

二酸化炭素ボンベ誤用事故 (6)

特に書き残しておきたいこと

佐藤 暢

はじめに

2011年7月14日の神戸市立医療センター中央市民病院における二酸化炭素ボンベ誤用による致死事故から8年近くにもなるが、その間に著者は「二酸化炭素ボンベ誤用事故」という表題で本誌に5回にわたりその原因と対策などについて詳しく書いてきた¹⁻⁵⁾。

それには、最初に寄稿した際に¹⁾本誌編集部から3ページにわたる「参考」資料を付けて示された「共感」(35p)に支えられて来た事情があるので、この際改めて田中編集長に深甚なる謝意を表したい。更に、当学会のホームページ¹⁾上に「二酸化炭素ボンベ等について」と題したバナーを設け、そこをクリックすると関連する著者の論文、緊急提言など13点(今回で14点になる予定)を纏めて電子版を開示して下さったので、そのご好意に深謝しながら複写や引用などに大変便利になった事をお知らせしたい。

今回は、今までに書き間違えたこと、書き足らなかった関連事項や、書き残したいことなどを纏めて「二酸化炭素ボンベ誤用事故」(6)として総括する。

過去の報道から二酸化炭素ボンベ誤用事故を省みて

今までに二酸化炭素ボンベ誤用事故で新聞報道されたのは4件に過ぎないと著者は認識しており、異論は出ていない。その4件については、以前本誌2015版に纏めて再検証した⁴⁾。最初の事故が1992年5月に起きてから27年近くになるので、概して約6年半に1件の割合となり、頻発とは

言えないが、これら4事故に共通する特徴は、手術の直前か直後の患者搬送の際に直ちに使用できるような小型酸素ボンベ(500l,黒塗色)が手元に準備されて無くて、それを探した結果、代りに同形同大(内容量3.5l)の小型液化炭酸ガスボンベ(2.2kg,緑塗色)を見て酸素が詰っていると誤認した看護師や医師が持ってきてそのまま患者に吸入させて致死事故になった点である。このような人命を左右するうっかりミスは医学・医療以前のヒューマンエラーの問題であり、絶対に避けねばならない命題である。

年代順に事故の概要を過去の新聞記事から要点を集めて書くと、

事例1

1992年5月29日に帝京大学医学部付属病院で起きた事故では、33歳の主婦が4月26日夜に交通事故で入院して、整形外科で骨盤骨折などの手術を受けた後の患者搬送に当たって担当の麻酔科医の判断で酸素吸入をすることになったが、台車の酸素ボンベが空であったため、整形外科医が新しいボンベを持ってくるように指示、準看護師が隣室の酸素ボンベ置き場から取ってきた二酸化炭素ボンベを、医師が確認しないまま台車に取り付けて使い、二酸化炭素(炭酸ガス)を吸い始めてから痙攣や脈の異常が起きて、約5分後に誤りに気づき心マッサージなどの処置を受けたが低酸素状態となり、6月14日に死亡したことが18日にわかったと同年6月19日に報道、(注:「この二酸化炭素ボンベは心臓外科の手術用で置き場も別になっていたが、18歳の准看護師が取りに行った置き場には当時2本のボンベがあり、その中の1

鳥取大学名誉教授, 元日本工業標準調査会 麻酔器専門委員長

¹⁾<http://www.jsta.net/>

掲載許可日 2019年3月21日

本が二酸化炭素ポンペで誤って置かれていた」との記載は、著者にとって新しい知見であった。))

事例 2

1999年10月28日に兵庫医科大学病院で起きた事故では、腹部外傷の緊急手術後の搬送中に人工呼吸用の酸素ポンペからのガスの供給が切れて、看護師が手術室に取りに戻った。その際、別の看護師が誤って二酸化炭素ポンペを渡したが、看護師も医師もそれに気づかずに人工呼吸器につないで二酸化炭素を誤吸入してから5分後に心停止となり、心拍は心肺蘇生術で約9分後には再開したが、重度の記憶障害が残っていることが翌年10月19日にわかった。と同時に、30年代の男性患者と両親が同大学と執刀医を相手取り、約1億3千万円の損害賠償を求める訴訟を神戸地裁尼崎支部に起こしたと翌10月20日に報道、(注:「看護師はポンペの「〇〇酸器」というメーカー名を見て酸素ポンペと思い込んだらしい」の記載もあったが、「〇〇酸器」を読む前にポンペの緑塗色が眼にはいついた筈なので、緑塗色の意味を知らずに酸素と勘違いしたに違いない。

事例 3

2008年8月24日に二度にわたり公立八女総合病院で起きた死亡事故では、大腸がんで入院中の70代の男性が腹膜炎を起こして危篤状態となり、午前3時50分ごろ緊急手術のため手術部入り口から手術台までの約20mをストレッチャーで運ぶ際に看護師が台車に備え付けの酸素ポンペも保管場所にあった酸素ポンペも全部が空だと気づき、慌てて別の場所にあった二酸化炭素ポンペを持ってきてストレッチャーに取り付けて使ったので、手術を前にして腹膜炎で死亡となり、次いで同日午後6時頃頭部打撲で救急搬送されてきた80代の男性に、午前中のミスに気づかないまま同じ二酸化炭素ポンペを前と同様に使って、25日の朝急性硬膜下血腫で死亡となったが、後で看護師長がポンペが違うことに気づいたという。同院は異常死の可能性があると八女署に届けたが、吉田企業長は、27日に記者会見して「二酸化炭素の毒性

は極めて低く、投与も短時間のため死亡との関係は薄いと考えている」と述べ、二酸化炭素の誤投与が直接の死亡原因ではないと説明したと同年8月28日に報道、

事例 4

2011年7月14日に神戸市立医療センター中央市民病院で起きた事件では、その前夜に腹部大動脈瘤切迫破裂で緊急入院した80歳代男性の手術が14日午前0時半ごろ終了してからICUに搬送中に酸素吸入をするために、麻酔科医が看護師に酸素ポンペを取ってくるように指示したところ、看護師は「そこにあります」と答えたので、麻酔科医は同手術室内にあった二酸化炭素ポンペを取って来て人工呼吸器(詳しくはリザーバー付きアンビューバッグ)に接続して数分間使用したところ、患者は間もなく心停止を来したので、心肺蘇生を施して心拍は再開した。後で二酸化炭素ポンペを誤ってつないでいたことが判明したとか、患者は一度蘇生していたのに7月20日になって一時心肺停止状態に陥り、重篤であると同日夜に急遽記者会見を行って公表した。このことは翌7月21日朝になって地方の紙面で報道、(注:その記者会見で配られた資料は文献5の表1として73pに示されているが、そこで注目すべきは、7月13日(水)夜に始まって4時間半の緊急手術が終了したのが14日の0:26、手術室退室準備開始が0:37で、心停止が0:39と記してあるので、二酸化炭素を吸入開始してから2分以内と非常に早く心停止となり、また心肺蘇生法開始が0:41で自己心拍再開が11分後の0:52に成功している点と、その後ICUで治療を継続して改善傾向が見られたのに、6日後の7月20日(水)の正午過ぎに心停止を来したので再び蘇生を行い、心肺補助装置を装着して最大限の治療を続けている段階で、同日夜に記者会見を開いて、これから院内に事故調査委員会を設置して原因究明に当たると記載されている。事故調査委員会の結果は報告書として同年9月30日に公開されたが、その内容には不当・不審な問題点が少なからずあった点である^{1,2)}。

以上は、朝日新聞と読売新聞の記事データベースを著者が調査して探し出した計 14 本の記事を纏めたものであり、当該施設の都合と著者の不慣れが重なって毎日新聞を始めもっと多くの新聞について調査できなかった点は残念であるが、実状は各新聞とも記者会見を基にして報道している様子なので内容的には大差ないところ、紙面編集上の時間的、スペース上の制約が強くて、各地方版、朝夕刊毎に記事の扱い方、書き方、字数など編集上の差が大きいと感じた。また、文献 6 の冒頭にあげた事例 1 の記事は、同じ新聞のデータベースについての今回の索引には無いことなどから、地方版には割愛されたものが少なくないと思われたが、新聞間の比較が今回の目的ではなくて、関連する過去の新聞記事を集めて緑塗色の二酸化炭素ボンベ誤用事件の経緯を顧みて、医療用ボンベ誤用事故にまつわる問題を総括し、更には将来像を著者なりに展望したい。

先ず、釈明したいのは、前記した文献 4 の 4 件の再検証 (p74 - 76) では、1999 年の事例 2 を 2008 年に起きた事例 3 よりも後に書いたことである。事例 2 は死亡事故ではなかった故に事故後には報道が無く、その後遺症 (重度の記憶障害など) で働けなくなって、事故から 1 年後の 2000 年 10 月になって高額の損害賠償訴訟を起こしたとの報道が夕刊にあったが、その時には著者の知るところならなかった。2008 年に事例 3 の事故が起きて大きく報道されてから後で、当時日本医療ガス協会技術顧問であった中島太郎氏のスライド (毎日新聞の記事) を見て初めて知った覚えがある。そこで、著者のファイルでは事例 2 は事例 3 の後に置かれていた。そして、著者は事例 3 の事故を事例 1 から 16 年間をおいて起きたと書いたが^{4,6)}、その中間に事例 2 が起きていたことを後で知った。これが、文献 4 での記載順序が逆になった事情の説明である。

二酸化炭素ボンベ誤用事故の 原因解明について

事例 3 において「ボンベ側の接続金具が酸素、二酸化炭素とも同じだった」ことに触れた記事が 1 社にあるが、その対策として小型医療用二酸化炭素ボンベのガス別特定化が進められた。事例 4 ではその対策は取られていたのに事故となった。しかし、事例 4 でこの点に触れた記事は見られなかった。

そこで特に注目すべきは、緑塗色の二酸化炭素ボンベを酸素が詰っていると誤認して取ってきたまま直ぐに繋いで誤用事故になった原因解析についてである。

報道では、以上 4 件とも現場に直ちに使えるような酸素ボンベが無くてそれを探し求めた点では共通している。そして、酸素ボンベは黒色、二酸化炭素ボンベは緑色との色分けを書いた記事は半数以下で見られたが、緑塗色の二酸化炭素ボンベを見て酸素が詰っていると (黒塗色の酸素ボンベではない) 勘違いしたのは何故かについては、どの記事も全く触れていない。それは、厚生大臣を主務大臣として政府が官報で公示した JIS (日本工業規格) 「麻醉器」、「医療ガス配管設備」などでの医療ガスの識別色に関する規定「酸素は緑色」を知らなかったか、または無視したからである。それは厚労省も同じであって、医療機器・設備における酸素の識別色が緑であることが具体的に厚労省及び医薬品医療機器総合機構 (PMDA) からの通知に出たことは皆無である。

著者が委員長を務めた日本工業調査会 医療安全部会 麻醉器専門委員会 (事務局: 旧工業技術院表準部) で 1976 年の JIS T 7201 「麻醉器」の改正で酸素の識別色は緑色、笑気は青色と決めた頃から²⁾ 長年のうちに、麻醉器を始め米国からの医療機器や配管設備の影響もあって、手術室や ICU を中心に医療分野では「酸素は緑色」との認識が次第に浸透してきた。おまけに、工事や労働・交通の分野では、緑色は安全、進行 OK の色、また森林を表す健康色として社会に定着している。一方で、旧通産省 (現経産省) の高圧ガス取締法 (現高圧ガス保安法) の容器保安規則・第十条第一項

で1966年以来酸素ボンベの塗色は黒、液化炭酸ガス(二酸化炭素)ボンベの塗色は緑と決められているが、これについては最近まで医療界には殆ど知られていなかったし、正規の教育内容に含まれてもいなかった。従って、日常黒色の酸素ボンベを見ていても、それが法規の定める酸素ボンベを識別するための塗色であるとの認識があった医師や看護師はごく限られていたと思われ、ましてや職場で緑色の二酸化炭素ボンベを認識したことのある医師や看護師は皆無に近かったと思われる。

そこで、酸素ボンベを急いで探しているうちに、酸素ボンベが黒色であることは頭の中から消えて、緑色のボンベを見た瞬間に“酸素は緑”と誤って認識するヒューマンエラーが起こった。これは、二酸化炭素ボンベの緑塗色が医療機器・設備での酸素の識別色の緑色と同じである日本で起こり易い特殊事情であり、始めに医療用酸素ボンベの識別色を緑色と決めてから麻酔器・呼吸器や配管設備を始め各種医療機器・設備でも酸素の識別色を同じ緑色に決めてゆく方式の米国では考えられないことである。ISO 32⁷⁾を採用する欧州諸国やカナダ、オーストラリア、ニュージーランドなどでは、医療用ボンベでの酸素の識別色を白色と決めてから同様の方式を取っているので、医療用酸素ボンベと医療機器・設備との間で酸素の色は白に統一されている。

一方で、二酸化炭素ボンベの識別色は(高圧ガス)容器保安規則により緑色であるが、1976年のJIS T 7201「麻酔器」改正の折には二酸化炭素を麻酔器で使う適応はないとして省略した。その後医療用二酸化炭素の臨床使用が手術室を中心に増えてきたので、1997年にJIS T 7101「医療ガス配管設備」の改正で二酸化炭素の識別色はだいたい(橙)色(オレンジ色ともいう)と決めた。この色を医療用二酸化炭素ボンベの上約1/3に採用して緑色と橙色の2色塗装(ツートン・カラー)とする方針を1993年に(財)医療機器センターに設けられた医療ガス問題検討委員会で決めた⁸⁾。これは、前述した事例1の後で日本麻酔学会(当時

の会長 涌澤玲児)が厚生省健康政策局長宛てに提出した医療用炭酸ガスボンベの口金と識別色のガス別特定化の要望書に依って設置された委員会であったが、この2色塗装は、医療用亜酸化窒素ボンベで容器保安規則による鼠色の上にJIS T 7201「麻酔器」の1976年改正で決めた亜酸化窒素(笑気)の青色を重ねた2色塗装で医療用を区別する方式に倣ったものである。

このような混乱した状態の識別色を整理するようにとの意見は多いが、以下のような事情から容易ではない。本邦では以前から高圧ガスの容器保安規則でボンベの識別色を、酸素ガスは黒色、水素ガスは赤色、液化炭酸ガスは緑色、液化アンモニアは白色、液化塩素は黄色、アセチレンガスはかつ色、その他の種類の高圧ガスはねずみ色を、ボンベ表面の1/2以上に行くと決めてあるが、ここには医療用への配慮は無く、亜酸化窒素、空気、窒素、ヘリウム、亜酸化窒素と酸素の混合ガス、エチレンオキサイドなどの医療用ガスは、全て鼠色で区別できない。

そこで、JIS T 1101「医療用配管設備」とJIS T 7111「医療ガスホースアセンブリ」では、窒素は鼠色のままで、医療用亜酸化窒素にISO 32の青色を採用して区別した。一方で、医療用空気については、ISO 32⁷⁾で空気を酸素と窒素の組成ガスの色、つまり白色と黒色のまだら模様で表す方式なのに対して、本邦では容器保安規則で示すように空気も1色で表す方式なので、治療用空気は黄色、より高圧の手術機器駆動用空気は褐色として区別した。医療用二酸化炭素には、従来JIS T 7201でサイクロプロペンの識別色であった橙色²⁾を、サイクロプロペンが医薬品から消えたので流用したが、警戒色としてふさわしい感じである。医療用酸素については、ISO 32では白色であるが、本邦では液化アンモニアと同色になる。従って、前述したように米国に倣って医療用酸素を緑色としたが²⁾、後年になって緑色の小型液化炭酸ガスボンベの医療現場での需要が増えてきて、同じ緑色なので二酸化炭素ボンベの内容を酸素と誤

認して誤用事故を誘発した(新聞紙上で報道されたのは前記4事例)。それには酸素ボンベが黒色であることをつい失念して、無自覚のうちに緑色の酸素ボンベの幻影を見ていることになる(緑色の酸素容器は、航空機内設備の例外を除いて本邦には存在しない筈)。以上のように、識別に使えるような色は他に紫色しか残っていないので、今後とも識別色が複雑に重複するのは避けられない^{2,9)}。だからこそ、医療用ボンベを一目で区別するために2色塗装(two-tone color)の適用が必要になってくる。

ちなみに、前記の新聞報道14記事のなかで「酸素ボンベと炭酸ガスボンベを取り違え」とか「ボンベの取り違えに気付かず」との記載が見られたが、4事例とも現場に酸素ボンベがなかったから起きた事故なので、両ボンベ間の取り違えを指すような記載は適切でない。似た物同士の両物件を相互に取り違えるには両物件が現場に存在することが前提である。但し、例外的に事例1では、探しに行った先(置き場)には両方のボンベが置かれていたが、緑塗色の二酸化炭素ボンベを見るなりそれを酸素ボンベと勘違いして持ってきて使い事故となった。そこでは、うす暗くて似た物同士の物件を取り違えたような事情は窺えない。つまり、両物件は黒色と緑色に色分けしてあったのに、1992年当時18歳の準看護師と32歳の整形外科医にはボンベの識別色に関する智識がなかったがゆえに、緑色のボンベだけに注目して黒色のボンベを見過ごしてしまった。

しかも、従来二酸化炭素を吸入した場合の猛烈な危険性について余りにも認識が甘い医療界であった。それが如実に表れたのが、事例3の八女市の吉田病院長が「二酸化炭素の毒性は極めて低く、投与も短時間のため死亡との関係は薄いと考えている」と公表した記事であろう。実際には、純炭酸ガスに近い高濃度の二酸化炭素を吸った場合に起こる急性劇症中毒は、イヌの実験モデルにおいて証明されており¹⁰⁾、またヒトについては、吸気中の炭酸ガス濃度と症状の表などで、二酸化

炭素が10%以上の環境では、酸素欠乏が無くても数分以内で意識を消失して生命の危険に至ることが示されている¹¹⁻¹³⁾。

他方で、日本薬局方解説書(廣川書店、現在は第17改正版)では、二酸化炭素の適用について5~10%を酸素と混合して吸入した際の呼吸中枢の刺激作用をあげるのみで、純度99.5 vol%以上の局方二酸化炭素の作用については全く触れず、また副作用には「特別なものは知られていない。」と長年にわたり書いている。これは窒素の副作用における表現と全く同じである¹⁴⁾。また、局方二酸化炭素の添付文書でも、ほぼ同様であるが、そこには「ガス漏洩時の注意」のなかに(二酸化炭素の許容濃度は5,000 ppm)が加えられている。この0.5%という二酸化炭素濃度は、局方二酸化炭素の1/200で、生理的環境である大気中炭酸ガス濃度(0.04 vol%)の約13倍で、一般に致死濃度とされる10%の1/20に当たるが、1日8時間・週40時間の労働衛生上の許容濃度であるので、当の医薬品である局方二酸化炭素自体の作用・副作用に全く触れていないのは全くの不備である。

また、「労働安全衛生法施行令」の別表第6「酸素欠乏危険場所」のなかで「11ヘリウム、アルゴン、窒素、フロン、炭酸ガスその他不活性の気体を」の記載が現在でもまだ残っている¹⁵⁾。このように間違った社会教育的環境の影響が充分に考えられるのは、危険防止の点から見ても誠に残念である。

医療用二酸化炭素ボンベに まつわる問題点と将来像

先ず、労働安全衛生法施行令の酸素欠乏危険場所のなかで、炭酸ガスが不活性(inert)の気体とされている問題である。元来、「不活性気体とは元素の周期律表で、電子配列の最外殻が閉殻になっており化学的反応性の極めて低い0族元素(ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドンの6元素、希ガス)を指すが、窒素も実用上不活性ガスに入れられることが多い」と科学

辞典等の定義から集約した¹⁵⁾。二酸化炭素(炭酸ガス)も、無味、無臭、無色で、熱で分解されず、酸化もされないため、化学的に安定している点では希ガスや窒素に近いが、動物に対しての活性は別である。例えば、ヒトでキセノンの麻酔作用はよく知られているが、高濃度の炭酸ガスを吸入した場合にも CO₂ narcosis で始まり、昏睡から死亡に至るまで急激な中毒作用が色々と知られている。その特徴は、炭酸ガスが肺から迅速に出入しやすいことから中枢神経に対する強い刺激作用を、次いで麻酔・抑制作用が見られるが、同時に血漿の緩衝作用 (buffering action) を崩してその pH を、次いで身体中の組織液の pH をも支配する (Henderson-Hasselbalch Equation)。従って、身体に入ってしまった CO₂ が増えるほど、組織液の pH が 6.1 に向かって下がり、7.0 を割るような重症な酸血症 (acidemia) からアシドーシス (acidosis) になり、その組織液の中で生きている細胞の機能障害が起こる。例えば、二酸化炭素ポンペを人工呼吸に誤用して同方二酸化炭素を直接吸われたような場合には、1 分以内に心臓は激しい不整脈から循環不全に陥ることがある¹⁰⁾。このような症状は、酸素欠乏症が来る前に、或いは酸素欠乏がなくても、急激に起こるので、二酸化炭素自体の急性中毒であり、その状態は二酸化炭素の中毒性アシドーシスと称して、呼吸性アシドーシスや窒息とは区別して考える必要がある。なぜならば、後者は酸素を取り入れて炭酸ガスを排出する肺の呼吸機能不全による身体障害であるのに反して、前者は異常に高濃度の炭酸ガスが肺から呼吸とは反対方向に血液に溶解する中毒症だからである。勿論、両者が混合して相乗的に働く場合も多いと考えるが、二酸化炭素ポンペ誤用事故のような極端な事例については特別に配慮して対策を講じる必要があるのに、未だに窒素や窒息と区別できないような社会では前者の危険性排除が不十分である。近い将来の展望としては、二酸化炭素による屋内駐車場消火設備は窒素などによるものと替えるべきである。また、屋内の舞台等でドラ

イアイスを用いて霧、煙、湯気等を演出する手法には、白く見えるのは空気中の水蒸気が氷ったものだとしても、二酸化炭素を吸う危険性も排除できない点からもっと十分な配慮や対策が望ましいと考える。

最後に重要なのは、ボンベ(高圧ガス容器)の接続部についての展望である。本邦では、従来から高圧ガス容器用弁(バルブ、口金)の取付継手の形状が、酸素、笑気、炭酸ガス等の不燃性ガスの間で同じであったが故に、誤接続による事故が避けられないとして、医療用ボンベのバルブにガス別特定 (gas-specific) コネクタを採用して非互換性 (non-interchangeability) を確保することに努めてきた。先ず、米国の CGA (Compressed Gas Association) 由来の Pin Index Safety System が、ISO 407 Small medical gas cylinder - Yoke type valve connections として国際化しているのを、医療用小型ボンベに採用した。これは元来麻酔器のヨークに吊り下げて使う小型医療用ボンベを間違いないく、しかも一人で手早く取り換えるのに便利なものであるが、本邦ではその他の小型医療用ボンベにも少し改良して使われている (JIS B 8246 高圧ガス容器用弁の記号 C 形式に当る)。それ以外のねじ式取付継手 (JIS B 8246 の記号 A1 形式と B 形式) では、相変わらずガス別特定ではないので誤接続を防ぐために、ISO 5145 Cylinder valve outlets for gases and gas mixtures - Selection and dimensioning から医療用笑気と炭酸ガス用を JIS T 7101 医療ガス配管設備のなかで採用した (JIS B 8246 の記号 A2 形式)。これで医療用ネジ式取付継手でのガス別特定接続は確保され、A1 か B 形式の工業用ボンベとの誤接合もできなくなった。ISO 5145 はボンベ全般にわたり国際的にガス別特定化するもので、元来医療用ボンベを工業用ボンベから区別するためのものではない。本邦でも将来ボンベの国際化が進めば用途を問わないガス別特定接続が出来るようになるであろう。その際医療用を識別するには、もっぱら

ボンベの2色塗装や大きな字のペンキ表示に頼ることになるが、大災害における工業用酸素から医療用酸素への緊急時転用には同じ接続による利便性が大いに向上すると期待される。それは、現在でも検査や認可・登録で法令上の規制があるが、医療用酸素は工業用(一般産業用)と一緒に製造され、運送されているので当然であるが、これが世界的規模で流通するようになれば理想的である。

また、ボンベのバルブではガスの充填口は排出口を兼ねているので、ボンベの排出口=充填口を変えると、ガスの流れをさかのぼって流入側の管とその排出用口金をも同時に変えねばならない。これを順次ガスの流れに逆行してガス別特定接続を統一するのは容易ではない。そこで、バルブの充填口と排出口を別々に設けて夫々をガス別特定にするような規格化が考えられる。そうなれば、必要によってガスの排出口から先だけを変えても充填口から元は変える必要はないので、利便性の向上に資するに違いない。一部では既にその様なボンベが出回っていると聞くので、近い将来に普及するのも展望内である。

引用文献

- 佐藤 暢：二酸化炭素ボンベ誤用事故 何故まだ繰り返されるのか その経緯。麻酔・集中治療とテクノロジー 2011, p26-33, 日本麻酔・集中治療テクノロジー学会 京都, 2012.
<http://www.jsta.net/pic/co2jikogenin-1.pdf>
- 佐藤 暢：二酸化炭素ボンベ誤用事故 何故まだ繰り返されるのか—その経緯 (2)。麻酔・集中治療とテクノロジー 2012, p1-11, 日本麻酔・集中治療テクノロジー学会 京都, 2013.
<http://www.jsta.net/pic/kangae.pdf>
- 佐藤 暢：二酸化炭素ボンベ誤用事故 何故まだ繰り返されるのか その経緯 (3) 緑色のボンベを酸素と誤認した事故を O₂ ボンベを CO₂ ボンベと取り違えた事故と見るのは誤りではないか? 麻酔・集中治療とテクノロジー 2013, p1-8, 日本麻酔・集中治療テクノロジー学会 京都, 2014.
<http://www.jsta.net/pic/kanchigai.pdf>
- 佐藤 暢：二酸化炭素ボンベ誤用事故 事故の原因解析の問題点とその経緯 (4)。麻酔・集中治療とテクノロジー 2015, p74-80, 日本麻酔・集中治療テクノロジー学会 京都, 2016.
<http://www.jsta.net/pic/co2jikogenin-2.pdf>
- 佐藤 暢：二酸化炭素ボンベ誤用事故 特に従来の反応と医薬品ラベル等の問題点 (5)。麻酔・集中治療とテクノロジー 2016, p72-86, 日本麻酔・集中治療テクノロジー学会 京都, 2017.
<http://www.jsta.net/pic/sato-5.pdf>
- 佐藤 暢：またもボンベの誤用事故 失われた16年間。日本医事新報 No4413 75-78, 2008.
- ISO 32 Gas Cylinders for Medical Use-Marking for Identification of Content. ISO Geneva, 1977.
- 佐藤 暢：医療ガス問題, 最近の話題。麻酔 43(9):1406-1411, 1994.
- 佐藤 暢：医療ガスボンベの識別色について。日本医事新報 No.3891 76-78, 1998.
- Ikeda N, Takahashi H, Umetsu K, Suzaki T: The Course of Respiration and Circulation in the Death by Carbon dioxide Poisoning. Forensic Sci Int. 41:93-99, 1989.
- 高橋正好：二酸化炭素と人体。安全工学 37(5):352-357, 1989.
- 内藤浩史：中毒百科-事例・病態・治療 (改定第2版)43 二酸化炭素。p181-186 南江堂 東京, 2001.
- 消防庁予防課長, 危険物規制課長：二酸化炭素防災設備の安全対策について。消防予第 193 号, 消防危険第 119 号, 1996.
- 佐藤 暢, 飯野守男：厚労省も陥ったか, ヒューマンエラーと二酸化炭素中毒事故にまつわる謎・第2部。麻酔・集中治療とテクノロジー 2016, p72-86, 日本麻酔・集中治療テクノロジー学会 京都, 2017.
<http://www.jsta.net/pic/magic.pdf>
- 佐藤 暢, 飯野 守男：厚労省も陥ったか, ヒューマンエラーと二酸化炭素中毒事故にまつわる謎 (続)。麻酔・集中治療とテクノロジー 2017. p118-125, 日本麻酔・集中治療テクノロジー学会 京都, 2018.
<http://www.jsta.net/pic/magic-2.pdf>

Key Words:

二酸化炭素, ボンベ, 誤用事故, ヒューマンエラー, 識別色, 2色塗装, 新聞報道, データベース検索, 事故調査委員会, 不活性ガス, 日本薬局方解説書

連絡先:

satotoru@orange.plala.or.jp