 吸引供給装置

複数の吸引ポンプ、リザーバタンク、制御盤などから構成され吸引圧（陰圧）を供給するもので、水封式と油回転式がある。

2) 送気配管

(1) 配管

医療ガス配管はそれぞれの供給設備から末端の配管端末器（アウトレット）までガスを供給するものであり、表3のような識別色に区分されている。

(2) 遮断弁（シャットオフバルブ）

遮断弁は医療ガス設備の保守点検や送気制御のために設けられ、専任の職員のみが操作する送気操作用遮断弁

と、当該の病棟や診療部門などのように区域化することによって保守点検時または火災などの非常時に下流へのガスの供給を止めるために設ける区域分離用遮断弁（図5）とがある。万一非常時が発生した場合に区域分離用遮断弁を閉じなければならない場合は、人工呼吸器や酸素療法機器の使用状況を十分把握している者が操作を行わなければならない。

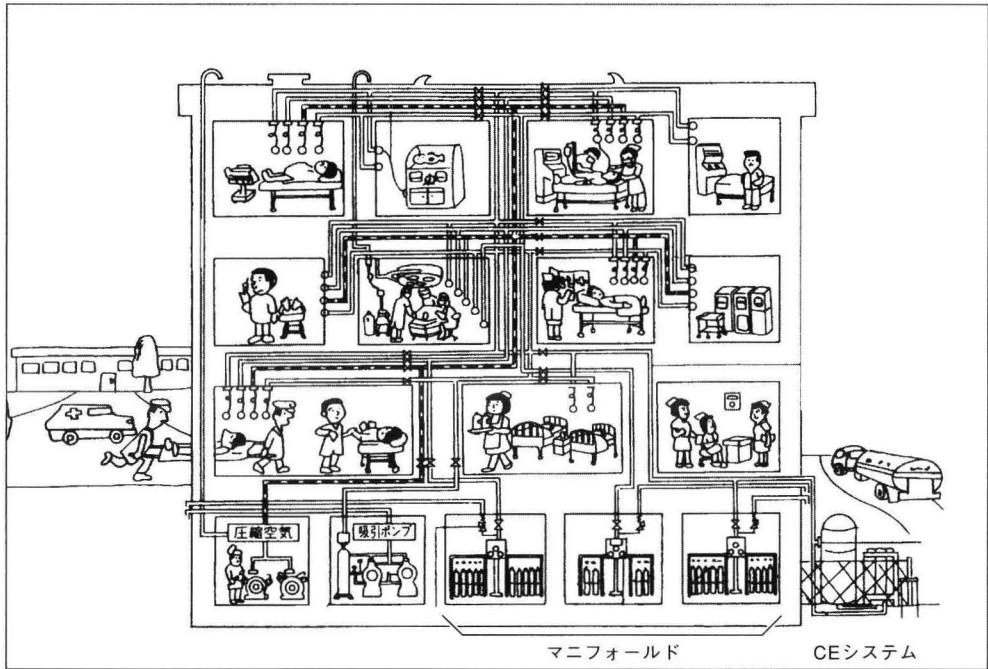


図3 医療ガス設備の全体図⁹⁾

(改訂版医療ガスハンドブック：厚生省健康政策局医療技術開発室監修、(財)医療機器センター編集、P64～65、ぎょうせい1994より、一部改変)

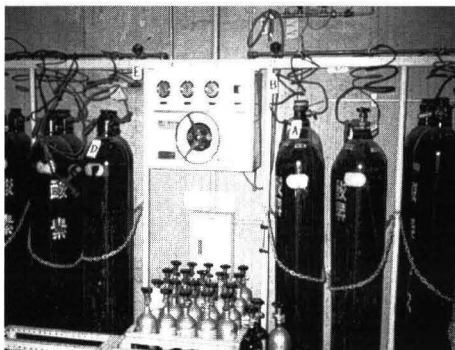


図4 マニフォールド

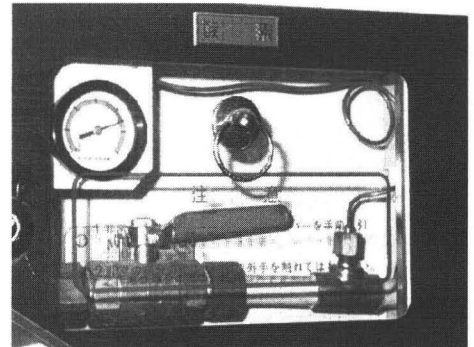


図5 区域別遮断弁

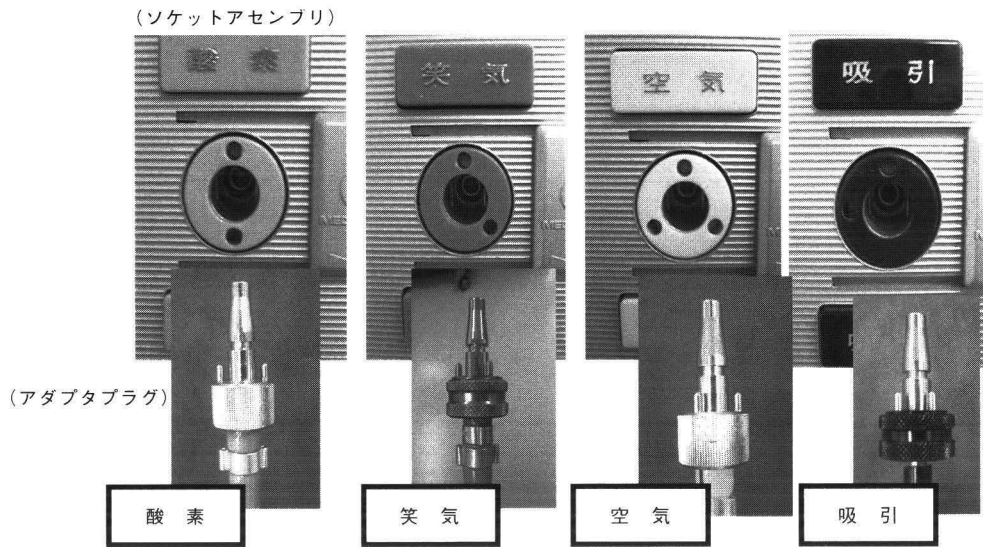


図6 配管端末器（ピン方式）
ピン方式のソケットアセンブリとアダプタプラグでピン位置の配列角度と本数によりガス別特定になっている。

区 分	酸 素	空 気	笑 気	窒 素	二酸化炭素	吸 引
医療ガス配管設備 (JIS T 7101)	緑	黄	青	灰	だいだい	黒
* 高圧容器（ボンベ）の 塗色 (高圧ガス保安法)	黒色	ねずみ色	ねずみ色	ねずみ色	緑色	—

*参考までに高圧ガス容器（ボンベ）の塗色区分を下段に示す。

表3 医療ガス配管設備の識別色

3) 配管端末器（アウトレット）

それぞれの供給設備から配管を通して供給された医療ガスの取り出し接続口をいい、壁取付式とホース取付式の2種類がある。配管端末器にはそれぞれの医療ガスの誤接続を防止するために、その接続部はガス別特定（ピン方式（図6）、シュレーダ方式など）になっている。また配管端末器は配管と同様に表3のような識別色に区分されている。

4) ホースアセンブリ（耐圧管）

配管端末器や高圧ガスボンベから人工呼吸器や麻酔器へ医療ガスを供給するのに用いられるフレキシブルな耐圧性のホースで、両端は誤接続を防止するために

ガス別特定（ピン方式、シュレーダ方式など）になっている。

またホースアセンブリも配管および配管端末器と同様に表3のような識別色に区分されている。

なお、参考として高圧ガス容器（ボンベ）の塗色区分は下段のようになっており、同じ医療ガスに関わるものでも医療ガス設備の識別色とボンベの塗色は異なっていることを知っておく必要がある。

2. 供給に関する能力

これらの医療ガス設備は、医療ガスの供給の安全性を確保するために次のように設備や能力などが規定されている。

	酸素	亜酸化窒素	治療用空気	吸引**	
				水封式	油回転式
標準圧力* kPa (kgf/cm ²)	392±49 (4.0±0.5)	392±49 (4.0±0.5)	392±49 (4.0±0.5)	53.3±13.3 (400±100)	66.7±13.3 (500±100)
配管端末器最大流量 (NI/min)	≥60	≥40	≥60	≥40	≥40

NI/min：1 気圧、0℃でのガス量

* 静止状態において、酸素は治療用空気、亜酸化窒素よりも約29.4kPa(約0.3 kgf/cm²)高いこと

** 吸引の標準圧力は-kPa [-mmHg]

表4 医療ガス配管設備の標準圧力と最大流量 医療ガス配管設備諸元表(JIS T 7101-1997, p8)より抜粋

1) 標準圧力、標準流量

各種医療ガスの標準圧力、配管端末器での最大流量などは表4のように規定されている。手術器械駆動用の窒素と圧縮空気以外の医療ガスの標準圧力はすべて392±49kPaで、酸素は静止圧状態において、治療用空気、亜酸化窒素または二酸化炭素よりも約29.4kPa高くして、配管端末器に接続した医療機器（医療ガス系統に異常を来したものの、例：人工呼吸器、酸素ブレンダ）を介して酸素配管への異種ガスの逆流混入による低酸素の危険性を防止している。

2) 医療ガスの貯蔵量

マニフォールドによる供給装置では、予想使用量の7日分以上を、第一および第二供給にそれぞれ貯蔵できるようにすること、また定置式超低温液化ガス貯層による供給装置では、その満量の2/3が使用量の10日分以上に貯蔵できるように設計することが規定されている。また緊急用の予備酸素貯蔵量は当該施設の使用量の1日分以上を確保することになっている。

3) 供給能力

定置式超低温液化ガス貯層による供給装置およびマニフォールドでは、標準最大流量を送気中に送気圧力を標準圧力に維持できる能力がなければならない。圧縮空気および吸引供給装置はそれぞれ2基以上設置し、1基の異常時にも最大流量が供給できる能力がなければならない。

3. 起こり得る問題点と取り扱い上の注意点

医療ガスは、供給設備を介し直接患者へ投与されるという特徴があり、患者までの全経路の中の一ヶ所で

も異常が発生した場合には、直ちに患者の生命（全病的）に影響を及ぼす危険性をもっている。このため人工呼吸療法を行う際には、用手蘇生器は必ず準備しておくことは当然であるが、医療ガス設備を使用する際に以下の点について注意をしなければならない。

1) 配管端末器およびアダプタプラグの異常はないか

日常点検または使用する前には、配管端末器からの漏れやピンホールの位置が正常の位置にあるか、キャップの有無、またアダプタプラグのピンの紛失や変形はないかなどの目視点検を行わなければならない。万一アダプタプラグのピンの紛失がある場合には誤接続を起こす危険性がある。

2) 配管端末器と確実に接続されているか

酸素流量計や人工呼吸器のホースアセンブリを接続する際に「カチッ」という音がし、軽く引っ張り確実に接続されているかを確認する。もし「カチッ」という音がしない時にはアダプタプラグが突然抜けることがあり、二次的な傷害も起こす危険性がある。

3) 圧縮空気のホースアセンブリに水分の混入はないか

一般に圧縮空気は大気中の空気を圧縮し、除塵・除湿した後に配管端末まで供給されるが、除湿が不完全の場合は水分が配管を通して配管端末まで送られることになる。そのため人工呼吸器等を使用する際には、圧縮空気側ホースアセンブリ内や人工呼吸器側ホースアセンブリ接続部（本体接続部）にある除塵チャンバ内への水分の混入がないかどうかを確認する。万一水分の混入を確認した場合は直ちに人工呼吸器の使用を止

め、用手式人工呼吸を行う。また同時に、設備担当者（部署）にも直ちに連絡しなければならない。

4) 供給停止時の対応が確保されているか

医療ガスの停止時には予備のポンペを用意する、また吸引が停止した場合には電気吸引器や足踏み式吸引器、注射器などにより吸引操作が行えるように日頃から備えておく必要がある。

4. おわりに

病院電気設備や医療ガス設備は高度化した医療現場には欠かすことのできない要素である。これらの誤った使用による異常は全病的または当該部署のように広範囲にわたる異常を来すことになるため、日頃から正しい取り扱いを実践することが必要である。また万

一、それらの施設に異常が発生した場合には用手式蘇生器による換気の維持、また足踏み式吸引器などが直ちに使用できるように日頃からの教育と訓練が重要である。

引用文献

- 1) 渡辺敏, 廣瀬稔: 事例で学ぶ医療器医安全管理学. 真興交易 (株) 医図書出版, 2002
- 2) 病院電気設備の安全基準: JIS T 1022 - 1996
- 3) 医用電気機器—第一部: 安全に関する一般的要求事項: JIS T 0601 - 1 - 1999
- 4) 医療ガス配管設備 JIS T 7101- 1997
- 5) 改訂版医療ガス保安管理ハンドブック: 厚生省健康政策局医療技術開発室監修 (財) 医療機器センター編集, ぎょうせい, 1994