

50周年記念講演 HBO装置開発に関わる歴史とその安全対策

森 幸夫

HBOテクノ・アドバイザー

【はじめに】

高気圧酸素治療 (HBO) は、圧力の壁による閉鎖環境に患者を収容し、高濃度酸素を投与するため、特有のリスクが存在する。HBO装置(以下、装置という)は、クラスⅢの高度管理医療機器として製造又は輸入販売に厚生労働大臣の承認を要すると共に、耐圧構造、付属機器・部品、制御システムの「信頼性設計」とマンマシンインタフェース等に特別な配慮が必要である。装置との出会いは、羽生田鉄工所東京工場(現パロテックハニユウダ)在職中の1966年に、本邦におけるHBOの創始者とも言われる^{1,2)}斎藤春雄先生(斎藤労災病院元理事長)の要請による大型装置の開発設計である。

今回、「人に優しい装置」の具現を目標に、羽生田鉄工所、福生会、大同ほくさん(現エア・ウォータ)における業務経験と知見より、装置の開発経緯と安全対策等を報告し、安全管理の参考に供したい。

【方法と結果】

1) 出入口扉(第2種装置)：自封式パッキン採用の引き戸式扉(大型装置)、昇降式扉(中型装置)開発(床面の段差解消と有効利用、操作性改良)。2) 圧力制御の進化と安全対策：送・排気弁の直接操作(初期)より、空気圧駆動弁の「遠隔手動操作」、アナログ式調節計とプログラム設定器による治療パターン制御を経て、デジタル制御(DDC)による高度な監視・制御と保安処理、調節計・記録計の画面取り込み(信頼性向上、保守点検省力化)。3) 装置本体の安全対策：引き戸式扉(差圧ロック)とサービスロック(残圧確認弁)の誤操作防止、耐圧窓(強化ガラスの二重耐圧)、ファンモータ(マグネットカップリング)、油圧ユニット(難燃性作動油)。4) 電気回路・部品の安全対策：非接地電源絶縁変圧器、絶縁監視装置(検出電流2mA)、速断ヒューズ(定格の500%で1Hz以内遮断)、電源保安器(定格電圧の125%で接地へ放電)、無火花スイッチ(近接スイッチ式&電磁スイッチ式)の採用。5) 制御・監視機

能の改良：定容積変化率加圧(スクイズ抑制)、定容積流量調整器(フリーフローマスク酸素供給)の開発と実用化。6) 不具合発生事例：ステンレス製圧力容器の腐食漏れとアクリルドームのクレージング発生の状況、原因、対策。7) 過去の火災事故：国内発生(過去48年間：5件)の状況、発火源と発火メカニズムの推定。山梨の火災・爆発事故に対する本学会調査委員会報告を踏まえた問題点指摘と考察を行い教訓として私見を提示。海外の火災事例(イタリア：多人数用空気加圧、11名死亡)紹介。8) 高圧・過剰酸素環境下の火災リスク：NFPA(米国防火協会)による「天竺木綿の発火温度」³⁾、「ろ紙の燃焼率」³⁾を酸素の助燃性データとして提示した。

【検討課題】

1) JIS T7321の2種装置内容積(4m³/人)の見直し、安全基準との整合(二酸化炭素分圧上限値等)。2) 酸素濃度上限値(安全基準23%)の検討とダンプ式(呼気の装置外排出)マスクの軽量・小型化等。3) 技術部会中心に学会プロジェクトとして関連機器の検討(問題点整理、安全性検証)。4) 赤外線センサ等による「発火前」検知、消火散水装置の実証試験等である。

【おわりに】

1) 開発設計と保守点検業務における演者の拙い経験と知見等を報告したが、装置はメーカ・機種により内容が異なる点をご理解ねがいたい。2) 特筆したい点は、引き戸式扉の実用化、デジタル制御システム導入と安全対策、アクリル樹脂製装置の輸入販売協力等であるが、多くの方々のご指導と協力による賜物と衷心より感謝申し上げます。3) HBO究極の課題は、装置内火災の防止であり、過去の火災事例より確実な「発火源の排除」、第1種装置用消火装置の開発・普及を提言したい。

参考文献

- 1) 恩地 裕：高圧酸素療法，2，永井書店，1967，大阪
- 2) 榊原欣作：高気圧酸素治療の基礎と臨床，60-61，2009，医学書院，東京
- 3) National Fire Protection Association：NFPA 53，39，2011 & NFPA 99，122，2015，MA.USA