

医療ガスを安全に使うための Q&A

ねえねえ知ってる? ガスのこと!



鐘紡記念病院 麻酔集中治療部

尾崎 孝平 編著

住友精化株式会社

岩谷産業株式会社

薬価基準取載

 **住友精化**

住友精化は **“品質”** を追求します。

全身麻酔剤 亜酸化窒素製剤

笑気ガス(住友精化)

Nitrous Oxide

日本薬局方 亜酸化窒素

※効能・効果、用法・用量、使用上の注意等については添付文書をご参照ください。

製造元・資料請求先

 **住友精化株式会社**

本社(大阪) 〒541-0041
大阪市中央区北浜4丁目5番33号(住友ビル4階)
TEL.06-6220-8574 FAX.06-6220-7863

本社(東京) 〒102-0073
東京都千代田区九段北1丁目13番5号(日本地所第1ビル)
TEL.03-3230-8555 FAX.03-3230-8528
URL <http://www.sumitomoseika.co.jp>

作成年月 2003年11月

刊行にあたって

「知らぬが仏」という言葉がありますが、自分では危険と気付かないものが身の周りにはあるものです。医療現場では危険な行為がなくなるように尽力されていますが、医療ガスの使用については、病院内の「知らぬが仏」になっているのではないかと懸念しております。一見、電気や水道のように簡単に使えると思われがちな医療ガスは、その操作を誤ると取り返しのつかない悲惨な事故を招きます。実際に過去の幾多の事故例がその危険性を示しています。私共は医療ガスの供給業者として、医療ガスを安全に患者さんに供給するという使命をもち、事故が起きないように日々努力しておりますが、医療ガスの危険な使用はなかなか後を絶ちません。そのような状況のなかで、事故に関与した医療スタッフの言葉に「そんなことは誰にも教わっていない」「医学教育の教科書には載っていない」という文言がよく登場することを知りました。つまり、医学の専門知識を豊富にもつ医師・看護師であっても、医療ガスを安全に扱うための実践的な教育をほとんど受けていないという現状があります。そして、その恐ろしい現状が今もあまり改善されていないという事実が浮かび上がってきました。

そこで、医療ガスの事故をより現実的な形で防ぐには、ガスの専門知識を掘り下げて勉強するよりも、ガスの基本的な性質を理解した上で、最低限の取り扱いの「お作法」を身につける方が先決で、より効果的であると考えました。このような考えに基づき、この度、住友精化と岩谷産業は、鐘紡記念病院 麻酔集中治療部長 尾崎孝平先生のご指導のもとに、安全に医療ガスを取り扱うための知識と具体的な方法をまとめた冊子を作りました。尾崎先生は呼吸療法の中に点在する様々なリスクを取り上げ、安全な呼吸療法を実践するための啓蒙活動を精力的に展開しておられます。この冊子はそのノウハウを頂戴し、難しい物理の教科書やぶ厚い安全管理マニュアルになることを避け、臨床に即した形であることを重視しました。すなわち、なるべく日常的な臨床の目線で、日頃スタッフの方が疑問に思っていることや、盲点になりやすい項目をQ & A方式にまとめ、休憩時間でもリラックスして読んで戴けるように工夫しました。

本冊子によって、医療ガスとその安全な取り扱いについて、スタッフの皆様方の関心を高めて戴くことができ、医療ガスの事故が無くなることを心から期待致します。

尚、巻末に、過去20年間に発生した主な医療ガス事故の概要をリストアップしました。院内の医療ガス安全・管理委員会や研修等での参考資料としてお役立て戴ければ幸いです。

平成17年9月
住友精化株式会社
岩谷産業株式会社

はじめに

1967年アメリカのNASAでアポロ計画がスタートして間もないとき、3人のクルーが実験中のアポロ1号の中に閉じ込められて焼死するという悲惨な事故が起きました。原因は電気システムのショートによる火花でしたが、問題はシャトル内の環境にありました。

シャトルの内装は不燃性素材が使用されていましたが、100%酸素下では発火することが見落とされていて、火花は一気に内部全体の火災に発展しました。さらに火災の熱によってシャトル内圧が上昇し、内開きに設計された扉が開かなくなり、NASAは目の前でなすすべもなく同僚を失うことになりました。



火災を起こしたシャトル(NASAより提供)



シャトルの内部 (NASAより提供)

人類の英知を結集したNASAでさえ、身をもって経験するまでは「酸素は危険なもの」ということが実感できずにいたのではないかと想像します。私たちの身の周りにも、第2、第3のアポロの火災事故があるかもしれません。病院内をよく観察するとむしろ危険は数多く存在しています。このような事故を防止するには、まず酸素のことをよく知らなければなりません。そのうえで「ひょっとして」「もしかして」という想像力を働かせなければ、危険なことを認識すらできません。

アポロ1号の火災事故を調査した同僚は、真の事故原因は「想像力の欠如」であると報告しています。

本冊子は、皆様の身近にある臨床現場をスタッフ間の会話で再現し、そこで気付いた疑問をQ & Aで解説しました。できるだけ臨床にそった具体的な内容を選択し、病棟ですぐに活用できるように努力しました。題名が示すように、「ねえねえ知ってる？」と同僚や後輩スタッフにクイズのように気軽に質問できる題材ですので、互いに啓発しあって病棟のレベルアップを図って戴ければ幸甚です。

なお、本編は2部構成で、医療ガスとその供給システムを中心とした「基礎編」と呼吸療法に携わるスタッフ向けの「臨床編」になっています。この冊子は、今後も継続して発行する予定ですのでご愛読くださいますようお願い申し上げます。

1. 気体の比重

オペ室にて

- (A) ねえねえ知ってる？もし二酸化炭素が漏れたら下の方に溜まるって。
(B) 先輩、そんなの常識ですよ。二酸化炭素は空気よりも重いからでしょ。
(A) だったら酸素が漏れたら下に方に溜まるか、天井に溜まるかどっちかな？
(B) えっ、どっちだろう…、どちらですか？
(KDr) いい質問だね。うちの研修医にも訊いてやろう！T君、麻酔中に笑気（亜酸化窒素）が漏れたら、床に溜まるのか、天井に溜まるのか、どっち？

問題 空気に対して酸素と笑気は重いですか、軽いですか？



2. 液化ガスとは

腹腔鏡手術の準備中の会話

- (A) ねえねえ知ってる？気腹に使う二酸化炭素のボンベには液体が入っているって。
(B) えっ！そーなんですか。それなら医療ガスでなく、医療液体じゃないですか。
(A) そうよ。医療液体という言葉はないけれど、使う時には液体が気化して出てくるのよ。
(B) へえ～、じゃー振ったらチャブチャブするんだ。
(A) でもボンベをゆすったりしたらだめよ！丁寧に扱ってね。
二酸化炭素以外にも、液体が詰まっているボンベがあるわよ。

問題 さて医療現場でよく使われるガスボンベの中で液体で詰められているのはどれですか？

- a) 亜酸化窒素（笑気）
- b) 酸素
- c) 窒素
- d) 酸化エチレン殺菌ガス（EOG ガス）
- e) ヘリウム



解答

酸素も亜酸化窒素も空気より重い。

解説

ヘリウムで膨らませた風船が浮び上がるのは、ヘリウムが空気よりも比重が軽いからです。気体の比重は分子量で決まります。各気体の分子量と空気を 1.0 とした時の比重は次のとおりです。

	ヘリウム	窒素	空気	酸素	亜酸化窒素	二酸化炭素
分子量	4	28	29	32	44	44
比重	0.14	0.97	1.0	1.10	1.53	1.53

酸素も亜酸化窒素も空気より比重が重く、理論的には、漏れれば下に溜まることとなります。但し実際には拡散、熱による対流等がある為、地層のように比重の重いガスから順番に下から溜まるわけではありません。

解答

a)、d)

解説

気体を冷やして圧力をかけていくと液体に変化します。しかし、気体には「ある温度以上ではいくら圧をかけても液体にならない温度限界」があり、これを臨界温度といいます。臨界温度によってボンベに充填される形態（液体か気体か）が決まります。つまり臨界温度が低いと常温では気体でしか充填できません。酸素、窒素は臨界温度が極端に低いためにボンベには圧縮ガスの状態で詰まっています。ただ、在宅酸素療法で用いる「携帯用液化酸素容器」は熱が伝わりにくい魔法瓶の構造をしており、これに液化酸素を詰めて使います。医療ガスの臨界温度は下表のとおりです。尚、酸化エチレン殺菌ガス（EOG ガス）は酸化エチレンを二酸化炭素で希釈し 10%または 20%の濃度とし、液体で詰められています（下表の臨界温度は純粋な酸化エチレンの値です）。

ガス種	酸化エチレン	亜酸化窒素	二酸化炭素	酸素	窒素	ヘリウム
臨界温度	195.8	36.5	31.5	- 118.8	- 147	- 267.9

<液化ガスのボンベが噴くとは>

よく夏場にビアガーデンで二酸化炭素のボンベが噴いたという話を聞きます。医療用亜酸化窒素も噴くことがあります。亜酸化窒素の臨界温度は 36.5℃であり、ボンベには液化亜酸化窒素が詰められています。夏場で直射日光があたるような場所に亜酸化窒素ボンベを置くと液化ガスのために内圧が急激に上昇し、ボンベの安全弁が開放されてガスが噴き出ます。亜酸化窒素ボンベの保管は常に 40℃以下に保ち、直射日光、裸火、暖房、ボイラーの近くは避け、特に夏季は容器温度の上昇に注意してください。二酸化炭素ボンベも同様の注意が必要です。

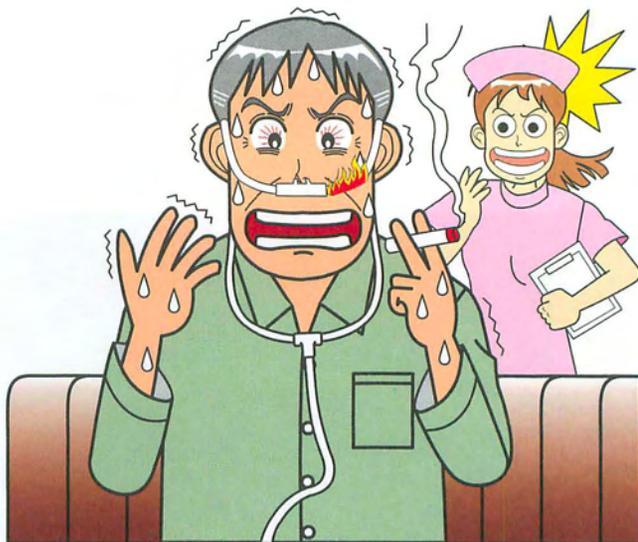
3. 支燃性ガス

看護師どうしの会話

- (A) ねえねえ知ってる？在宅酸素療法の患者さんがタバコを吸っていて鼻カニューラが燃えて火傷をされたのよ。
- (B) きゃー怖い。えーそれってどういうこと？
- (A) 酸素は支燃性があるのでタバコが燃え上がってカニューラに燃え移ったのよ。医療現場で使われるガスのなかで他にも支燃性のガスがあるって知ってた？

問題 次の中で支燃性ガスはどれですか？

- a) 亜酸化窒素（笑気）
- b) 窒素
- c) 酸化エチレン殺菌ガス（EOG ガス）
- d) 空気
- e) 二酸化炭素



◆この患者の顛末◆

問題3は実際にあった事例です。この患者はその後何度か煙草を吸わないよう指導されましたが、結局止められませんでした。その結果、火災の危険性があるということで在宅酸素療法を中止せざるを得なくなり、生活が制限されることになりました。

解答

a)、d)

解説

支燃性ガスとはそれ自体は燃えないが、燃焼を助ける性質を有しているガスのことです。医療ガスで支燃性を有するのは酸素とそれを含む空気、及び亜酸化窒素です。

<高濃度酸素の威力>

冒頭のアポロ火災事故で述べたように大気中において不燃性（難燃性）の素材・物質であっても支燃性ガスである高濃度酸素中では大部分のものが燃焼します。支燃性ガス濃度が高くなるにつれて燃焼し易くなります。

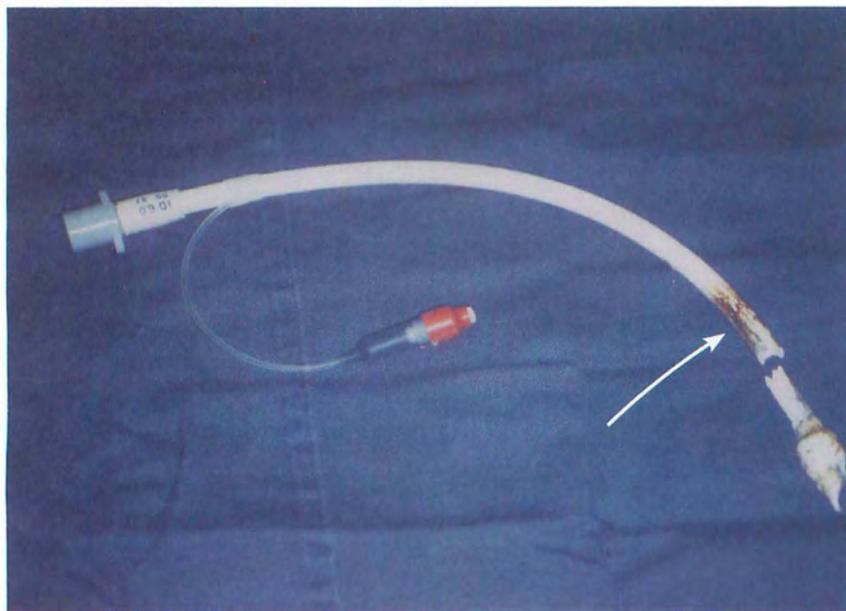
酸素や亜酸化窒素を使用しているところでは有機物、油脂類、その他燃えやすいものを近づけない注意が必要です（5 m 以内：高圧ガス保安法）。

先日、ベンチュリーマスクで高流量の高濃度酸素が投与されている患者の処置にエーテルを使用しているのを見つけました。僅かなスパークで爆発事故が起きかねない状況を何も気にしていないのは「無知の罪」といえるでしょう。



事 故 事 例 1

1993年、岐阜市の病院で68歳男性患者に喉頭癌でレーザーメスによるラリンゴマイクロサージェリーを施行。手術開始1時間25分後に突然、気管内チューブが発火。火は人工鼻まで広がった。患者は声門火傷、声帯左右癒着。気管支ファイバーにて区域気管支レベルまで黒色の灰が多数認められた。患者は4ヵ月後退院。発火の原因は、レーザーメスの長時間使用によりチューブが熱を持っていたところに、患者の気管径が太かったためにカフと気管の隙間から漏出した高濃度の酸素と亜酸化窒素が発火を助長した可能性が指摘された。



気道燃焼事故の防止対策

1. 燃えにくい材質の気管チューブの採用
2. 適切なチューブサイズ、適切なカフ容量
(カフと気管の隙間からのガス漏出を最小限にする)
3. できるだけ低い濃度の酸素と亜酸化窒素で管理する
(支燃性の軽減)
4. 熱の発生を抑制する
(照射時間短縮、最小限の出力)

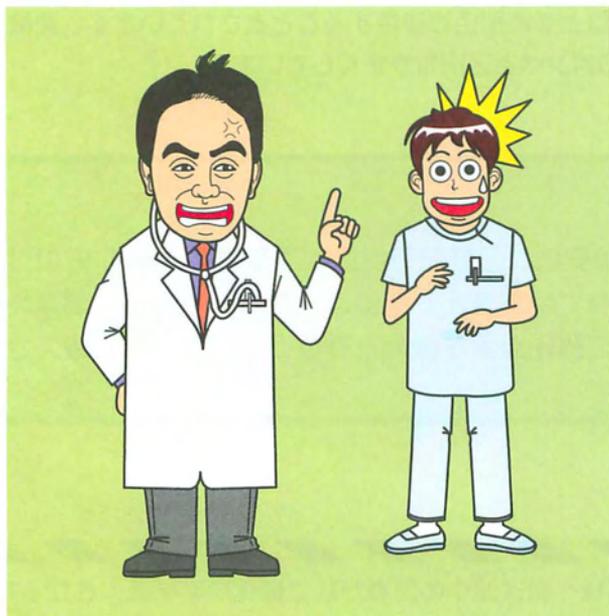
気管内チューブ燃焼写真

チューブの内壁が真っ黒でした

4. ボンベの塗色

ICUで研修医をテストする目的でわざとICU入口に緑のボンベのみ置いておいた

- (KDr) おいA君。入り口のところに置いてある酸素ボンベを取って来てくれ。
 (A) はい先生、取って来ました、これですね。
 (KDr) 酸素ボンベを取ってこいと言ったはずだぞ、きみは患者を危険に曝す気か？
 (A) えっ、これって酸素じゃないんですか？
 (KDr) 君はガス名を確かめたのか？酸素ボンベは何色なのかね？
 (A) あっ！……人工呼吸器の酸素配管が緑色なのでこれをもってきました。先生が入り口のところにあるとおっしゃったし、ボンベには〇〇酸素と書いてあるし……
 (KDr) ばかもの！ 危険はどこにでも潜んでいるんだから君自身が自分の目で確かめなきゃどうするんだ！



問題 次の表の空欄に医療ガスのボンベと配管の識別色を入れてください。

	亜酸化窒素 (笑気)	酸素	窒素	二酸化炭素	空気 (治療用)	吸引
ボンベ色		黒				—
配管色						

解答

	亜酸化窒素 (笑気)	酸素	窒素	二酸化炭素	空気 (治療用)	吸引
ボンベ色 (高圧ガス保安法による)	ねずみ※ 	黒 	ねずみ 	緑 	ねずみ 	なし
配管色 (JIS T 7101 による)	青 	緑 	灰 	橙 	黄 	黒 

※高圧ガス保安法により、ボンベはその表面積の半分以上を識別色で塗色することとされています。亜酸化窒素はメーカー側の判断でボンベ上部に青色を入れ、他のボンベと区別しやすくしています。

解説

日本の医療ガスの識別色は、ボンベが高圧ガス保安法、医療配管が日本工業規格 JIS T 7101「医療ガス配管設備」と、別々に定められ、統一されていません。配管の色をボンベの色と間違えてボンベを取り違える危険性があります。実際、二酸化炭素を酸素と間違えて患者さんに吸入させた重大な事故が発生しました（事故事例2）。

事故事例2

1992年に東京都の病院で、交通外傷の手術を終え、病棟へ搬送途中の患者が純二酸化炭素を吸入させられた。低酸素と二酸化炭素中毒のために16日間昏睡状態の後死亡。原因は搬送車に備え付けの酸素が空であったために、看護師が新しいボンベと取りかえる際に二酸化炭素ボンベを誤って取り付けたためである。看護師は病院内の酸素の配管の色が、二酸化炭素のボンベの色と同じ緑であったために取り間違えた。この当時は二酸化炭素のバルブが酸素と同型であり酸素の圧力調整器が二酸化炭素のボンベに繋がったことも事故を引起す原因となった。

<医療用二酸化炭素のバルブのガス別特定化>

このような取り違い事故を防止するために、2002年より医療用二酸化炭素ボンベのバルブは、ボンベの内容積が40L未満は全てヨーク締付式（ヨーク弁）に、40L以上はA2弁（ガス取り出し口の口径が27mmと従来より太くなった）に統一されました。しかし、工業用二酸化炭素ボンベのバルブの口径は依然として酸素ボンベのそれと同じ22mmですので酸素と取り違いする危険性があります。

残念ながら、いまだに一部の病院で安価な工業用が使用されているのを見かけます。

< 10人中2人の確率 >

この問題と同じテストをICUに研修に来た新人医師10人に実際に行なってみました。その結果、2人が何の疑問も感じずに二酸化炭素のボンベを持ってきました。なんと恐ろしいことでしょう。取り間違いを犯し易い理由がもう一つあります。ボンベ側面には必ず充填ガスの名称を表示することが高圧ガス保安法で定められています。「例えば右図のボンベの側面には「液化炭酸ガス」と表示されています。ところが、反対の側面には(株)〇〇酸素という販売店の名称も表示されています」。この“酸素”の表示が充填ガス名なのか販売店名なのかをしっかりと確認する必要があります。



5. 酸素ボンベの内容積とガス容量

ナースステーションでの看護師の会話

- (A) ねえねえ知ってる？この病院の病棟やICUで使っている酸素ボンベは3種類あるってこと。
- (B) そんなこと知っていますよ。この大きい10Lのはよく呼吸器病棟で見かけますよね。ストレッチャーに付けてあるのは3.5Lのじゃなかつたっけ？一番小さいのは、1Lボンベと言って緊急で持ち運びが容易なハンディタイプですね。
- (A) これら「10L」とか「3.5L」とか言っているのは何の量かなあ？入っている酸素の量にしては少な過ぎると思うし…。

問題

この3種類の酸素ボンベの酸素容量はそれぞれ何Lですか。

1Lボンベ： _____ L

3.5Lボンベ： _____ L

10Lボンベ： _____ L



解答

1 L ボンベ : 150 L
 3.5 L ボンベ : 500 L
 10 L ボンベ : 1500 L

解説

いつも使っている酸素ボンベにはどれくらい酸素が入っているのでしょうか。通常「3.5 L」とか「10 L」とか言われているのはボンベの大まかな内容積のことを言っているのです。内容積とはボンベを水で満たした際に入る水の体積です。各酸素ボンベの内容積を下表に示します。ガス容量は充填されているガスの大気圧における体積で表しています。ガス容量は内容積に充填圧力を乗じた値です。病院で使われる酸素ボンベの充填圧力はいずれのボンベも 14.7 MPa (メガパスカル) であり、各酸素ボンベのガス容量は下表のようになります。病棟や ICU ではあまり見かけませんが、中央配管で供給される酸素ガスの供給源やそのバックアップ用に用いられているのが「47 L ボンベ」と言われるボンベで、ガス容量は約 7000 L です。

尚、14.7 MPa は $150 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{cm}^2$ (150 キログラムフォースパー平方センチメートル) です。詳しくは P11 コラムをご参照下さい。



酸素ボンベの内容積とガス容量

内容積 (L)	ガス容量 (L)	外径 (cm)	高さ (cm)
1.0	150	約 7.6	約 34
3.5	500	約 10	約 65
10.0	1,500	約 14	約 95
47.0	7,000	約 23	約 134

酸素ボンベの使用例



手術台



ストレッチャー



院内移動時

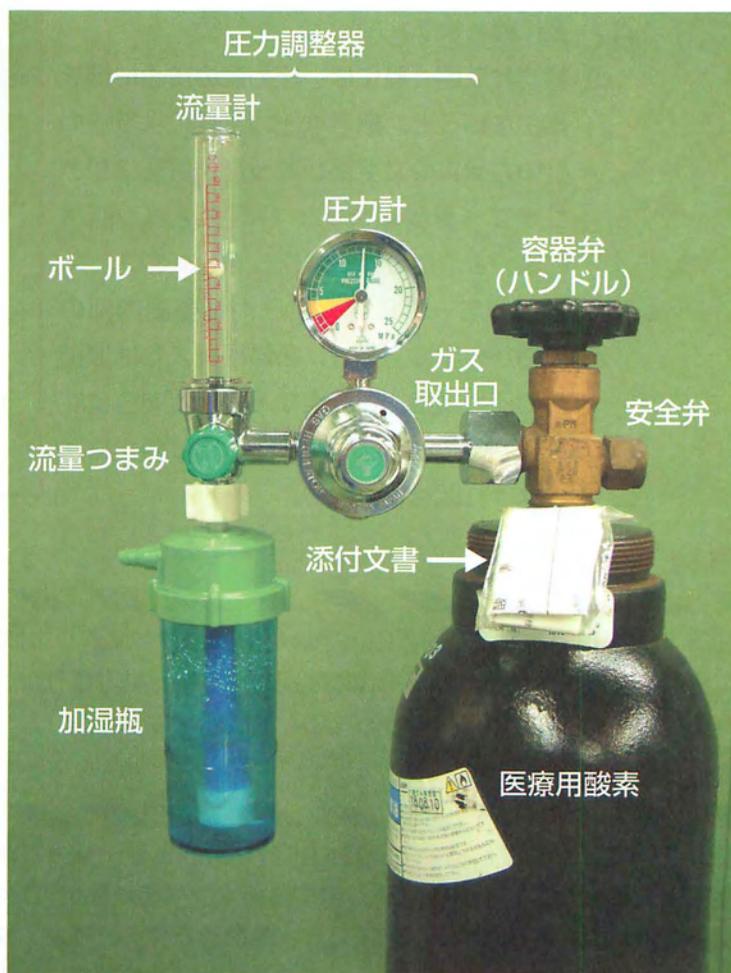
6. 圧力調整器装着時のお作法

オペ室前の看護師の会話

- (A) ねえねえ知ってる？酸素ボンベに圧力調整器をつける時には「お作法」があるのを。
 (B) 人それぞれいろんな流派でやっているみたいだけど、間違っているお作法もあるみたいね。

問題 次の中で正しいお作法はどれかな？下の写真を参考にして考えてね。

- a) 容器弁（ハンドル）をゆっくり回して空吹きを行い口金付近の塵埃を除去する
- b) 口金に油を塗り機密性を高めながらスムーズに調整器をとりつける
- c) 圧力調整器のボンベへの取り付けは素手でかかまわし多少余裕をもたす
- d) 容器弁（ハンドル）を開ける時は圧力計の正面を向いて針の示す値（圧力指示値）を確認しながら行う
- e) 容器弁（ハンドル）を開ける時は一気に回す



解答 a)

解説

- b) 酸素は可燃性ガスなので油脂類をつけることは禁物です。
- c) ねじ込みはガスが漏れないように専用のスパナでしっかりと締めます。
- d) 圧力計には高圧がかかっている為、文字盤等が飛んでくる可能性があります。
- e) 容器弁を素早く回すと摩擦熱等により出火・爆発する危険があります。

<圧力調整器の取付け方のお作法>

可燃性を有する酸素を高圧で充填されている酸素ボンベの扱いには細心の注意が必要であることを過去の幾多の事故事例は物語っています。圧力調整器を装着する際の基本的なお作法は次のとおりです。

- a) 酸素ボンベの取り出し口には防塵キャップをして塵埃が入らないようにする。圧力調整器を装着する前には、空吹きをするなどして塵埃を除去する必要があります。塵埃が付着しているとネジを回す際の摩擦で発火する危険があります。
- b) 口金には油脂類をつけることは厳禁です。圧力調整器を装着する時は口金の周辺に油脂類が付着していないことを確認してください。
- c) 装着時は手締め式の口金は別として、ねじ込みは素手で回して締めた後にスパナで確実に締めます。
- d) 容器弁を開く時には、圧力計の前面に顔を出さないこと。急激な圧力上昇により圧力計のガラスや文字盤が吹っ飛ぶ可能性があります（事故事例3）。容器弁を開く時は右図のような位置で操作してください。
- e) 容器弁を一気に開くと圧力調整器内部の圧力が急激に上昇し、断熱圧縮または摩擦熱で圧力調整器が発火することがあります（事故事例4）。容器弁はゆっくり静かに回さなければなりません。



事故事例 3

1986年、愛媛県の病院で酸素吸入用具を酸素ボンベに取り付け操作中、圧力計が破損して看護師2名が腕や目に負傷。酸素ボンベのバルブ操作に問題があったと推定された。酸素吸入用具の取り扱い方法について、看護師への教育が充分なされていなかったことも問題となった。

事故事例 4

1991年、福岡の病院において術後の患者をストレッチャーで搬送するために酸素吸入器をチェックしていた。酸素ボンベのバルブを開けた時、調整器のボンベ接続部付近から発火。負傷者はなかった。10年の使用器材で微小可燃物の堆積があり、断熱圧縮か、摩擦熱で発火と推定。酸素ボンベの扱いには細心の注意が必要であることと、器材の点検は入念に行なうべきであるという教訓を残した事故であった。

7. 酸素ボンベの残量と使用可能時間・その1

ナースステーションでの看護師の会話

- (A) ねえねえ知ってる？ボンベに付いているこのメーターの針は、何を示しているか。
- (B) あと10分間、酸素が使えるってことよね。
- (A) うっそー！時計じゃないのよ！きっとあと10L使えるってことじゃないの。
- (C) まあ大変！あなた達、何も知らないのね。今日は居残りでガスの勉強が必要ね。いい、この針はボンベの圧力を表しているのよ。いまは10 MPaを指しているのよ。

問題

いま、患者さんが3.5 L（ガス容量500 L）の酸素ボンベを使って5 L / 分で吸入されています。この写真の圧力計の針であと最低何分使えますか？電卓が要るね。

- a) 20分
- b) 40分
- c) 60分
- d) 100分



コラム：圧力の単位「MPa」について



ガスボンベの圧力を示す際によく用いられる「MPa」（メガパスカル）ですが、「メガ」は大きさ（百万）、「パスカル」は人の名前に由来しています。パスカルは400年程前にフランスで生まれた数学者・物理学者・哲学者で30歳の時に「パスカルの法則」（密閉した液体や気体の一部に圧力を加えるとその圧力が液体や気体の至るところに同じ大きさで伝わる）として知られる圧力に関する法則を発見し、この功績に因んで「パスカル」という単位が出来たといわれています。彼はこれ以外に史上初の機械式計算機の製作や哲学書「パンセ」の著者としても有名で「人間は考える葦である」といった言葉など、多くの仕事を後世に残しています。

圧力単位「MPa」と「kg-f/cm²」との関係

$$1 \text{ MPa} = 1000 \text{ kPa} \approx 10.2 \text{ kg-f/cm}^2$$

解答

その1 c)

解説

ある看護師が、圧力計の目盛を、ガスの使用可能時間と勘違いしていたという笑えない本当の話がありました。この圧力計が示している 10 MPa という圧力は、ボンベの残圧を示しています。ボンベの残量（残存ガス量）は、**公式：ボンベ残量(L) = 残圧(kg·f/cm²) × ボンベ内容積(L)** で計算されます。この問題で、残圧 10 MPa、は 100 kg·f/cm²（正確には 102）なので、残量は、100 × 3.5 = 350 L と計算されます。しかし実際に最低使用可能なガス量はこれに安全係数 0.8 を乗じ、約 280 L となります。毎分 5 L を消費すれば 56 分となります。従って c) が正解です。

公式：ボンベ残量(L) = 残圧(kg·f/cm²) × ボンベ内容積(L)



3.5 L ボンベの酸素使用可能時間早見表

圧力計指示値 MPa (kg·f/cm ²)	酸素残量 (L)	最低使用可能量* (L)	使用可能時間(分)			
			流量2L/分	3L/分	4L/分	5L/分
1 (10.2)	36	29	15	10	7	6
2 (20.4)	71	57	28	19	14	11
4 (40.8)	143	114	57	38	29	23
6 (61.2)	214	171	86	57	43	34
8 (81.6)	286	229	114	76	57	46
10 (102)	357	286	143	95	71	57
12 (122)	428	342	171	114	86	68
14.7 (150)	525	420	210	140	105	84

※最低使用可能量(L) = ボンベ残量(L) × 安全係数 0.8

<実際に使用できるガス量と安全係数>

上記公式によりボンベ残量を求めることができますが、その量を全て使用できるわけではありません。実際に使用できるガス量（最低使用可能量）はボンベ交換時のロス、メーター誤差、読み取り誤差などを考慮し、ボンベ残量に 0.8 を乗じて算出します。

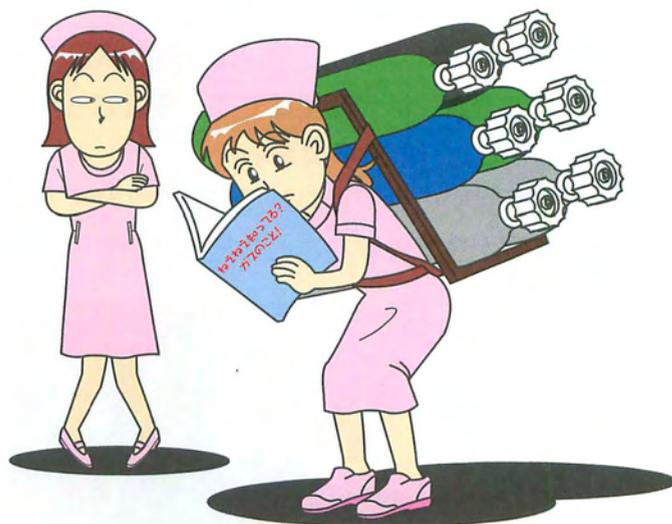
7. 酸素ボンベの残量と使用可能時間・その2

ナースステーションでの看護師の会話

- (A, B) 私たち昨日「ねえねえ知ってる？」を読んで酸素ボンベの事を勉強してきました。
- (C) それじゃ、このベッドの患者さんを検査にお連れしてください。この患者さんは3.5 Lの酸素ボンベで4 L / 分で吸入されているけど、検査は1時間弱かかるので必要な酸素ボンベを用意してから行ってください。
- (A) この圧力計の針は10 MPa だから行き帰りを考えてもこのボンベで足りません。
- (C) あら本当？検査室には酸素の配管がないのよ。もう一度良く考えて。
- (A, B) 先輩は計算の仕方知っているのかな？案外知らなかったりして。

問題 必要な酸素ボンベは？

- このボンベだけで十分
- このボンベと予備新品ボンベ1本持参
- 新品ボンベに付替えていく（予備なし）
- 新品ボンベと付替え、予備新品ボンベ1本持参



事故事例 5

2004年に石川県の市立病院の救急車が脳内出血の男性患者（当時68歳）を別の病院に転送中に人工呼吸器で吸入していた酸素が無くなり、途中の病院で酸素ボンベを借りたが、この男性は転送先の病院で9日後に死亡。この市立病院は救急車が出発する前に酸素ボンベの残量の確認が不十分であったと認めているが「死亡との因果関係はない」としている。

解答

その2 c) : 但し、患者重症度によっては他の選択肢もありうる

解説

この患者さんが1時間に消費する酸素量を計算すると $4 \text{ L} \times 60 \text{ (分)} = 240 \text{ L}$ となります。今使用中のポンベの最低使用可能量は、286 L なので (P12 参照)、計算上はこのポンベ1本で足りることになります。ただし私達は常に不測の事態を想定しておかなければなりません。一般的には必要量の1.5~2倍用意しておけば安心ですが、状況によっては余分に用意する量が異なります。

- (a) このポンベだけで十分：経済的には優れますが、酸素吸入が中断される危険性があります。予防的に酸素投与される患者で、中断しても危険が無いと判断できるときだけこのポンベだけで検査に行くことができます。
- (b) このポンベと予備新品ポンベ1本：空になっても予備を持つことで、患者の酸素吸入を継続できますが、不慣れな場所でポンベ交換が必要で、交換する間だけ酸素吸入が中断されます。重篤な患者には勧められません。
- (c) 新品ポンベに付替えていく（予備なし）：予定使用量（240 L）の約2倍にあたる500 Lの酸素が準備できたことになり、酸素の中断が許されない患者でも安心して検査に行けます。ただし中途半端な残量のポンベが残るという欠点もあります。
- (d) 新品ポンベに付替え、予備新品ポンベ1本持参：重症患者で検査が40分以上延長することが予測されるならば、もう1本用意する必要があります。

模範回答は (c) になりますが、患者の重症度によって正解は異なります。

酸素ポンベの残量確認は大変重要です。最近でも酸素ポンベの残量を確認せずに酸素切れを起こした事故がありました（事故事例5）。

また忘れてならないのは交換作業に必要なスパナを用意することです。スパナを持ち出す事を想定し、予備のスパナを保管することも忘れないで下さい。持ち出したスパナを元の位置に戻す事もお作法です。



酸素ポンベ置場



予備のスパナ

蘇生バッグは用手的に患者を換気するための道具で、バッグを圧すだけで誰でも換気できるように工夫されています。しかし、簡単そうに見えるこの蘇生バッグの換気にも、とんでもない落とし穴があります。

8. 危険な蘇生バッグ

病棟で人工呼吸されている呼吸不全患者をICUに搬送することになりました。患者は100%酸素を吸気しても動脈血酸素分圧PaO₂は100 mmHg（大気呼吸の正常値）しかありません。

そこで、酸素ボンベと図1の蘇生バッグを準備して、医師が用手換気しながら搬送することになりました。当然、血圧やSpO₂をモニタリングしながら搬送したのですが、エレベータに乗る頃からSpO₂が低下し始め、ICUの直前でショックになりました。しかし、すぐにICUに入って人工呼吸器を装着し、昇圧剤を投与して事なきを得ました。



図1 危険な蘇生バッグ

ICUにて

- (担当医) ちょっと搬送するだけでショックになるほどの重症呼吸不全であり、ICUで管理する必要がありました。
- (患者の妻) どれくらい危険な状態でしょうか？
- (担当医) ICUの入り口のところで、危うく心停止するところでした。搬送可能なうちにICUに連れて来たのは妥当な判断であったと思います。
- (患者の妻) ありがとうございます。主人を助けてください。よろしくお願いします。

問題 この患者がショックになった原因は何ですか？

- ARDS（急性呼吸不全）が急速に増悪した
- ボンベが空だった、ライン脱落など何らかのトラブルがあった
- 酸素の流量が少な過ぎた
- 10 L/minの酸素流量でも、吸入酸素濃度は30%程度にしかならなかった
- 担当医が用手換気に不慣れで、十分な換気を維持できず、加えて、高すぎる気道内圧を負荷したために循環抑制を来した

解答

d)

解説

蘇生バッグにはいくつかの危険な勘違いがあります。そのひとつは、蘇生バッグに酸素のラインが接続されていると、蘇生バッグの先からも酸素、すなわち 100%酸素が流れていると短絡的に思いこむことです。

結論から言います、図1の危険な蘇生バッグは院内で使用すべきではありません。高い吸入酸素濃度を確保することができず、酸素療法が必要な患者には適していません。

そこで、まずその問題点について解説します。問題の蘇生バッグの構造とその機構を下図2に示します。

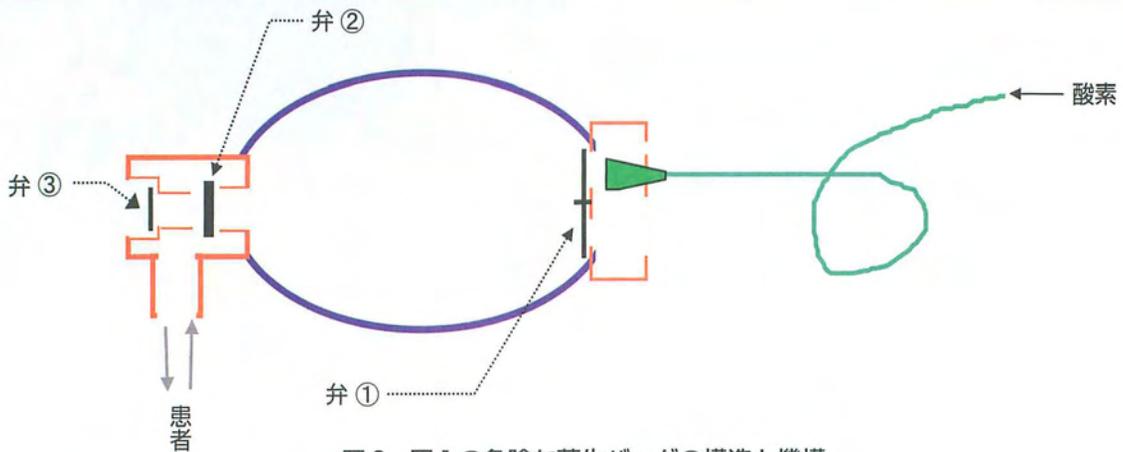


図2 図1の危険な蘇生バッグの構造と機構

- バッグそのまま：弁①は閉じていて、酸素はバッグ内に全く流れない
- バッグ加圧時 (スクイーズ時)：バッグ内圧が上昇し、弁②は大気側 (図左側) に移動し、密着する
その結果バッグ内のガスは患者側に流れる。弁①は閉じたままである
- バッグ開放時 (リリース時)：バッグ内が陰圧になり弁①は開き、大気とともに酸素がバッグ内に流入する
弁②は右に戻り閉じ、弁③は患者呼気の陽圧によって開き、呼気を開放する

酸素を流しても、バッグを揉まなければ患者側に酸素は流れない。

弁①はバッグの後ろに酸素が流れても、バッグ内が陰圧にならなければ開きません。つまり、蘇生バッグを患者の顔の上にかざしているだけでは、酸素は一滴たりとも流れてきません。

自発呼吸の患者に対して酸素吸入するには、蘇生バッグをマスクで顔面に密着させ、バッグ内のガスだけを吸気させる必要があります。術後に使う透明なビニール製の顔マスク (単純顔マスク) のように、患者にマスクを密着させない状態で、酸素が届いていると誤解することは危険です。これに対して、バッグをスクイーズ (バッグを揉むこと) すると弁①が閉じて弁②が開き、バッグ内のガスは患者側に流れます。では、バッグをスクイーズすれば 100%酸素を与えられるのでしょうか？



100%酸素を流してバッグ換気しても、患者側には100%酸素が流れない。

このタイプのバッグは、リリース（バッグから押手を離すこと）した時に100%酸素だけでなく空気（room air）を後ろの弁①から吸い込み、100%酸素は空気希釈されます。どれくらい希釈されるか、まずバッグに100%酸素を満たして実験しました（図3●）。酸素流量10 L/min、一回換気量500 ml、換気回数20回/分で換気すると、90秒後には33%にまで投与酸素濃度は低下します。逆にバッグ内をroom airから開始した場合（図3▲）、いくら換気してもバッグから出てくるガスの酸素濃度は33%を超えません。この患者さんは100%酸素を吸ってPaO₂が100 mmHgなので、ICUに到着したときには、単純計算でPaO₂は33 mmHgになっていたと推測でき、意識障害やショックになって当然と言えます。したがって、高濃度酸素を与えている患者に、この蘇生バッグを使用することは禁忌で、病院内に配備してはいけません。このタイプの蘇生バッグは、酸素を使用できない駅やプールサイドでの使用に適応があります。

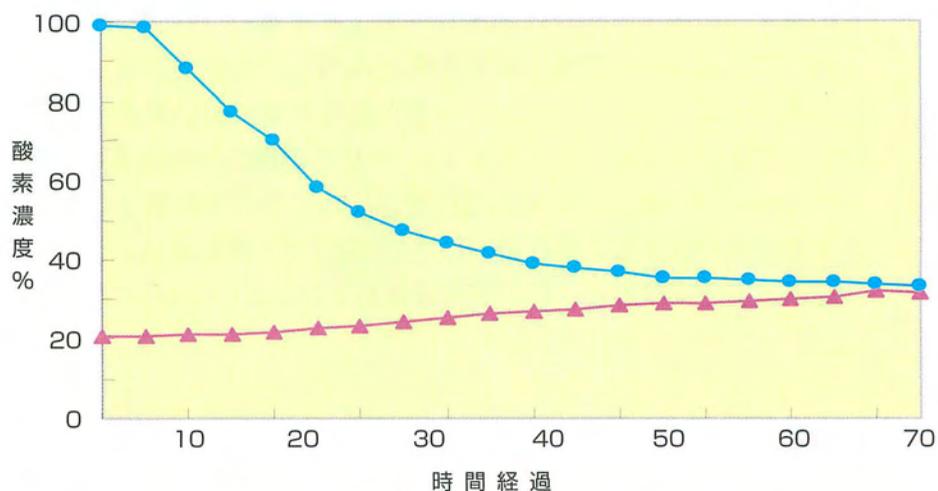


図3 問題の蘇生バッグの酸素濃度変化

酸素流量10 L/min、一回換気量500ml、換気回数20回/分で換気すると、バッグ内を100%にしているにもかかわらず90秒後には33%に低下し、room airから開始しても90秒後に33%に達してそれ以上には上昇しない。

図1の危険な蘇生バッグは、実際にある大学病院で少し以前まで標準的に院内で使用されていました。話を聴くと十年ほど前から使用され、看護部にはまだ在庫もあるということでした。だれも疑問に思わず使用していたという恐ろしい「知らぬが仏」の話です。また、選択肢e)もショックを惹き起こす原因になることがあります。実際に皆さんが両手でバッグを最後までスクイズすると、一回換気量は軽く1Lを超えることをご存知ですか？ 大き過ぎる換気量と高い圧は肺と心臓に対して傷害的に働きます。人工肺に換気量計を付けて用手換気トレーニングし、自分の手の換気量を予め知っておく必要があります。

<まだある危険な蘇生バッグ>

蘇生バッグにもいろいろな種類があります。院内で使用されているもうひとつの危険なタイプのバッグ（図4）は図5のような構造をしています。つまり、酸素は蘇生バッグの中に吹き出し、前問の蘇生バッグのように換気しなくても、先端から100%酸素は吹き出してきます。しかし、換気すると、後方から空気を吸い込むために、換気すればするほど先端から出てくる酸素濃度が低下するのは上述の蘇生バッグと同じです。



図4 危険な蘇生バッグその2

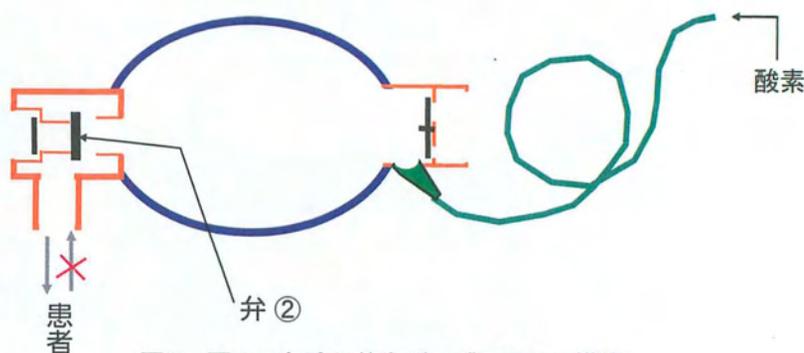
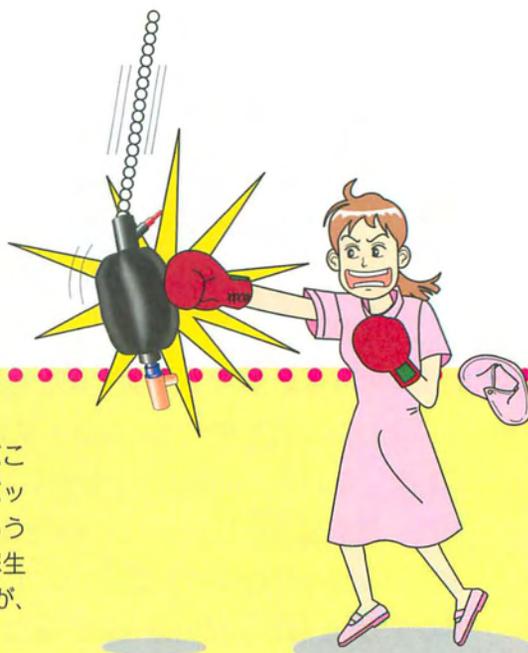


図5 図4の危険な蘇生バッグその2の構造

また、このバッグは気管チューブに装着して酸素を高流量で流すと一気に内圧が上昇して、**バッグがパンパンに張ってしまって換気できなくなる危険性**があります。つまり、このタイプの蘇生バッグは内圧が一端上昇すると、弁②が図のように呼気側を閉塞してしまい、吹き込まれる酸素流量でどんどんバッグ内圧が上昇します。同時に患者の気道内圧も過度に上昇して、患者はショックになります（高い気道内圧のために心臓に血液が還りにくくなり循環抑制が起こります）。一旦この現象が起きると、直ちに蘇生バッグを一度気管チューブから離して、気道内圧を減圧して危険を回避する必要があります。この蘇生バッグでは適切な酸素流量を選択し、設定内圧が上昇しないようにする必要があります。ただし、酸素流量を下げると、吸入酸素濃度も下がるというジレンマが生じます。



コラム：蘇生バッグとアンビューバッグ

蘇生バッグのことを、よくアンビューという慣用名で呼ぶことがあります。ところで、アンビューはAmbu社の社名でバッグの正式な呼称ではありません。しかし、アンビューという呼び名は本当によく耳にします。日本人が最初に使った蘇生バッグがAmbu社製であったためかどうかは知りませんが、調味料＝「味の素」的な呼称です。

9. リザーバー付きの蘇生バッグには何リッターの酸素を流す？

100%酸素を投与するにはリザーバー付きの蘇生バッグが必要です。したがって、院内には図6のような蘇生バッグを準備すべきです。



図6 リザーバー付き蘇生バッグとマスク

ICUでの会話

研修医 A と B が図6のような蘇生バッグで患者を換気しながら、出血性ショックになって挿管された患者を手術室に搬送しようとしています。2人は部長の K 先生から 100%酸素で換気しながら搬送するようと言われてしています。

(A) このまえ K 先生は、蘇生バッグを使って 100%酸素で換気するにはリザーバー付きのものを使用しなければいけないと言っていたよね。

ところで、酸素はどれぐらい流せばいいのだろう？

(B) 適当に流して、酸素飽和度 (SpO₂) をみればどう？

(A) え？ またそんないい加減なこと言っていると、怒鳴られるよ！

(B) じゃ、どうするの？ もう出なきゃいけないよ。

(A) だから、相談しているのだろ、もう役に立たないね……

問題

さて、この患者を 100%酸素で換気するには酸素をどれぐらいの流量で流せばよいでしょうか？

- a) 3 L/min
- b) 5 L/min
- c) 10 L/min
- d) 15 L/min
- e) リザーバーが常に膨らんでいる状態を保てる流量

解答 e)

解説
 図6の蘇生バッグは、レールダル社製のリザーバー付き蘇生バッグです。その構造と機構を下図7に示します。

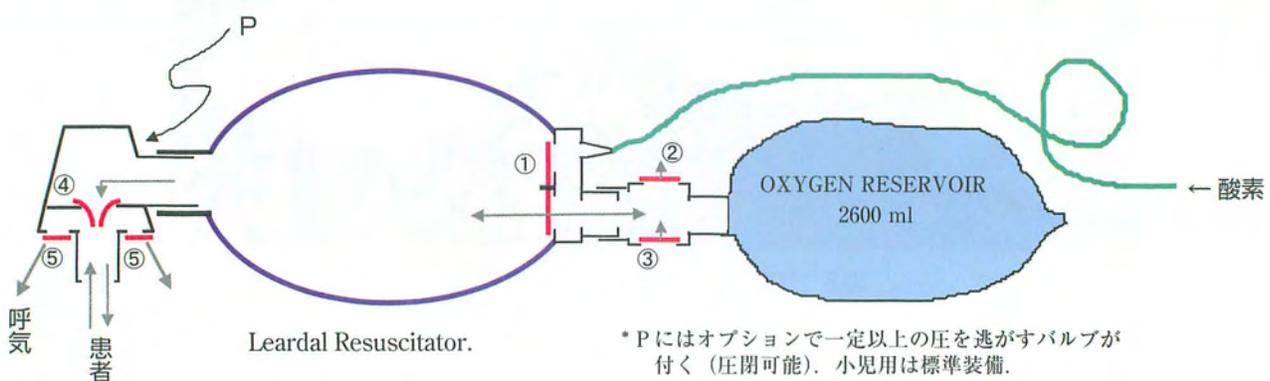


図7 レ社製 蘇生バッグの構造と機構

1. バッグを加圧（スクイズ）して換気しない場合には、弁①が閉じているために、酸素は後方に位置するリザーバーに貯まっていく。リザーバーが一杯になると酸素は弁①を押して、バッグ内へ入り、弁④を通して患者側へと流れる。このとき「危険な蘇生バッグその2」のように高い内圧にならないように圧が過剰に上昇すると、余分な酸素は弁②から逃げる。
2. バッグをスクイズすると弁①は閉じて弁④が開き、患者側へガスが流れる。呼気時は弁④が閉じ、呼気が弁⑤から排気される。バッグがリリースされてバッグ内が陰圧になると、リザーバーから100%酸素がバッグ内に流れ込む。このときリザーバーが膨らんでいる限り、決して大気はバッグ内に侵入しない。
3. 仮に、酸素が流れずリザーバーが完全に萎んでも、弁③が開いて大気で換気が可能である。

すなわち、この蘇生バッグで100%酸素を供給しようとするならば、**つねにリザーバーが膨らんだ状態を維持できるだけの流量**を流すようにします。したがって、正解はe)です。バッグが萎んで、弁③が開くと100%を維持することができません。

リザーバー付きの蘇生バッグは多くのメーカーから市販されています。それぞれ特徴がありますが、基本は上述のタイプと同じです。小児用、特に新生児用は高い気道内圧によって気胸を起こしやすいために、高い圧を自動的に逃がす開放弁（P）が付きます。

また、なかにはリザーバーが袋ではなく、長い蛇管を使用するものがあります（図8）。このタイプでは大気がバッグ内に流入しているか否かが目で見て分からないので、私はお勧めしません。そこで、病院内で使用する適切な蘇生バッグの条件を挙げてみました。



図8 蛇管リザーバー

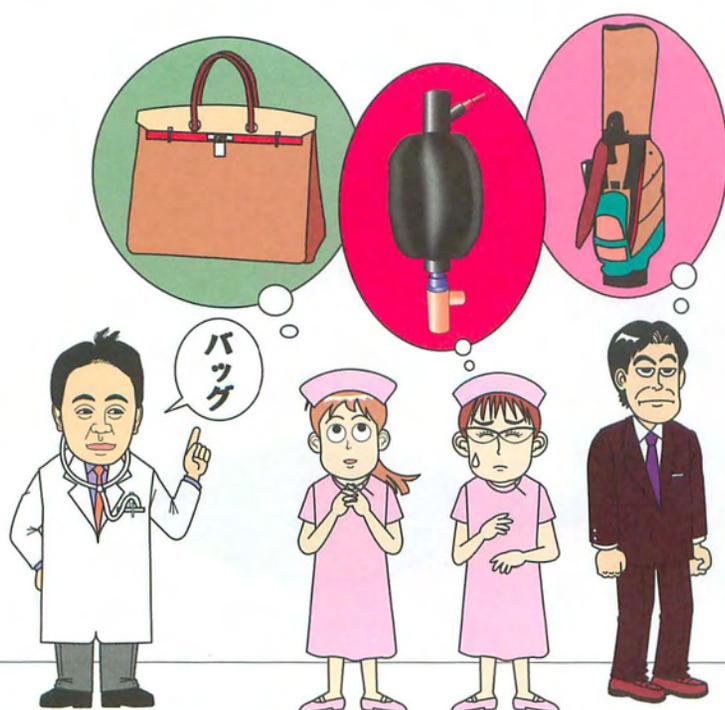
<良い蘇生バッグの条件>

1. リザーバーが完全に収縮しなければ（凹まなければ）100%酸素が供給される
2. 1.を視認しながら換気できる
3. 安全性が高いこと。酸素供給が途絶えリザーバーが収縮しても、大気で換気可能であり（弁③）、また逆に過剰な内圧にならない機構（弁②）がある
4. 換気用バッグが圧縮されなくても酸素の吹き流しが可能である
5. 自発呼吸患者の顔にマスクを密着しても、少ない抵抗で自発呼吸が可能である
6. 呼気が再呼吸されず（弁④）、感染予防のために呼気が患者側に排気され、医療者側に排気されない（弁⑤の向き）
7. PEEP 弁や肺の圧外傷を予防する為の圧解除バルブ（P）を選択できる
8. 分解掃除が簡単、喀痰・血液などが弁についてもその場ですぐに掃除できる
9. 通常の消毒・滅菌が可能
10. 耐久性があり、非使用期間が長くても性能が低下しない
11. 異常があった時に、バルブの動きが確認（目でみえる）できる
12. コンパクトに収納でき、使いやすく、高価すぎない

表1 吸入酸素濃度：酸素流量と換気量の関係

酸素流量 L/分	一回換気量(ml)×換気回数(/分)					
	500×12	500×24	750×12	750×24	1000×12	1000×24
3	62%	46%	56%	44%	46%	36%
5	84%	62%	70%	54%	58%	44%
10	98%	93%	98%	77%	92%	66%
12	100%	100%	100%	99%	99%	72%
15	100%	100%	100%	100%	100%	84%

レ社蘇生バッグ バッグ容量：1600 ml、リザーバー容量：2600 ml(成人用)



なお、酸素流量が少ないときに吸入酸素濃度がどのように変化するか、換気量ごとに示した表を下に示します（表1：レ社の使用説明書）。この表からも分かるように、酸素流量の目安は、リザーバーが凹まず100%吸入酸素濃度が確保しやすい15 L/分以上がお勧めです。すでに述べたように、用手換気に不慣れな方が、蘇生などの緊急時に両手で換気量を意識せずに揉むと1回に1000 ml程度で、20回/分以上で換気されることが多いからです。

<蘇生バッグ以外の用手的換気装置：ジャクソン・リース回路>

蘇生バッグの代わりにジャクソン・リース回路（図9、10）を使用している施設も多くあります。J-R回路の構造は単純で図9に示す通りです。

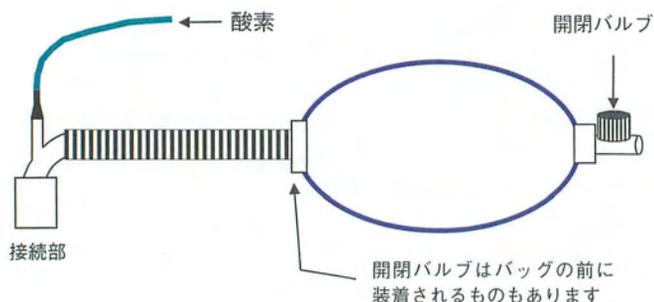


図9 ジャクソン・リース回路の構造

【注意】かつて使われていた酸素流入部が接続部内腔まで突き出しているタイプのJ-R回路は、新生児・小児を換気するとき死腔換気率を小さくできるという利点があります。ところが、このJ-R回路は一部の小児用気管チューブに接続すると、酸素流入部が気管チューブにはまり込み換気不能になる医療事故が発生したために自主回収されました。しかし、このタイプの接続部（ピン付きL字コネクター）だけが備品庫にまだ残っている可能性がありますのでご注意ください。

J-R回路は、回路という名称ですが、図のように回路にはスクイズするためのバッグがついています。その特徴は、蘇生バッグのような復元性（手を離すと元の形に戻る性質）はなく、放っておくと萎んでペタンコになります（麻酔器のバッグと同じです）。そして患者側との間に弁などの機構が全く存在しません。このために後方の開閉バルブを閉じないとバッグが膨らまず、換気することはできません。逆に、開閉バルブを完全に閉じると、ガスの逃げ場がなくバッグがパンパンに張ってしまい危険です。したがって、J-R回路では開閉バルブをちょうど良い程度に閉じてやるというコツが必要になり、少しトレーニングしないと使用できません。

J-R回路の利点は、①患者との間に弁がないために抵抗が少なく、②患者の呼吸状態がバッグを揉む手掌に直接感じることができ、③簡単にPEEPを付加できます。これに対して、蘇生バッグは吸気時の抵抗は分かりますが、呼気の感触は分からず、また、PEEPを付加するためにはPEEP弁を別に付ける必要があります。

J-R回路の欠点は、④酸素流量が少ないとバッグ内に戻ってきた呼気を洗い流すことができず、呼気を再呼吸する可能性があること、⑤酸素流量と換気量によって開閉バルブを調節する必要があり、初心者には難しい等の点を挙げることができます。なお、成人では100%の吸入酸素濃度を確保するための酸素流量は、一方弁が付く蘇生バッグよりもJ-R回路の方が多くなります。

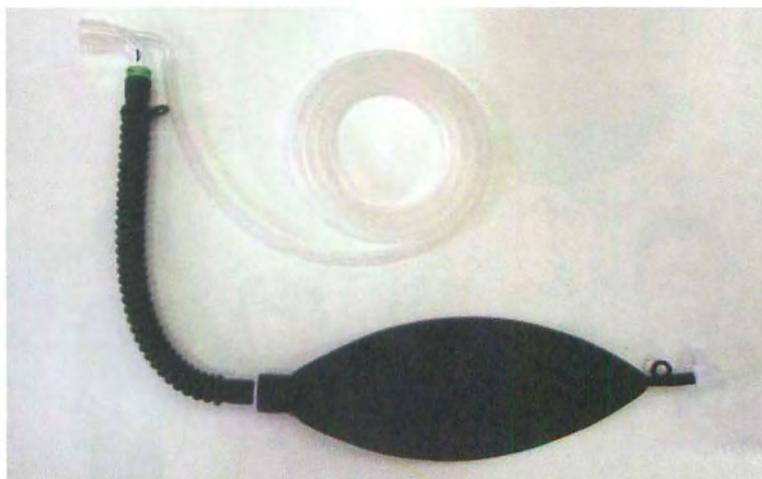


図10 J-R回路写真



10. リザーバー付きの蘇生バッグがない！

ある病院の患者を当院に搬送するために、当院の部長であるK医師と研修医Aが迎えに行き、搬送に随行することになりました。患者の入院する病院に到着した時には患者はすでに気管挿管され、100%酸素で人工呼吸されていました。ところが、その病院には搬送用人工呼吸器もなく、設問8の、問題の危険な蘇生バッグ（図1）しかありませんでした。

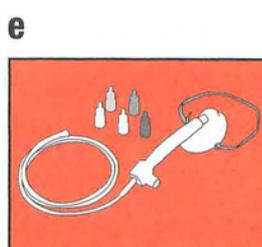
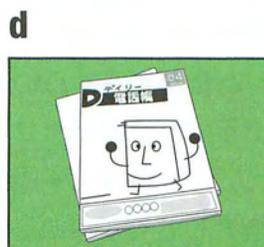
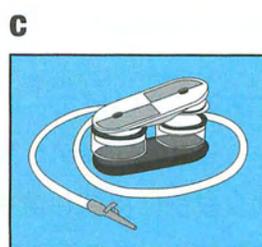
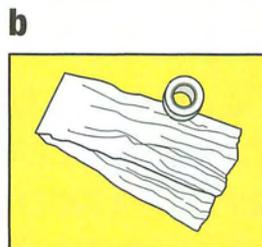
ある病院の救急外来での会話

- (A) K先生、この病院の蘇生バッグはどれもリザーバーが付いていないのですが、どうしましょうか。J-Rも無いのでどうしようもありません。
- (K) A君、君ならどうするかね？
- (A) そうですね、近くですから、私達の病院の蘇生バッグか搬送用ベンチレーターをひとつ取り回して取ってきましょうか。
- (K) それもいいけれど、行って帰っての約30分間にまたショックになったらどうする？
- (A) 困りましたね。先生ならどのようにされますか？
- (K) A君、？をもらって来てくれないかね
- (A) えっ！ 何をするのですか？
- (K) いいから早くもらっておいで

問題

さて、K先生は何をもらってこいとA君に言ったのでしょうか？

- a) 酸素濃度計
- b) ビニール袋とテープ
- c) 足踏式吸引ポンプ
- d) 電話帳
- e) ベンチュリーマスクのセット



解答 b)

解説

患者は 100%酸素で人工呼吸中であり、搬送には当然、搬送用人工呼吸器か、リザーバー付きの蘇生バッグ、もしくは J-R 回路が不可欠です。しかし、この病院には問題の蘇生バッグしかありません。そんなときビニール製のゴミ袋を使ってちょっとした工夫をすると、リザーバー付き蘇生バッグを作ることができます。

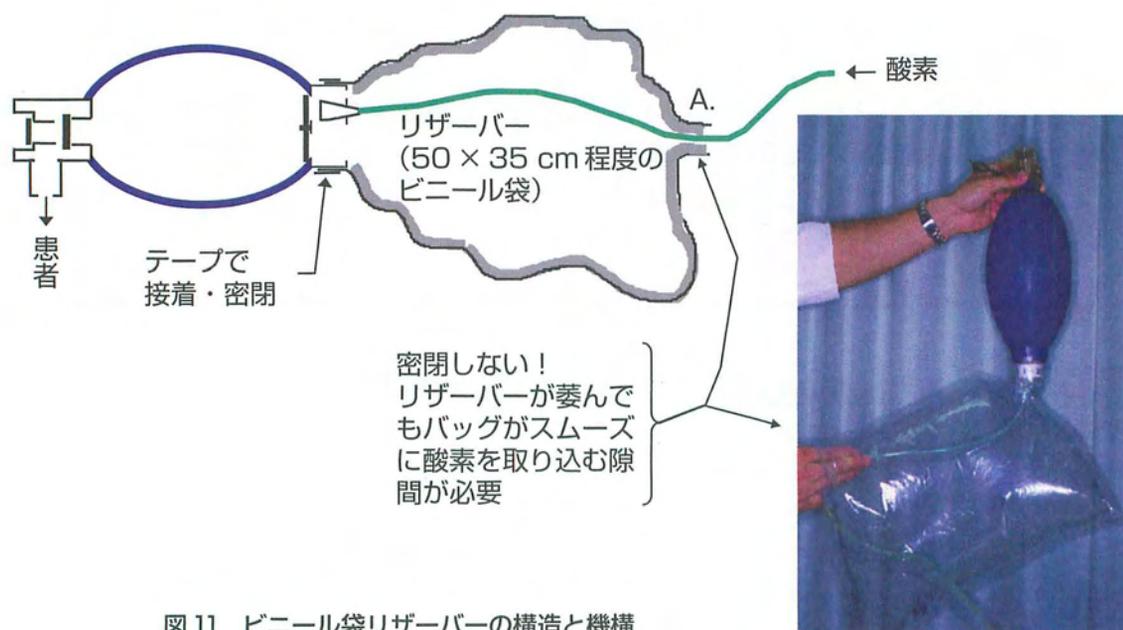


図 11 ビニール袋リザーバーの構造と機構

<ビニール袋リザーバー>

作り方：

病棟にある小さいビニール袋（50 cm × 35 cm 程度、透明なものが良い）の底部分の一方の角を 5 ～ 6 cm 程切り取って穴を開けます。ここに酸素のチューブを通して蘇生バッグのコネクターに接続します。次にビニール袋の口を折り畳んで、袋を図の様にリザーバーとして蘇生バッグの後ろのインテークを塞がないようテープで取り付けます。

使用方法：

酸素流量は、まず流量計を無視して「ピー」と音がするくらいの大流量に設定し、ビニール袋リザーバーが写真のように少し張りが出る程度に膨らませます。このときリザーバーのお尻（A）を握っておき、リザーバーとバッグ内の空気が純酸素で洗い流されるまで少し待ってから A を開放します。あとは普通に換気してください。その後に酸素流量を絞り込んで、蘇生バッグをスクイズしてもリザーバーが凹まない程度に流量を調節して下さい。適切な酸素流量は皆さんのスクイズの仕方ですが、100%吸入酸素濃度を維持する

にはリザーバーの膨らみが大切です。

ただし、自発呼吸の患者に対してマスクを密着させずに吹き流すときは、酸素はリザーバーのお尻（A）から漏れ出てしまうので、このときだけは（A）の部分を持って下さい。それ以外は換気不能や気道内圧過上昇などの危険があり、原則として（A）は握って押さえないでください。

P18 図4の「危険な蘇生バッグその2」を用いる応急方法は、まずバッグ後方の酸素チューブの接続口をテープで閉鎖しておきます。あとは上述の応急処置と全く同じようにします。

<とんでもないビニール袋リザーバー>

応急リザーバーの作り方を講義したのち、しばらくしてある病棟に行くと、図12のとんでもないリザーバーを発見しました。リザーバーは、後ろにきちんと間隙が設けられ、形も整っているのですが、内容量が極端に小さく、15 cm × 10 cm 程度しかありませんでした。

リザーバーの意味を全く理解していない方がこの応急リザーバーを作ったことは明らかです。

しかも、このリザーバーとは言えない代

物は実際に数ヶ月間も使用されていました。私にとっては、中途半端な講義も、このリザーバーのように危険であると痛感した事件でした。

ところで、このリザーバーの問題点は言うまでもありませんが、内容量が小さすぎます。理解できない方は、前問をよく再読し、吸入酸素濃度と換気量との関係（表1）をみてください。



図12 とんでもないビニール袋リザーバー



★注意★

この応急リザーバーの使用は、緊急時の対応に限定してください。日常的に使用する蘇生バッグは改造したものを使用せず、適切で安全なものを準備してください。

過去 20 年間の主な医療ガス事故

 : ボンベに起因する事故
 : 配管設備に起因する事故

日時	場所	件名	事故種別
概要			
1985.1	宮崎県	▼麻酔回路チューブ破損▼	
患者が手術中に呼吸不全となり、昏睡のまま死亡。麻酔回路のチューブが破損しており、ガスが漏れていた。			
1985.6	東北	▼高気圧酸素治療装置酸素管へ空気混入▼	
眼科の手術中、高気圧酸素治療装置の酸素と空気の加圧供給回路のバルブ操作ミスにより患者が酸素欠乏状態となったが、的確な対応により事なきを得た。空気圧が酸素圧よりも高くなっていた。			
1985.12	大阪府	▼酸素貯蔵タンクが空に▼	
深夜、中央配管で供給されている酸素の圧力が異常に低下し、警報装置ランプは点灯作動したが、当直の職員は翌朝酸素供給業者が補充にくることになっていたので放置していた。集中治療室の患者の心電図に不整脈が出ていることから人工呼吸器の酸素圧力低下に気づいた担当医が応急手当てをしたが、事故当日とその後 2、3 日の間に重症患者が 4 人死亡した。当直の職員が予備用酸素ボンベに切り替える操作を知らなかった。			
1986.12	愛媛県	▼酸素吸入用具破裂負傷▼	
酸素吸入用具を酸素ボンベに取り付け操作中、圧力計が破裂し、看護師 2 名が腕や眼に負傷。操作に問題があったと見られている。(基礎編事故事例 3)			
1987.6	神奈川県	▼酸素ボンベからの発火▼	
歯科医院で酸素吸入用のボンベを操作中にバルブと減圧弁付近から発火。ボンベの取り扱い操作ミスと見られる。			
1987.6	静岡県	▼人工呼吸器火災▼	
集中治療室内で患者ベッド脇の人工呼吸器から発火して患者が後日死亡。何らかの火気があり、人工呼吸器から漏れ出した酸素により火が広まったものと見られている。			
1987.9	千葉県	▼レーザーメスによる発火▼	
レーザー光で気管支内に挿入した呼吸用チューブが発火し、患者が重度の熱傷を負い、発生半月後、敗血症により死亡した。			
1987.12	佐賀県	▼交差配管により患者死亡▼	
医療ガスの配管工事の際、酸素と笑気の配管を交差させて接続した。手術の際に酸素を吸入されるはずの患者が笑気を吸入され 2 名が相次いで死亡。病院側による配管工事後の使用前検査もなされていなかった。			
1988.6	東京都	▼人工呼吸停止▼	
集中治療室で稼働中の人工呼吸器が一齐に停止したが、担当医が的確に対応したため大事には至らなかった。圧縮空気中の水分が人工呼吸器内に結露し故障を誘発したと見られている。			
1989.2	東京都	▼酸素アウトレットからの火災▼	
集中治療室で使用中の酸素アウトレットから発火し、室内が煙に包まれた。何らかの原因でアウトレット内で断熱圧縮が発生し周囲へ火が広がったのではないかと見られている。			
1989.7	福島県	▼高気圧酸素治療装置の火災▼	
高気圧酸素治療装置で患者を酸素吸入治療中、火災が発生し、治療中の患者は全身大やけどを負い、翌日死亡した。治療装置内から患者のものと思われるカイロが発見されたことから、このカイロの火による火災と推定。治療前に患者のポディーチェックが十分になされていなかったことによる事故。			
1990.5	神奈川県	▼アウトレット飛散▼	
手術室のアウトレットのねじ込み部分が緩んでいたため突然、部品の一部が外れて飛んだが、人には当らず負傷者は出なかった。アウトレットの定期点検の必要性を示した事故であった。(1990.6 に茨城県でも同様の事故発生)			
1991.1	青森県	▼酸化エチレンガス漏洩▼	
業者が病院で酸化エチレンのボンベ交換の際、すでに取付けられていたボンベから残液及び残ガスが噴出漏洩した。ボンベ配送を行っていた業者が、残ガスボンベの元バルブが開いていたのに、これを確認せず配管接続継手を緩めたため。			
1991.11	福岡県	▼圧力調整器からの発火▼	
手術室前室廊下で酸素ボンベのバルブを開けた時、圧力調整器のボンベ接続部付近から発火し、廊下を焼損した。負傷者は出なかった。長年の使用により圧力調整器内に微小可燃物が堆積し断熱圧縮もしくは摩擦による発火と推定。(基礎編事故事例 4)			
1992.4	神奈川県	▼流量計内壁焼損▼	
病室で加湿器付き流量計を酸素のアウトレットに結合した時、流量計の内側を焼損したが負傷者は出なかった。長年の使用により内部に微小可燃物が堆積していたことによる発火と推定。			

1992.6	東京都	▼ボンベ取り違え▼	
手術後に患者を搬送中、二酸化炭素ボンベを酸素ボンベと間違えて吸入させられた患者が死亡。二酸化炭素ボンベの色が酸素の医療ガス配管の色である緑と同じであったため誤ってつないでしまった。(基礎編事故例2)			
1992.12	茨城県	▼高気圧酸素治療装置爆発▼	
高気圧酸素治療装置内で脳梗塞のリハビリ治療を受けていたところ、突然爆発し患者が焼死した。患者が装置内に持ち込んだカイロから発火したと推定。治療前のボディチェックが十分になされていなかった。			
1993.4	大阪府	▼酸素ボンベから発火▼	
看護師が、酸素ボンベを交換してバルブを開いた瞬間に炎が噴き出し、両腕に火傷を負った。段ボール箱等を焼いたため、入院患者が一時避難した。看護師はマニュアル通り行ったと証言。			
1993.5	北海道	▼酸素ボンベから発火▼	
歯科診療所の職員が酸素ボンベのバルブを開けていたところ、バルブ又は圧力調整器付近より発火し、火傷を負った。			
1995.11	神奈川県	▼酸素供給圧力低下▼	
総合病院で酸素供給システムに異常が発生し、酸素の圧力が約40分間低下。酸素ボンベの配管コックが「閉」になっていたのが原因で、事故直後から翌日未明にかけて病院内で4人の患者が死亡。			
1996.2	山梨県	▼高気圧酸素治療装置爆発▼	
高気圧酸素治療装置内で爆発、5人が死傷した。何らかの原因で引火したと見られているが、詳細は不明。			
1997.2	広島県	▼在宅酸素療法中に火災▼	
在宅酸素療法を行っていた患者宅で出火、寝たきりの患者は死亡。酸素濃縮器から発生した酸素に何らかの火気と可燃物により出火したと見られている。			
1997.6	東京都	▼携帯用酸素ボンベバルブ焼損▼	
入院患者が外泊中に自家用車内で酸素吸入を開始後、呼吸困難を起こした。ボンベを点検した結果、バルブの弁材(ダイフロン)の焼損により有毒ガスが発生したことが判明した。			
1997.7	千葉県	▼酸素ガスボンベから異臭▼	
医薬品製造会社で製造し千葉県の病院へ納入した医療用酸素ガスボンベ1本から異臭が発生、自主回収を行なった。手術前の点検時に異臭が発見され、被害は出なかった。成分分析により塩素およびフッ素化合物が検出されたが、なぜ混入したかは不明。			
1998.3	北海道	▼酸素吸入器発火▼	
患者のベッド付近から発火し、患者は大火傷を負い1ヵ月後に死亡。患者のタバコの火が酸素吸入器のチューブを溶かし、漏れた酸素で火が広がったと見られる。			
1999.10	兵庫県	▼ボンベ取り違え▼	
術後移動中に酸素ボンベの交換をしようとした看護師が誤って二酸化炭素ボンベを持ち出し、医師と一緒に吸入器につないだ。患者は5分後に心停止に陥り、脳に重い後遺症が残った。二酸化炭素のボンベにはラベルも貼られていたが、看護師はボンベの「〇〇酸器」という販売店の名称をみて酸素ボンベと思い込んだ。(基礎編問題4参照)			
2000.1	神奈川県	▼携帯用酸素ボンベの流量設定器から出火▼	
酸素吸入治療中の入院患者が外出先での予備ボンベ交換の際に、流量設定器をセットしてバルブを開いたが酸素が出てこないので締付けハンドルを確認していた途端、「ドーン」という音と共に流量設定器が溶融し発火。患者は火傷を負った。予備ボンベ交換時にボンベの防塵キャップを付けたまま流量設定器を装着したために、引きちぎれた防塵キャップの一部が流量設定器内部の断熱圧縮により発火したものと推定。			
2000.3	神奈川県	▼亜酸化窒素供給圧力低下▼	
中央手術室の笑気供給圧が低下したため麻酔器付属のボンベで対応した。亜酸化窒素のみならず酸素、圧縮空気、窒素、吸引の各配管とその接続部に地下ピット内の漏水による腐食が認められた。			
2000.12	青森県	▼内視鏡下レーザー手術中の患者が火傷▼	
大学病院で内視鏡によるレーザー手術中に体内で発火し患者は気管支内に火傷を負った。発火原因は不明であるが、高濃度酸素が発火を助長したと思われる。(基礎編事故例1と同様の事故)			
2000.12	福岡県	▼酸化エチレン殺菌ガス漏洩▼	
病院のガス漏れ警報機が作動したため職員が確認したところ、酸化エチレン殺菌ガスの予備ボンベのバルブからガスが漏洩しているのを発見。消防署員が駆けつけて容器の元バルブを閉め直し漏れを止めた。病院の床にボンベ塗料が落ちていることから、誰かがボンベを倒したときにバルブが緩み漏洩したのではないかと推定。			

2001.1	栃木県	▼救急車内での酸素圧力調整器発火▼	
患者搬送中の救急車内で携帯用酸素ポンベの切り替えをしていたところ、突然炎が上がり、救急隊員1名が火傷で重傷、患者と付添人ら3名が軽傷を負った。圧力調整器内のフィルターにアルミ粉、鉄粉等の異物が入り、温度上昇等によって発火したものと推定。当該圧力調整器(米国製)は、同型のものによると思われる出火事故が米国で10件発生し日本でも回収対象になっていたもの。			
2001.1	山形県	▼携帯用酸素ガスポンベの転倒による火災▼	
病院内で患者が使用していた携帯用酸素ガスポンベが倒れた際に酸素が漏れ、何らかの着火源により出火し、病室の壁や布団などが焦げた。病室にいた入院患者が4名は無事。携帯用酸素ポンベをキャスターに載せ歩いていた患者がポンベごとキャスターを転倒させ、その火花によって発火したものと推定。			
2001.2	東京都	▼圧力調整器から発火▼	
歯科医院で酸素ラインの圧力調整器から発火。ポンベ室の壁を延焼し、職員が顔と手にやけどを負った。			
2001.2	大阪府	▼使用済みポンベが飛んだ▼	
大阪の路上で潜水用ポンベの圧縮空気を抜こうと容器バルブを一気に緩めたところ、突然ポンベが飛び、約70m離れた外国車ショールームにガラスを割って飛び込んだ。けが人はなかったが、展示している車などに約3000万円の被害が出た。			
2001.3	東京都	▼空気製造装置の警報が誤作動▼	
大学病院で早朝、人工呼吸器に供給される空気製造装置の警報と同時にバックアップシステムが作動し、予備ポンベから空気が供給され始めた。しかし連絡体制不備の結果、予備ポンベの空気が少なくなり患者36人に約1時間にわたり空気の供給に支障を来した。特に患者の状態に影響はなかったが、一時は手動で人工呼吸を行うという異常事態となった。			
2001.4	東京都	▼酸素ポンベが空▼	
人工呼吸器などに酸素を送るポンベ8本がほとんど空になり酸素濃度が低下した。その直後に酸素供給を受けていた29名の患者のうち、2名が死亡。			
2001.8	米国	▼ポンベが患者を直撃▼	
MRIの検査を受けていた6歳の男児が装置の強力な電磁力に引き寄せられた酸素ポンベに頭を直撃されて死亡。ポンベは消火器程度のもので誤って検査室内に持ち込まれた。			
2001.11	山形県	▼医療用酸素湿潤器の火災▼	
病室のコンソールに取り付けられていた酸素湿潤器から突然発火し、隣りに設置された吸引器のゴム製チューブに引火。患者一人が顔に軽い火傷を負った。通りかかった職員が消火器で消し止めたので他の患者は無事だった。この湿潤器はその構成部品のゴム、プラスチックが経年劣化すると発火の恐れがあるとして、メーカーから回収通知が出ていたが、この病院では周知徹底されていなかった。			
2001.12	神奈川県	▼圧縮空気圧低下▼	
大学病院の集中治療室で圧力調整器が故障したことにより圧縮空気の供給圧力が低下。人工呼吸器の警報が一斉に鳴り出したために速やかに用手式に切り替え、患者への影響は回避できた。			
2002.1	山梨県	▼病院の滅菌器からの酸化エチレンガス漏洩▼	
全自動酸化エチレンガス滅菌器の修理を受託した業者が一時的に現場を離れた時、ガス注入の電磁弁の取付ナットを十分に締め付けなかったため、暫くして「シー」という音と共にガス漏れ警報器が鳴った。病院職員が直ちに滅菌器を停止し窓の開放を行ったが、看護師2名が体調の異常を訴えた。			
2002.4	大阪府	▼酸素カニューラ燃焼▼	
酸素療法中に突然、焦げ臭い匂いとともに酸素カニューラとベッドの一部が燃焼した。同室の患者が手持ちのお茶をかけて消火し大事には至らなかった。酸素チューブが鉄製の手すりに挟まれ裂けたところから酸素が漏洩し、そこに何らかの火が引火したものと考えられている。			
2002.4	香川県	▼ワゴン車内での在宅酸素療法装置の火災▼	
業者が車内に在宅酸素療法用液化酸素ポンベ及び酸素ガスポンベを積載し運転中、煙草に火を付けた直後、火が大きくなりタバコが床に落ちた。業者は消火器で火を消そうとしたが火の廻りが早く、消火できないと判断し消防署へ通報した。40キロ液化酸素ポンベの安全弁設定圧力と容器内の圧力との間に僅かの差圧しかないため、断続的に安全弁が作動し車内の酸素ガス濃度が上昇していたものとみられている。この火災で業者は両足及び腕に火傷による重傷を負った。			
2002.9	北海道	▼歯科医院での酸化エチレンガス漏洩▼	
歯科医院で治療器具の滅菌作業を行っていたところ、突然「ボン」という音と共にホースから酸化エチレンガスが漏洩した。直ちにポンベ元バルブを閉めたが院内の歯科衛生士や助手6名が不調を訴え、手足のしびれやのどの痛みなどで病院に運ばれ5名が軽症と診断された。ガス供給用耐圧ホースの材質が塩化ビニール製で酸化エチレンガスとの化学変化(膨潤)により劣化し亀裂が入ったものとみられている。			

2003.1	福島県	▼MRI 交換作業中に液体ヘリウムボンベ爆発▼	
<p>病院内に設置した旧型のMRI 装置の撤去作業中、ヘリウムボンベが突然爆発。作業員ら8人が重軽傷を負い病院内のガラスや部屋が破損した。MRI からヘリウムガスを抜きとる作業で、手順を間違いヘリウムガスの排出経路を塞いだために圧力上昇し爆発した可能性が高いとみられる。</p>			
2003.8	千葉県	▼携帯用酸素ボンベ爆発▼	
<p>パチンコ店にて救急隊員が心肺停止の男性に携帯酸素ボンベで酸素吸入を施そうとした際に突然ボンベが爆発し、救急隊員2人が顔に軽い火傷を負った。何らかの火が引火したものと見られている。心肺停止の男性も間もなくその場で死亡したが、爆発が死因である可能性は低いとみられた。</p>			
2003.11	神奈川県	▼3ヶ月男児に酸素と窒素を間違えて吸入▼	
<p>未熟児網膜症の生後3ヶ月の男児を保育器で搬送する際、担当の看護師が保育器に装着されていた窒素を酸素と間違えて37分間吸入させた。この病院では心臓手術のための特殊な治療に窒素ボンベが使われ、治療後も保育器に装着されたままになっていた。これを担当看護師が十分チェックせずに男児に吸入させた。男児は一時、脳障害の可能性があった。</p>			
2003.12	宮崎県	▼中央配管に流れた窒素を吸入し患者死亡▼	
<p>病院の配管工事完成後に窒素ガスを流して完成検査を実施。その際、呼吸器病棟への配管にも窒素が流れ込み入院中の70代の男性患者が死亡した。配管業者が、完成検査時に本来閉めておくべき同病棟へ行く配管のバルブを閉め忘れたことを認めた。この業者は病院側に完成検査を実施することを通告していなかった。</p>			
2004.1	京都府	▼交換後の酸素LGCが破裂、周辺民家に延焼▼	
<p>業者が酸素LGCを交換した直後、そのうちの1本が突然破裂し、爆風で窓ガラスなどが破損し、隣接する民家で火災が発生した。破裂したLGC容器の外槽部は大きく破損し原型を留めていなかったが内槽部は損傷が少なかった。現在原因を調査中である。</p>			
2004.2	大阪府	▼塗装剤の有機溶剤が人工呼吸器に混入▼	
<p>人工呼吸器に使用する圧縮空気に気化したトルエン系溶剤が混入し、患者2名が一時顔面紅潮などの症状を示した。圧縮空気を供給するコンプレッサーが設置されている地下機械室の床下で貯水槽の防水塗装工事が行われ、これに用いた塗装剤のトルエン系溶剤が気化し貯水槽のマンホールの隙間から機械室に漏出し、圧縮空気に混入した。</p>			
2004.5	石川県	▼酸素ボンベが途絶▼	
<p>脳内出血の患者を別の病院に搬送中に人工呼吸器の酸素ボンベが空になり、途中の病院に駆け込み酸素ボンベを借りたが、患者は9日後に死亡した。出発前の酸素ボンベの残量の確認不十分。(基礎編事故事例5)</p>			

 : ボンベに起因する事故

 : 配管設備に起因する事故

●プロフィール●

氏名 尾崎 孝平 (おざき こうへい, Kohei Ozaki)
生年月日 昭和31年5月20日
昭和57年 兵庫医科大学医学部卒業 麻酔科入局
昭和59年 同大学麻酔科助手
平成2年 兵庫医科大学 ICU 助手
平成3年 米 Pittsburgh 大学肝移植集中治療ユニット
平成4年 兵庫医科大学 ICU 医局長、学内講師
平成8年 兵庫医科大学救急部助手
平成9年 防衛医科大学校麻酔科助手、同大学病院講師 (ICU/CCU)
平成15年 鐘紡記念病院 麻酔集中治療部 部長 現在に至る



●資格および職歴●

麻酔科標榜医、日本麻酔学会指導医、日本集中治療医学会専門医
日本呼吸療法医学会評議員およびセミナー委員、日本モニター学会評議員
日本集中治療医学会近畿地方および関東甲信越地方会評議員
急性期 NPPV 研究会世話人、埼玉感染症研究会世話人
医療事故調査会世話人、医療事故情報センター協力医
神奈川県立福祉大学集中治療認定看護師学科非常勤講師
高知医科大学麻酔蘇生学講座非常勤講師 (医療管理学)
Editor : ICU risk management news、Editorial board : 救急・集中治療、呼吸器ケア

●編集後記●

本書の発行にあたり、すぐに臨床に役立つ内容を出来るだけわかり易く解説したつもりです。一方で、臨床編については専門的過ぎるのではないかという意見もありました。しかし、編集スタッフの総意として、呼吸療法にあまり馴染みのない方にも、これだけは最低限知っておいて戴きたいという意図から、今回の内容に決定しました。今後、より実用的な内容にしていく所存ですので、皆様から忌憚のないご意見を頂戴いたしたいと切に希望いたします。何卒、下記発行者までご意見をお寄せくださいますようお願い申し上げます。 編集スタッフ一同

医療ガスを安全に使うための Q&A

ねえねえ知ってる? ガスのこと!

2005年9月30日発行

発行者 住友精化株式会社
〒541-0041 大阪市中央区北浜4丁目5番33号 (住友ビル4階)
TEL : 06-6220-8574 | FAX : 06-6220-7863
〒102-0073 東京都千代田区九段北1丁目13番5号 (日本地所第一ビル)
TEL : 03-3230-8555 | FAX : 03-3230-8528
URL <http://www.sumitomoseika.co.jp>

岩谷産業株式会社
〒105-8453 東京都港区西新橋3-21-8
TEL : 03-5405-5852 | FAX : 03-5405-5636
〒541-0053 大阪市中央区本町3丁目4番8号
TEL : 06-6267-3181 | FAX : 06-6267-3307
URL <http://www.iwatani.co.jp>

制作・印刷 株式会社双文社印刷所
URL <http://www.sobun-printing.co.jp>

イラスト わたなべかずみ
URL <http://www.asahi-net.or.jp/~fk5k-wtnb/>

イワタニは、病院様のための 「提案型営業」を推進しています。



「提案型営業」。イワタニがこのような呼んでいるのは、当社と、販売店様、病院様の3者が三位一体となって課題解決に取り組む提案を中心とした営業システムです。

イワタニでは、医療ガスの供給、医療ガス機器の販売を中心に、テクノメディカル(株)では、広く滅菌業務サービスをはじめ、技術面の情報交換、設備機器の共同購入、そしてイワタニメディカル会では、医療関連の各種活動や、研修会を開くことによって、病院経営に関する幅広い提案とアドバイスを行っています。

医療ガスをはじめ、イワタニが扱っている主なメディカル商品



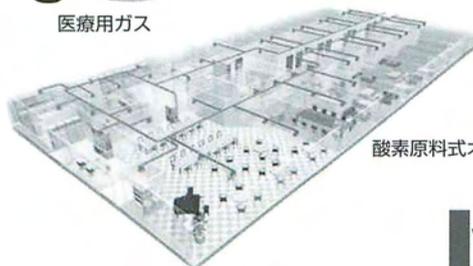
医療用ガス



滅菌ガス専用小型警報器
(EOキャッチャー)



滅菌ガス除害装置



酸素原料式オゾン脱臭システム

各種医療用ガス

MRI用液体ヘリウム

医療ガス供給設備

合成空気供給システム

滅菌ガス除害装置

高気圧酸素治療装置

院内オゾン脱臭システム

受託滅菌業

Iwatani

岩谷産業株式会社

メディカルガス部

大阪本社 〒541-0053 大阪市中央区本町3-4-8 TEL.(06)6267-3181
東京本社 〒105-8453 東京都港区西新橋3-21-8 TEL.(03)5405-5852



ボンベ開栓時の
お作法

定価：1,000円