

●特集・高気圧治療装置の現況と将来

第二種装置の現況と将来

塩飽 善友*

Mechanical Functions of a Walk-in Hyperbaric Oxygen Chamber update and in the Future

Some ideas and improvements on a newly built walk-in hyperbaric oxygen chamber, with capacity for 14 persons, which was settled in Okayama University Hospital in 1982, are introduced.

In addition to basic mechanical functions some critical orders for easy employment were presented to the maker. They were (1) maximum available pressure of 6 ATA or vacuum upto 1/4 ATA, (2) control of temperature and humidity, (3) apparatus of shield fluorescent light, a sink for sterilized water, a freezing chimney pot, two medical locks, wireless or cabled medical monitoring units and battery power packs, (4) fully computerized operation system for ordinary use, (5) arrangement for simple daily check, (6) convenient and comfortable environment with faint noise or vibration and so on. These orders were accepted perfectly by simultaneous planning of the building and equipments except two points. One was concerned with the doors and another with the full automatic temperature control. The floor of the entrance to the chamber should be flat and the cooling power system should be increased.

Pressure is controlled perfectly by number control computer, which has 20 pages of fixed pressure patterns with variable function for selection by the operator. Main and preceding chambers are controlled synchronously or separately each other. In both chamber, parameters such as pressure, room or fresh air temperature, humidity, ventilatory flow, concentration of oxygen or carbon

dioxide are simultaneously and continuously for two hours displayed in seven colors on CRT, and the preceding data are stored in the disk. Every controlling status on CRT is able to be printed out on a sheet of paper in black and white, which should be colored as the educational material for the medical students and operators in the future.

As improvements of overall mechanics are following after those of the computer, some parts of mainly manipulation will still remain even in the modern equipments for the time being.

岡山大学病院の高気圧酸素治療装置(以下装置)は、57年3月に当時の田葉井製作所で受注生産され、地上1階、地下1階(機械室)の独立新営建物内に収納された。

発注時に法的安全基準適合とは別に、A. 基本的条件を、性能：6～1/4ATA、収容人員：14名、空調設備、付属設備：無影灯、滅菌水手洗、冷凍トイレ、メディカルロック2個、非常電源装置、有線および無線発信によるモニターなどとし、B. 運転上の条件としては、(1)全自動運転、(2)日常の保守点検、整備が簡単、(3)騒音、振動が僅少で、(4)治療室、制御室全般が機能的かつ居住性をもつ、などの諸条件を付加した。

建物と装置の設計が並行したため、(2)、(3)の条件は満足できるものであるが、(1)、(4)については改善の余地が残っている。

装置の設置時の問題点、現在の全自動制御法、半自動制御法、手動運転法の概略と運転記録法、将来の理想的な装置について意見をのべる。

*岡山大学医学部高気圧治療部

表1 2種装置導入時に心配したこと。

(1981年,塩飽)

-
1. 追加購入, 作り替え不可能
→ 10年先でも新中古品装置としての可能性
 2. 行率により運転要員の定員化遅延の予測
→ 素人による運転, 維持の可能性
→ 開店休業の回避
 3. 診療, 教育, 研究の場としての充実
→ 設備が患者, 学生, 医師, 職員に迎合すること
→ 建物構造, 内装, 外観 他
→ 全設備の機能と居住性の確保
-

1. 第二種装置発注時に考慮したこと。

公開入札に先立って, 仕様書作製時に考えたことは, 1) 簡単に追加購入したり, 作り替える訳にはいかないの, 10年先でも新中古品の装置であり, 予想される将来の拡大用途(手術, 高所馴化訓練など)にも使用できる。2) 行政改革により, 運転要員の定員化は先になり, 素人による運転と維持ができなければ, 開店休業の状態が発生する。3) 診療, 教育, 研究の場として充実し, 設備が患者, 学生, 研修医, 職員, 医師に迎合すること。そのためには, 建物, 装置の構造, 内装, 外観などが立派で, 機能的かつ居住性に富んでいなければならない。4) 昭和45年以来第一種装置運転の単純作業を通じて, 高気圧酸素治療そのものに対する興味が薄れている現状の打開となるような診療内容の可能な装置とするなど, 人と物の両方に関わる事柄であった(表1)。

建築の具体的な図面の作製, 検討にあたっては, 消防法, その他の医師法以外の規定に悩まされ, 地上2階建にはならず, 居住区域は狭く, 教育, 研究には不十分な造作となり, 将来の設備拡充の余地が少い結果となった。

2. 装置完成後の問題点

完成後の建物と装置の診療上の不都合は, 実際には図面上の検討では気付きにくいものである。完成後の唯一, かつ重大な問題点として, 扉の開閉方法と床面の起伏に関するものがある。主室, 副室の入口のドア下部は床面から8cm上であり, 扉枠は床上12cmにある。入口全体を6cm下げておくことはできた。現状では, 車椅子, スト



図1 装置入口

表2 制御室の騒音

— 岡大 OHP — (大きい順)

-
1. 火災報知器のベル(誤作動)
 2. 建物入口のチャイム
 3. 電話鈴鳴音
 4. コンピューターのアラーム音
 5. 人の声
 6. コンピューターのファン音
 7. コンプレッサー作動音*
 8. 排気音*
 9. 空調ファン音
-

レッチャーの出入り, 神経ブロック, 点滴などの医療材料を乗せたワゴン車の出入などに, 患者の苦痛, 職員の労力の負担, 能率の低下をきたしている。設計図の段階で, ユーザーとしては, 通路は平坦でなければならないと, 強く主張し, メーカーにその解決策を求めるべきであった。地階機械室に関しては, 広さは十分に確保され, 床面は全く平らで, 工具や図面を乗せたワゴン車が使えるほどである。

装置入口通路床面の問題を除外すれば, 全体的にみて, 岡大の装置は, 建物とともに, 最初の建造経験としては, 満足できるものと感じている(図1)。

騒音に関しては, 機械室は防音扉, 防音壁をもつ地階にあり, 制御室は非常に静かである。しか

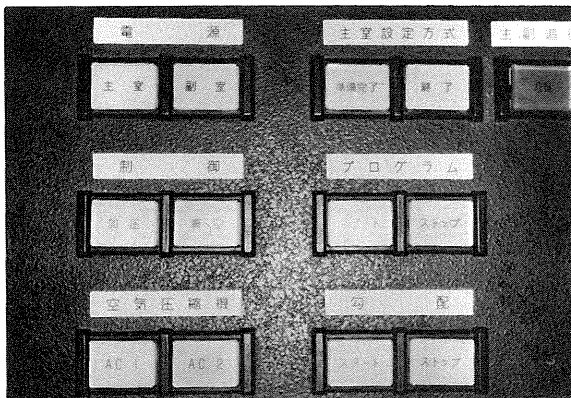


図2 主室プログラムでのスタート

し、外部への排気音に対しては隣接病棟から若干の苦情が出ている。また、機械室は、コンピュータキュービクルがあるため、コンプレッサの発する熱気はサーモスタットの作動により強制換気されている(表2)。

日常点検については、機械室のメーター、バルブ、パイプ、機械全部、ユニット、流れの方向など、すべてにチェックシートと一致した文字と記号が記してあるため、地階の略図をみながら、番号順に辿れるようにして、初心者でも不自由なく点検が可能となっている。

3. 制御方法と問題点

制御方法は、前日と同じ運転方法をくり返す場合には、非常に簡単である。全自動制御では、電源、加圧、コンプレッサのスイッチONの後に、準備完了の表示を確認して、プログラムスタートスイッチONとし、合計4個のスイッチ操作で治療が開始される。主室、副室両方を同時に使うときは、スイッチONを1つ追加して押しておく(図2)。

主室と副室を全く別の圧力パターンで、独立して自動運転できるが、副室は主室より高い圧を保つことはできない。主室と副室の圧力が等しくなったときから、副室の圧パターンは無視されて、主室の圧パターンに追従するようになる。加圧パターンは、メニューが15頁準備されていて、CRT上に呼びだし、選択できる。また、パターンの変更は数値の一部を代入すると任意にできて、各頁ともグラフとして表示される。代入する値の桁数が間違っていると、アラームが点滅し、コンピューターが拒否反応を示してくれる(図3)。

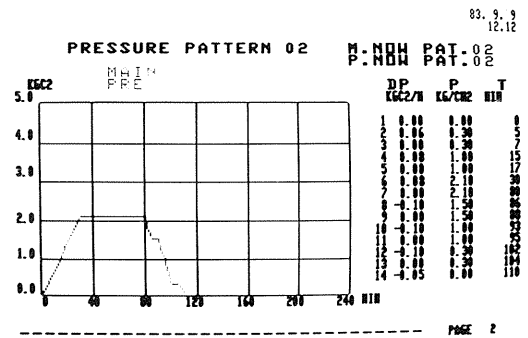


図3 加圧パターンの1例
右半分の数値を代入すると左半分の図は自動的に描かれる。

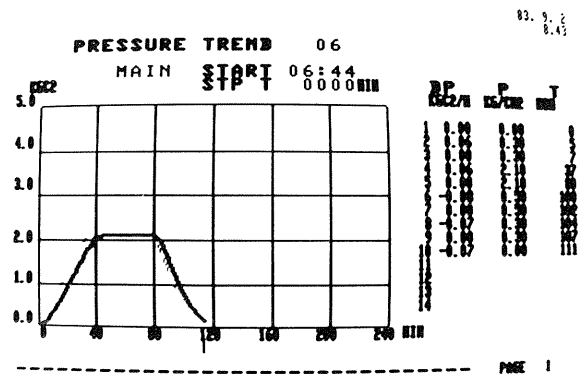


図4 プログラムのパターンと実際の圧力の記録。

運転圧力がパターンのおりになっているかどうかは、経過ボタンを押すとみえる。赤の設定値に対し、実測値は白で示される。下のグリーンのマークが、プログラム上の進行を示す。任意にストップすると、現状が維持され、再スタートすると、プログラムは継続する。経過画面は、主室・副室に一頁ずつある(図4)。

治療時には、ほとんどの時間を制御画面の監視と数値の変更で費している。圧力、温度、湿度、換気量、ガス濃度、エアータンク圧、関連バルブの状態、その他、整備のためのユーザーには訳の分からないパラメーターが表示されるが、日常使っている重要な組合せは、主室、副室それぞれ2頁ずつにまとめてある。数字は、上段が実測値、中段が設定値、下段が出力値(バルブの開き具合)である。プログラムスタートと同時に、自動的にAUTOまたはカスケードになり、右側の赤色三角の設定値のみが変更できる状態に統一される。しかし、必要に応じて、各パラメーターの出力を任意

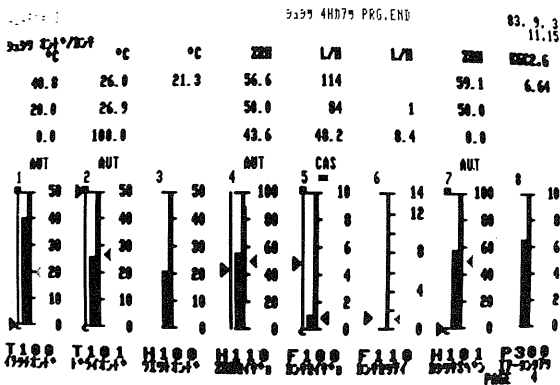


図5 制御状況を示す CRT 画面の 1 頁
左から給気温度，室温，湿球温度，湿度，換気量，入室人数，加湿蒸気弁，加圧用リザーバタンク圧を示している。制御画面は120頁準備されていて，色々な組み合わせを作り，操作しやすくなることができる。

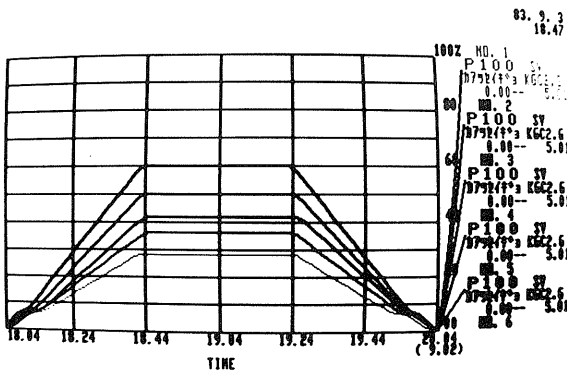


図6 試験的運転パターン 5 種類の圧力記録

に手動に切り替え，速く数値を変更することができる。そのときは，設定値は，当然のことであるが，無視されるので，そのパラメーターからは目を離してはならない。自動化は圧力コントロールだけでなく，圧力，換気制御回路をはじめ，蒸気，冷水などの回路の弁の開閉度が CRT に表示され，制御室で各回路の弁の調整が可能である (図 5)。

全自動プログラム運転の様子を分かりやすくするために，圧力変化時間を40分，プラトー時間を40分とし，5種類の異なるパターンを，スイッチ・ポンの全自動としてみた。圧勾配は，赤から順に 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08 kg/cm²/分である (図 6)。

各パターンにおける，現在時刻から2時間前までの圧力，室温，湿度，換気量，給気温度，O₂濃

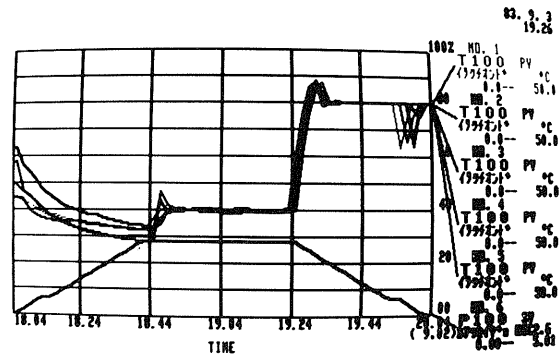


図7 図6のある1つのパターンを経時的に下方に示し，各種パターンで運転時の給気温度の自動設定の様子を示す。

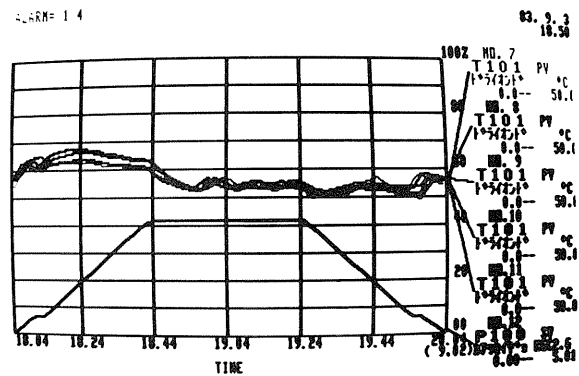


図8 図6, 7における全自動運転時の室温の変化の記録

度は，トレンド記録として CRT にカラー表示される。2時間以前のデータはディスクに記憶されていて，溯って画面に表示できる。

各パターンにおける記録を呼び戻して，重ね合わせてみた。たとえば，給気温度は，圧上昇時には14℃，プラトー時は20℃，減圧時には40℃にセットされ，圧変化に伴う温度変化に対応している。しかし，給気ダクトの十分な冷却には40分以上かかっている (図 7)。

室温の設定値をすべて27℃としていたので，経験的快適温度の25~29℃の範囲内の室温に保たれるはずであったが，実際には，全経過の後半の3/5が規定範囲内であり，全自動運転で安心できるのは，室温に関しては，プラトー到達後15分経ってからといえる。したがって，全くの自動運転では岡大の装置では，冷却効果が不足していて，特に加圧時にスタート，ストップのくり返しを数回行う必要があり，この方法では治療時間が予定より長びくことになる (図 8)。

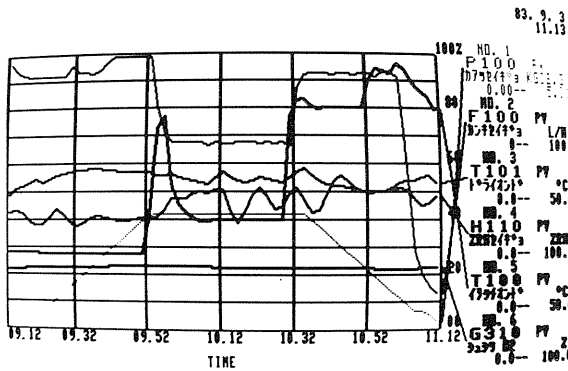


図9 圧力，換気量，室温，湿度，給気温度，酸素濃度の実測値の CRT 画面
 運転記録としてコピーされ，患者リストとともに保存される。

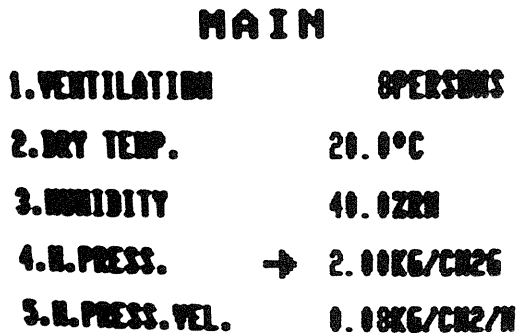


図10 半自動運転の例
 CRT 上に呼び出し，4.に目標圧力，5.に圧勾配を代入する。

そこで，オペレーターとして，肉体的束縛を受けるついでに，圧力制御を全自動とし，治療終了時刻を予定通りとする方法が考えだされた。スタートの1時間前から電源を入れ，室温をAUTOで23℃，換気量を最大にセットし，給気温度を手動の最低値にセットしておく。患者入室時には，室温23～24℃で，少し冷んやりする感じで，給気温度は11～13℃になっている。スタート後も，人数を無視して，換気量を最大にする。プラトー到達数分前に給気温度を急上昇させ，換気量を人数設定とし，その後は自動運転とする。減圧開始10分前から給気温度を上昇させ，換気量を増やす。温度下降には給気温度の上昇で対応する。これにより，黄色い線のように快適温度範囲内に室温が保たれ，予定時刻に治療を終了することができる。このように全自動制御といいながらも随時設定値を変更するなどしなければならず，全自動イコー

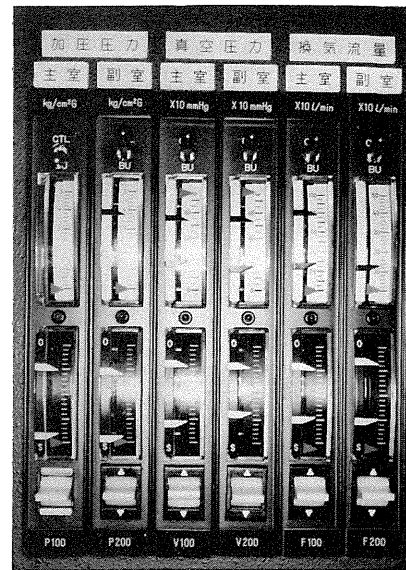


図11 手動運転操作盤
 圧力と換気がコントロールできるのみであり，コンピューターが故障したときの非常用である。

ル無人化というほど徹底したものではない。また，仕様書の段階では納得していたのであるが，実用面からみると制御用CRTが1個で切り替えによる使用には問題があり，少なくとも2個設置し，主室用と，副室用に独立させるべきである。岡大OHPの運転記録としては，CRT上のトレンド画面のコピー記録が，入室患者リストと一緒に保存される(図9)。

半自動運転では，プログラムの圧力変化部分に相当するところを，ワンステップずつ，その都度，数値を変える。4.に目標とする圧力，5.に圧勾配を代入してスタートする。目標圧力に到達したらCRTにメッセージが出て，次のステップをスタートするまで現状を維持する。プログラム運転と，この勾配運転との相互の乗り換えが可能である。プログラム運転の途中での，一時的な減圧時に，この勾配運転は有用である(図10)。

手動運転は非常用であり，コンピューターが故障したときにCRTとは別のデジタル表示圧力計を見ながら行いが，蒸気回路の電磁弁が作動しないので，通常の診療には用いていない(図11)。

4. 運転記録の方法

制御状態は，黒地に7色(赤，黄，緑，青，藍，紫，白)のCRT表示となっていて，運転パターン

はプログラムの予定パターン（赤色）を実際の圧力表示パターン（白色）が画面上を追い、重なるようになり、予定と実際がCRT表示されている。制御、圧力パターンともにCRT上ではカラー表示であり、認識、識別が容易である。しかし、CRT画面の転写印字機（ハードコピー）が現在はモノクロであり、コピー記録から状況を分析するのに不都合があり、カラーコピーの導入が必要である。

5. 将来の理想的な装置の条件

(1)安全性：装置として安全性はモニターがかなり充実しているとはいえ、むしろ治療に伴う人為的な注意力の欠如を複数名の職員で確認し合う必要がある。また、装置全体の色々な箇所可能な限り多くの fail-safe 機構を採用する。

(2)操作性：全自動化制御を徹底し、主室、副室の独立した運転をするときに、制御状況がCRTに同時に常に表示され、指示、操作ができなければならない。また、コンピュータでプログラムがリセット状態になっているときに、弁の開閉度が始動時の定位置へ固定完了しているか否かの、高度のモニターも充実させる。すなわち、弁の開閉については、設定されている通りになっているは

ず（./）というだけではコンピュータが空回いになる点を考慮する。それには、時間的に電算化に対応できる高速の連続作動の可能な弁が開発され使用される必要がある。

(3)耐久性：装置は、空気圧縮機以外は、高速の駆動部分が少なくてすむ設備であるため、磨耗による寿命の短い箇所は限局され、設備全体の耐久性は永いはずである。そして、回路の接続部の封入（シール）材の劣化と鉄材の腐蝕の進行が耐久期間を決定する。そのため、不蝕性の新素材の採用と回路全域の可及的なステンレス化が要求され、高品質の防錆除錆剤の使用が最も重要である。これは耐久性の向上とともに、圧縮空気回路と冷却水回路系に起こりやすい日常のトラブルの発生を減少させ、保守整備間隔の延長をもたらし、装置の休運による診療効果の減少阻止にも有用である。

〔参考文献〕

- 1) 榊原欣作：名古屋大学医学部附属病院高気圧治療室装置について。医器誌 38：782～792, 1968.
- 2) 榊原欣作, 小西信一郎, 湯佐祐子, 菅原修二：琉球大学保健学部附属病院に新営された高気圧酸素治療装置について。医器誌 44：140～148, 1974.