

●原 著

琉大病院に新設された高気圧酸素治療装置について

森 幸夫* 湯佐祚子**

琉球大学医学部附属病院では、病院の移転新築に併せて、大型の高気圧酸素治療装置を新設した。

装置本体は、直径 3.2m 全長 7.7m の横円筒形二室構造で、収容人員は最大14名、最高治療圧力は 5kg/cm² (6 ATA)、副室では地上高度 1万 m 相当までの陰圧 (190 Torr) も可能である。

本装置は、1枚の扉で陰・陽圧の可能な大型自動引戸式扉の採用、コンピュータによる高圧室内環境の計測制御と治療パターンの管理、呼吸・循環機能管理用機器の装備など高度な機能を備えたものである。

キーワード：高気圧酸素治療装置，引戸式扉，治療パターン，陰圧および陽圧

Hyperbaric oxygen chamber newly installed at Ryukyu University Hospital

Yukio Mori* and Toshiko Yusa**

*Medical Equipment Promotion Section, Hanyuda Ironworks Co., Ltd.

**Department of Hyperbaric Medicine, Ryukyu University

A large multiplace hyperbaric chamber was newly installed at Ryukyu University Hospital, when the hospital moved to a new campus area. This is a detailed report about the facility.

This chamber is designed as laterally cylindrical shape having two components in it. It measures 3.2 meters in diameter and 7.7 meters in length. It has maximum capacity for fourteen patients and the deepest available pressure is 5.0 kg/cm² (6 ATA). Outer lock can realize hypobaric condition (190 Torr) equivalent to 10,000 meters altitude.

This chamber has many advanced equipments as; the large automatic sliding door which can be used both for hypo-and hyperbaric condition, the computer system to regulate the environmental condition of the chamber and also to control therapeutic patterns, many medical equipments to monitor respiratory and circulatory function of the patients, and others. (author's abstract)

Keywords :

Hyperbaric oxygen chamber
Sliding door
Therapeutic patterns
Hypo-and hyperbaric condition

はじめに

琉球大学医学部附属病院は、那覇市内中心部の与儀地区より、郊外北東部に位置する千原地区の大学キャンパス内へ移転し、昭和59年10月に診療を再開した。病院の移転新築に併せて、大型の高気圧酸素治療装置 (ハニウダ P-1100 型) が新設された。

装置本体は、直径 3.2m 全長 7.7m の横円筒形で、主室、副室の二室で構成している。

収容人員は最大14名 (主室10名、副室4名) 最高治療圧力は 5kg/cm² (6ATA) である。

主室は、ICU ベッド 2 台又はストレッチャー 4 台を収容し、治療処置に必要なスペースが確保される他、高気圧下手術用機材を装備している。

副室は、主室への入退室に利用される他、地上高度 1万 m 相当までの陰圧 (190 Torr) が可能である。

目 的

昭和48年12月より昭和59年6月までの10年余に

*榊羽生田鉄工所医用機器推進室

**琉球大学医学部附属病院高気圧治療部

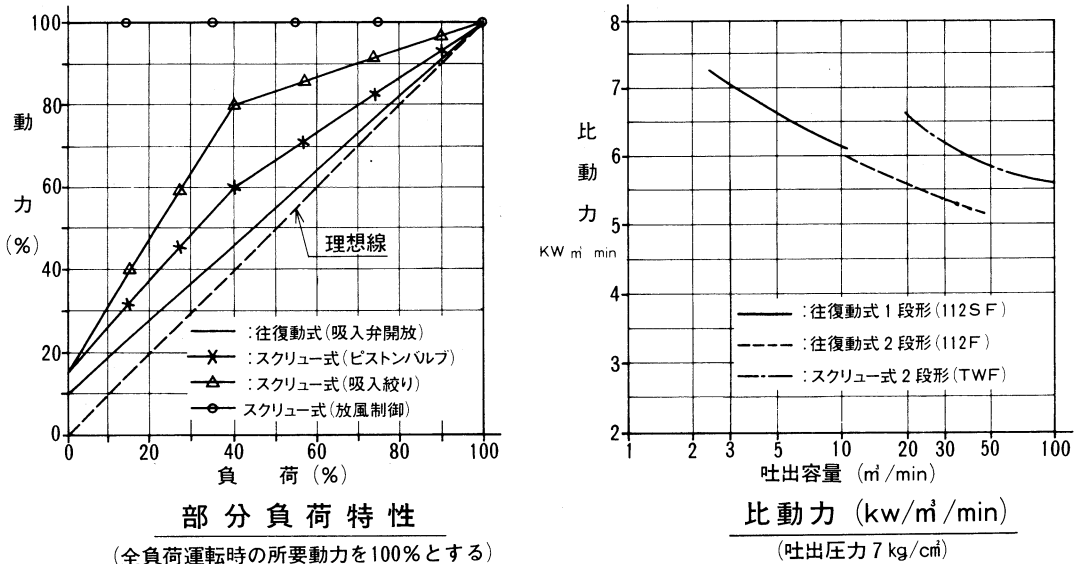
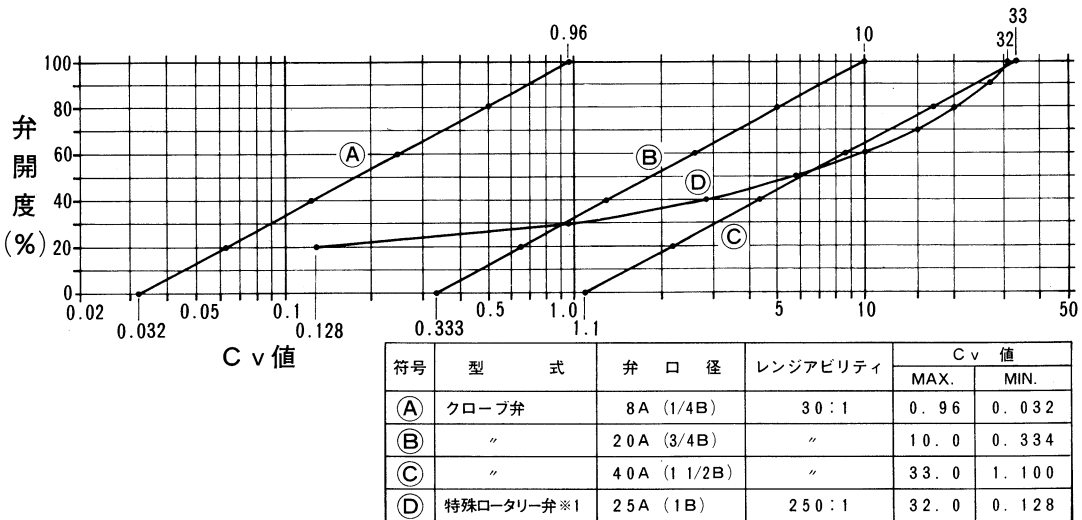


図1 各種圧縮機の部分負荷特性及び比動力
石川島播磨工業㈱資料による



※1. Vノッチカット付部分球面ディスク型

図2 自動調節弁の流量 (Cv 値) 特性

亘る、旧施設での大型装置の使用経験を基に¹⁾、新設計画の仕様が検討されたが、装置全般の安全対策に併せて、機能面で特に重点的に検討された項目は以下のとおりで、この機能を備えた装置の実現を目的とした。

- (1)長時間に亘る減圧症治療に備える
- (2)重症患者の治療に対する配慮
- (3)省力化と維持費の低減

方 法

本学会の「再圧治療に関する勧告」²⁾に示された治療パターンを実行するには、毎分 0.8kg/cm²の急速加・減圧と毎分 0.03kg/cm²の直線的な低速減圧が必要である。

この加圧には、図1に示す部分負荷特性の良好な往復動型空気圧縮機2台を並列運転とし、大型

機は比動力の低い二段圧縮式に、小型機は商用電源の停電に備えて自家発電電源でも運転可能とした。また、現地体制でのメンテナンス実績のある機種種の改良形とした。

主室の最高加圧速度は、電力供給と設置スペースの制約で毎分0.6kg/cm²とし、副室は毎分0.8kg/cm²とした。

排気系には、図2の①に示す特殊ロータリー式調節弁を用いて、低速から急速減圧制御に備えた。

旧施設では、治療パターンの変更に、プログラム設定器のドラムシートの交換を要し、起動時の操作を含めて煩雑であった。

本装置では、プロセス制御用マイクロ・コンピュータの時間関数発生機能を用いて、標準的な治療パターン5種類を予め入力しておき、繰り返し使用に備えた。さらに、標準外パターンと、入退室のための副室の加減圧などに備えて、図3に示す二方式の可変パターン作成とその使用を可能とした。

治療パターンの選択は、画面のメニューを見ながらパターンに対応するソフト・キーで指定し、確認キーを押して完了し、起動・停止・復帰は、デスク面の照光式押釦スイッチの操作により行うものとした。

治療プログラムの進行監視は、図4に示す如くCRT画面にパターンのグラフィック表示を行い、

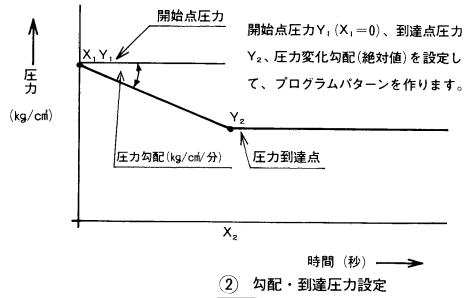
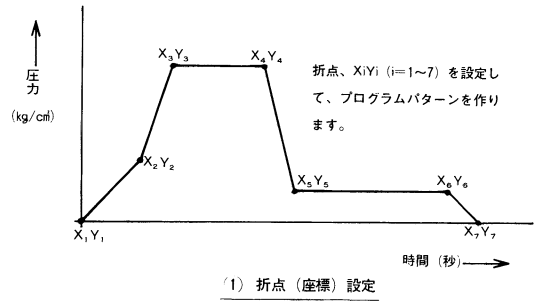


図3 可変パターン設定方式

ライン色のモディファイで進行ゾーンを示し、プリンキング・ラインで現在点を示すようにした。

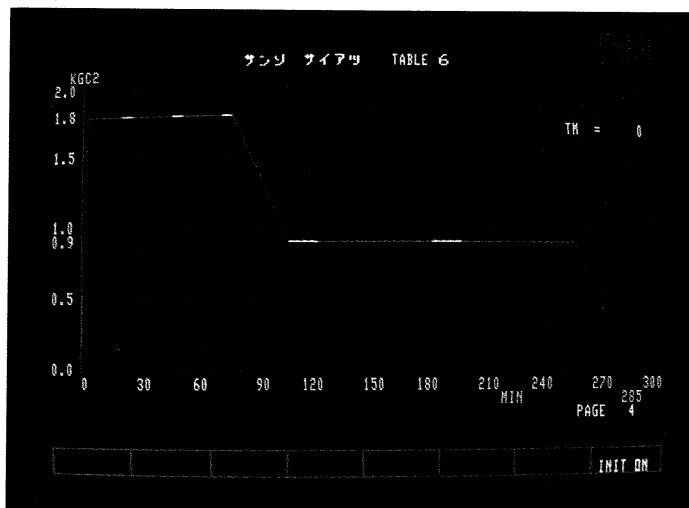


図4 CRT画面

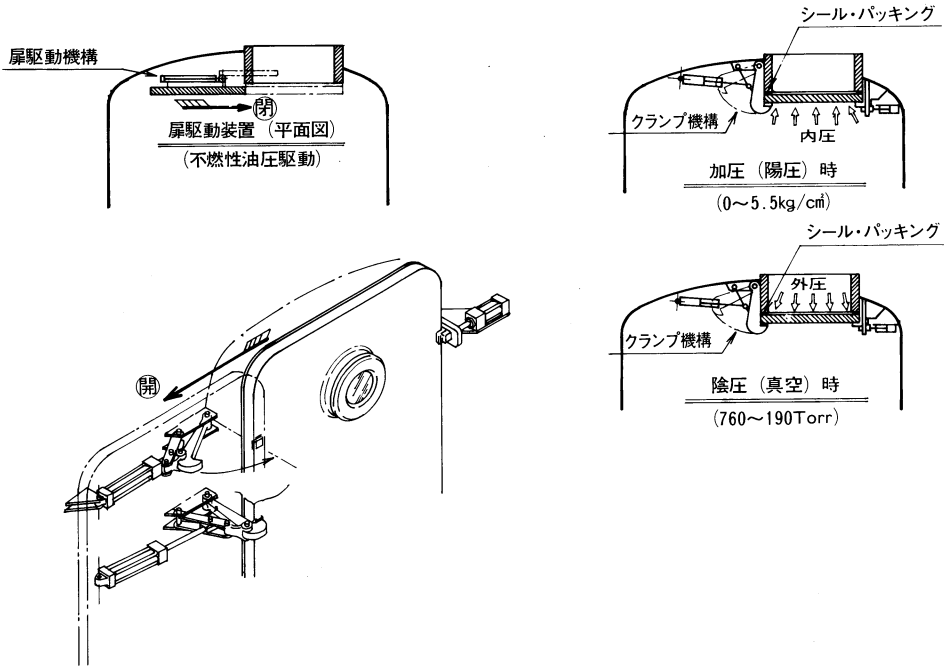


図5 引戸式出入口扉

空気塞栓症の治療に備えて、装置本体の最高使用圧力（設計圧力）を5 A, 6 A欄に対し0.5kg/cm²余裕を見込んで5.5kg/cm²とした。

高気圧治療室は、緊急搬送患者の院内移動に伴なう負担軽減と、装置内への收容時間短縮のため、救急玄関・救急診療部と同一フロアでかつ隣接した位置に配置された。

装置内への出入口扉の有効寸法を幅1m高さ1.8mとし、ガードル架付のICUベッドでの患者收容を可能とし、専用ベッドを4台装備した。また、床面の段差による患者への衝撃を避けるため、扉は引戸式として床面の段差を無くし、図5に示す如く1枚の扉で陰・陽圧に耐える構造とした³⁾。

圧力変化により気体の容積は、大気圧付近で最も大きく変化する。大気圧付近での微妙な圧力制御が必要となる所以である。

圧力制御の具体的な手法は、図6に示す様にレンジを変えた圧力発信器3台の自動切換使用による低圧領域での検出精度の向上と、リセット・ワインドアップによる制御遅れを防止し、スムーズな自動加圧を行うためのスタート時の操作用出力信号処理などによった⁴⁾。

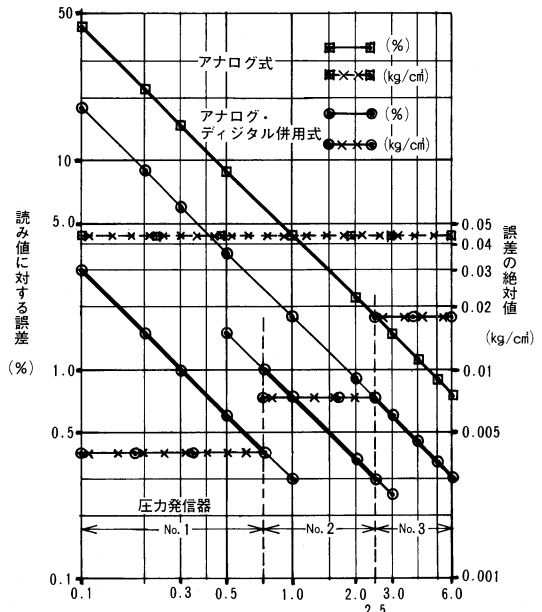
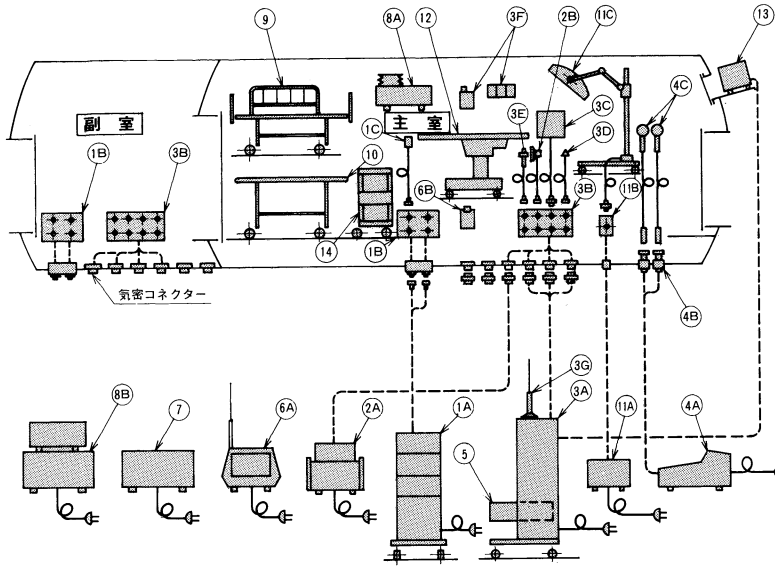


図6 圧力制御ループ精度特性
(誤差推算式による計算値を示す)



符号	名称	数量	備考
1 A	超音波血流計	1台	
B	コネクタパネル	2面	
C	ブローブ	6ヶ	
2 A	経皮的酸素分圧計	1台	
B	経皮電極	2ヶ	
3 A	ポリグラフモニタ	1台	8ch
B	高圧室内用中継パネル	2面	
C	生体電気誘導パネル	1面	
D	電極誘導コード	1本	
E	血圧トランスデューサ	2ヶ	
F	テレメータ発信ユニット	2ヶ	
G	受信アンテナ	1ヶ	
4 A	除細動装置	1台	高圧室内用
B	高圧貫通端子	2ヶ	
C	パドル	1組	
5	テープレコーダ	1台	
6 A	心電図モニタ	1台	
B	心電図送信機	1ヶ	
7	血液ガス分析装置	1台	解析装置付
8 A	人工呼吸器	1台	高圧室内用
B	人工呼吸器	1台	処置室用
9	ICU用ベッド	4台	高圧室内用
10	ストレッチャー	2台	高圧室内用
11 A	電源調整器	1台	
B	コネクタパネル	1面	
C	高気圧手術用无影灯	1台	高圧室内用
12	移動式手術台	1台	高圧室内用
13	スレーブモニタ	1台	4ch
14	麻酔器	1台	高圧室内用

図7 附属医療機器系統

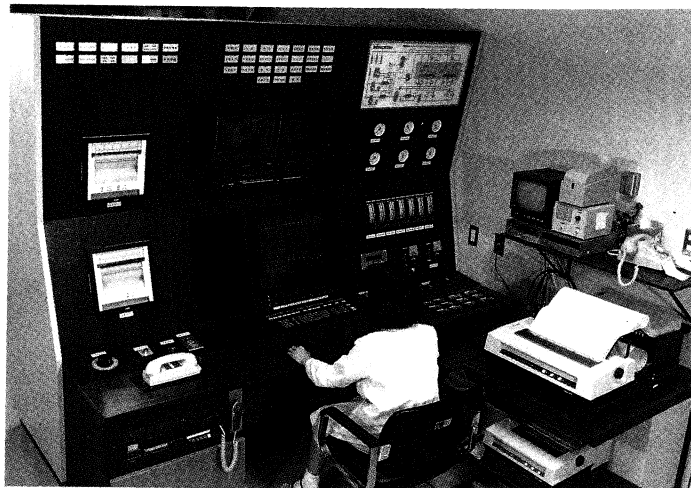


図8 操作盤

呼吸・循環機能管理用機器を中心に、図7に示す附属医療機器を装備し、装置内で使用するものについては安全対策を施し、モニタ類はコネクタの差し替えにより、副室でも使用可能とした。なお、装置内用の人工呼吸器は麻酔器と接合して使用するものとした。

装置の大型化に伴い、操作監視空間が拡大し、情報量が格段に増加する。本装置では、図8に示

す如く操作盤中央に、プロセス制御用コンピュータの操作監視部であるオペレータズ・ステーションを組込むと共に、盤面に操作監視用部品を機能的に配置し、CRTオペレーションを中心に、中央管制を可能とした。

また、シリアルプリンタ、ハードコピー装置などを装備し、データファイルとトラブル発生時の状況解析と原因究明に備えた⁵⁾。

表1 設置スペース比較表

区分	装置型式	収容人員	設置スペース (床面積) m ²				収容人員1名当りの床面積 m ² /人
			装置本体	附属機器	処置室他	合計	
旧施設	KS-305	8名	70.4	81.0	75.4	226.8	28.4
新施設	P-1100	14名	76.5	72.0	115.5	264.0	18.9

装置内の冷暖房用の熱源は、保守管理の省力化とスケールメリットによる省エネルギーを目指して、中央エネルギーセンターの通年運転系より供給するものとした。

空気圧縮機の負荷変動を、空気槽の圧力変化で捕捉し、2台の自動発停を含む4段階に容量制御し、空気循環ファンについては、負荷変動を温度制御偏差と操作出力の変化で検出し、トランジスタ・インバータによる回転数制御を行い、省エネルギーに備えた。

当地域の気象風土は極めて過酷で、旧施設では冷却水系統の塩害による腐蝕と、石灰質の粉塵によるスライムの堆積で閉塞が発生した。この対策として、冷却水が直接外気に接触しない密閉式冷却塔を採用した。

また、空調・換気及び空気圧縮機の外気吸入系に、低圧損型のヘパ・フィルタを設け、屋内機器の塩害防止のために備えた。さらに、水系統と送排気系統の機器・配管材料をステンレス鋼とし、耐久性の向上と、保守の省力化に備えた。

結 果

空気圧縮機用電動機の定格出力は、主室内容積1m³当り4.1kWで、旧施設に比較して31.4%減少できた。また、防振ベッドの採用で、建屋の躯体振動が大幅に減衰出来た。

レンジアビリティの大きな特殊ロータリー式調節弁1台で、毎分0.02kg/cm²の直線的な減圧から、毎分0.8kg/cm²の急速減圧までの広範囲な自動制御が可能となつた。

20インチの大型カラーCRTとソフト・キー、PFキーの有効活用により、治療プログラムの選択・実行とその監視が極めて容易に行えるようになった³⁾。

高気圧治療室の位置については、院外からの緊急搬送患者と外来患者の収容が容易である反面、

院内のICU、各病室からはエレベータの使用と移動に時間を要する結果となった。

引戸式扉の採用で、開閉によるデッドスペースが旧施設の1/3となり、限られた装置内空間の有効利用が可能となった。

また、ストレッチャー、車椅子での患者収容と、キャスター付長椅子などの搬入が容易になると共に、レバー操作による全自動扉とした事により、開閉に要する労力が極めて軽減できた⁴⁾⁶⁾。

呼吸・循環機機能管理用機器を装備することにより、装置内での患者管理が旧施設に比べ容易になった。

オペレーターズ・ステーションを中心としたコンパクトな操作盤に情報を集約し、操作員は殆ど移動せずに、装置全般の監視が可能となった。

冷・温熱源を中央より供給することにより熱源機器の保守が不要で、立て形アフタークーラーなどの採用と併せて附属機器の設置スペースを表1に示すとおり旧施設以下にできた。また、約60m²の処置室を含む施設総床面積は、264m²で旧施設の約1.2倍弱で、収容人員は1.75倍にできた。

電源定格容量は、冷却塔、冷却水ポンプを含めて188kWで、旧施設の193.4kW以下にできた。

考 察

空気圧縮機は、旧施設で実績のある機種を選定したが、小型で騒音・振動が少なく、長時間メンテナンス・フリーと言われているスクリュウ型に対し、部分負荷特性の改良や、実績による信頼性とサービス体制の確立などが望まれる。

可変パターンの勾配設定値は、リアルタイムで変更できることが望ましく、圧力制御系については、緊急遮断状態から手動制御へのスムーズな移行処理に改良の余地が判明し、併せて検討中である。

総合病院における大型装置を備えた高気圧治療

室の配置は、本療法の適応疾患の広範性と建築の大型、高層化に伴い全ての条件を満たすことは至難である。当該施設の診療形態に基づいた、本療法の現在および将来の位置付けと、他の診療部門との関連性を含めて、総合的に検討されるべきものと思われる。

医療ガスの供給に関しては、重症減圧症患者の治療に備えて呼吸用酸素系に対し、混合ガス（50% N₂+50% O₂など）の切り換え使用が容易に行えるように当初より考慮しておくべきであった。

大型引戸式扉によるICUベッドの収容は、新しい試みとして、1枚の扉で陰・陽圧を可能にした事と併せて特筆すべき点である。

なお、ICUベッドのスムーズな収容には、出入口扉の有効幅に余裕を持つことが望ましいと思われる。

装置内の環境制御では、二自由度PIDなどの新しい制御理論の実用化と、加減圧時を含めた装置内温度分布の均一化のための最適風量の検討などが今後の課題である⁷⁾。

治療運転中の中央管制を可能としたが、始業点検と終業処置のために、機側での若干の運転操作が必要である。

冷・温熱源の中央供給は、供給設備容量と病院全体の年間使用状況を併せて検討すべきであり、供給管路の保守に留意する必要がある。

機器耐久性と、保守の省力化については、今後の点検結果によるが、装置全般の合理的な点検整備を計画している。

以上、機能面を中心に装置の概要を述べたが、当施設の立地は海拔140mで、重症減圧症患者については搬送中の症状悪化が考えられ、また空路輸送患者については空港より当施設まで30分近く時間を要する現状である。このことは、沖縄県における施設として治療症例中で最も多い⁸⁾減圧症

治療を中心とした高気圧治療施設の立地条件としては最適と言えない点である。

おわりに

旧施設の設置・運営に重ねて今回の計画実現に関し、御指導と御尽力戴きました名古屋大学医学部附属病院高気圧治療部榊原部長に衷心より感謝いたします。併せて、関係当局ならびに関連業者各位の御尽力により完成した事を報告しますと共に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 榊原欣作, 小西信一郎, 湯佐祚子, 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, 医科機器学雑誌44: 140-148, 1974.
- 2) 日本高気圧環境医学会安全対策委員会: 減圧症および減圧に伴う空気塞栓症に対する再圧治療に関する勧告. 昭和56年12月1日制定.
- 3) 塩飽善友: 第2種装置の現況と将来 (第18回日本高気圧環境医学会総会 (1983) シンポジウム). 日本高気圧環境医学会雑誌19: 293-298, 1984.
- 4) 森幸夫: 第2種装置の現況と将来 (第18回日本高気圧環境医学会総会 (1983) シンポジウム). 日本高気圧環境医学会雑誌19: 306-309, 1984.
- 5) 青園隆司: 第2種装置の現況と将来 (第18回日本高気圧環境医学会総会 (1983) シンポジウム). 日本高気圧環境医学会雑誌19: 282-284, 1984.
- 6) 八木博, 小村一雄, 堀由里, 増田貞光, 折田旭, 中村実, 辻野純徳, 小林繁夫, 高橋英世, 榊原欣作: 当院に新設した大型高気圧酸素治療装置について (第18回日本高気圧環境医学会総会 (1983) シンポジウム). 日本高気圧環境医学会雑誌19: 310-316, 1984.
- 7) 神田修治: 環境制御システムの安全性と機能の向上 (第18回日本高気圧環境医学会総会 (1983) シンポジウム). 日本高気圧環境医学会雑誌19: 285-289, 1984.
- 8) 湯佐祚子: 減圧症の治療と予防 (第18回日本高気圧環境医学会総会 (1985) 会長講演). 日本高気圧環境医学会雑誌21: 1-8, 1986.