

産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1970

高気圧治療設備実態調査報告書

(付) 酸素雰囲気中におけるインターホン
による発火危険性について

駒宮功額
田中隆二

目 次

高気圧治療設備実態調査報告書(駒宮, 田中)

まえがき	1	3.2.6 内部配線	19
1. 高気圧治療設備	1	3.2.7 電源設備	19
1.1 概要	1	3.2.8 漏電対策	19
1.2 1人用高気圧治療タンク	2	3.2.9 温湿度センサー	20
1.3 多人数用高気圧治療設備	3	3.2.10 持込み電気器具	20
1.3.1 多人数用高気圧タンク	3	3.2.11 その他	20
1.3.2 付属設備	4	3.3 可燃物	21
2. 1人用高気圧治療タンク	4	3.4 機械室および操作室	21
2.1 雰囲気	4	3.4.1 機械室	21
2.2 電気設備	5	3.4.2 操作室	21
2.2.1 照明器具	5	4. 高気圧治療設備の使用および	
2.2.2 通話装置	6	保守状況	22
2.2.3 開閉器類	8	4.1 概要	22
2.2.4 導線のタンク貫通部	8	4.2 使用状況	22
2.2.5 内部配線	9	4.3 保守点検状況	23
2.2.6 接地, その他	9	5. 緊急対策	23
2.3 可燃物	9	5.1 消火	23
3. 多人数用高気圧治療設備	10	5.1.1 タンク	23
3.1 雰囲気	10	5.1.2 タンク設置室	25
3.2 電気設備	10	5.2 緊急減圧	25
3.2.1 照明器具	11	5.3 停電対策	26
3.2.2 通話, 連絡装置	13	結 言	26
3.2.3 監視用テレビ(ITV)	16	〔付録1〕 高気圧治療設備設置状況調	26
3.2.4 開閉器類	17	〔付録2〕 高気圧治療設備メーカー	28
3.2.5 導線のタンク貫通部	17	〔付録3〕 事故例	28
		(参考文献)	29

(付) 酸素雰囲気中におけるインターホンによる発火危険性について(田中)

1. まえがき	30	4.3 酸素雰囲気中の放電火花による着火実験	37
2. ポータブルロックの概要	30	5. 結 論	38
3. インターホンの危険性と実験方針	33	参 考 文 献	38
4. 実験方法および実験結果	34	〔付録1〕 乾電池の短絡電流と温度上昇	39
4.1 インターホン用乾電池の短絡電流の測定	34	〔付録2〕 電線に定常電流を流した場合の温度	
4.2 酸素雰囲気中における電線の過電流		上昇の理論式	39
発火実験	34		

高気圧治療設備実態調査報告書

労働省産業安全研究所

駒 宮 功 額
田 中 隆 二

ま え が き

ガンやガス中毒などの各種の治療にきわめて効果が高いことや、複雑な大手術の際に患者の生命を維持できることなどから、最近各地の大学病院や労災病院において高気圧治療設備（加圧したタンク内で手術や治療を行なうもので、高気圧手術室、高圧酸素手術室、高気圧酸素治療装置、高気圧治療室、高圧治療室、高気圧治療器などと呼ばれているが、ここでは以下高気圧治療設備という）が数多く設置されるようになった。（付録1参照）高気圧治療設備には1人用と多人数用とがあり、前者は主としてタンク本体のみから成り立ち、後者はタンク本体と、これに付属する機械設備等から構成されている。高気圧治療設備では大気圧下でタンクに患者や医師が入り、扉を密閉した後、内部の空気を加圧し、患者は呼吸のため酸素を別に吸入する方式となっているか、もしくは空気の代りに酸素で加圧し患者等はそのまま加圧された酸素を呼吸する方式のいずれかによって、必要な治療の目的を達しようとするものである。

われわれの身体が必要とする酸素の取入れは、主として血液中のヘモグロビンの作用に依存している。しかし高気圧下では、血液中の血漿に大気圧よりはるかに多量の酸素が溶けこむため、ヘモグロビンに頼らなくとも十分生命を維持できるようになる。例えば大気圧の血漿には0.3%しか溶存酸素は含まれていないが、2kg/cm²（ゲージ圧以下同じ）下で酸素を吸入すると、溶存酸素は6%に高まり、大気圧下での酸素吸入と生理的にまったく異なった効果が期待できることが実験的に確認され、これが高気圧治療法の原理となっている。

ところで、このような高気圧空気または高気圧酸素下では、可燃物の発火温度、最小発火エネルギーなどが大気圧空気下に比較してかなり低下する。またこのよう

な条件下で可燃物が発火すると大気圧空気下に比較し燃焼速度、火炎温度、火炎長さなどが増大するばかりでなく、空気中では一般に難燃性とか不燃性といわれるものでも強い可燃性を帯びてくるものが多いため、事故発生の大きな要因につながってくる。例えば昭和42年、岐阜市内の病院における1人用高気圧タンク内での火災による患者の死亡事故、昭和44年東大病院における多人数用高気圧タンクと設置室の火災爆発による4名の医師および患者の死亡した事故および昭和45年2月東京両国の潜函工事現場で使用していた再圧タンク内での火災による作業員1名の死亡事故などはいずれもこのような危険性を如実に示している。

さて、このような事故を防止するために必要な安全技術の開発は、ほとんど進められておらず高気圧治療タンクの使用そのものが比較的新しいものであるため現状としては国内、国外とも明確な安全基準が定められていないのが実情である。したがって高気圧治療設備の安全対策もメーカーに任されている場合が少なく、個々のタンクにより異なるものと思われる。そこで、今後の安全対策の樹立に必要な研究の参考とするため、全国各地の代表的な高気圧治療設備（1人用8基、多人数用8基）の実態を主に安全上の立場から調査したので、その結果について以下報告する。

1. 高気圧治療設備

1.1 概 要

高気圧治療装置は、潜水病や潜函病のような減圧症の治療に古くから用いられていた再圧タンクと構造や加圧程度が似ている。したがって、治療のみを目的としたものは構造や付属設備も比較的簡単であるが、加圧下での手術や放射線治療法を目的としたものは付属設備に工夫が加えられている。

このように高気圧治療タンクは常に加圧を目的とし

ているため耐圧性を必要とするが、その耐圧試験は労働省令等の第2種圧力容器の試験法に規定されている水圧テスト以外に空気による気密テストも併用されていることが多い。また輸入品については輸出国の耐圧証明書が一般についている。

可搬式1人用タンクの大きさは最小容積約 0.5m^3 から最大約 1.8m^3 で、多人数用のものは第1表に示すような容積の大きさで、これらが全国各地に設けられている。装置の本体の材質は鋼鉄であるが、1人用のものではプラスチック、ステンレス（ゴムも用いられているが今回の調査に含まれていない）も用いられている。また内装材にはアルミニウム、ステンレス、プラスチック、ガラスなどが使用されている。

治療や手術を行なうには、患者と医師、助手等は大気圧空気下でタンク内に入り、扉を閉めた後に加圧された空気を送入する。そして加圧下で患者のみが酸素マスク、酸素呼吸器などから酸素を吸入するのが普通であるが、1人用のものでは一般に酸素で加圧されている。

1.2 1人用高気圧治療タンク（写真1）

この装置は主として放射線療法と一酸化炭素中毒および減圧症の治療を目的としている。

放射線療法用のものは内部に放射線源を設けたり、外部から照射するために外殻をプラスチック製とし照射効果を高めている。なおプラスチック製のものは高気圧酸素下のような特殊環境での経年変化に対して実績が知られていないため、万一の破損事故を防止するように外殻を二重構造にした安全対策がとられている。患者監視用の覗き窓は、一般に1箇所以上に直径10cm以上の円形の強化ガラス1枚が患者の顔を見や

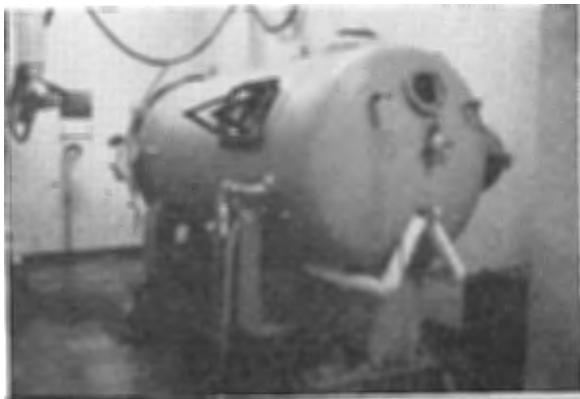


写真1 1人用高気圧治療タンク

すい位置に設けられている。

つぎに炭坑爆発の際発生することの多い一酸化炭素中毒や、潜水・潜函作業時に生ずる減圧症治療用のものは、使用場所が主として僻地であることから、移動可能な軽量、可搬式のものが多く、本体の材料はステンレスが用いられている。覗き窓の構造、大きさなどは放射線療法用のものと同様である。なお僻地での使用を目的としているので、電源などの関係上、空気圧縮機械による空気加圧が困難なため、酸素ポンベによる酸素加圧が一般的である。扉の開閉はボルト式と写真機のレンズ交換に見られるバヨネットのような切込式との2種類があり、いずれも内開きである。患者の搬入はストレッチャー（患者運搬車）のベッドに乗せたまますべり込ませるが、車をつけたり、摩擦係数の低い四フッ化エチレン樹脂をベットの下部に張りつけたりして、滑りやすくさせている。タンクに付属する圧力計は内部圧力監視のため、見やすい位置に取り付けられているが、直径が小さく読み取りにくいものもある。また圧力計を並列に2箇所取り付け安全度を高めたものもあった。（写真2）



写真2 2箇所取り付けられた圧力計



写真3 安全弁

安全弁は市販品がそのまま用いられており、圧力放出方向は上または横方向が多かった。(写真3) この他患者の生理的状态を医学的に監視するための計測用導線接続部、その他のコネクタが設けられている例が多く、さらに予備のための盲フランジを取り付けているところもあった。

1.3 多人数用高気圧治療設備

1.3.1 多人数用高気圧タンク (写真4)

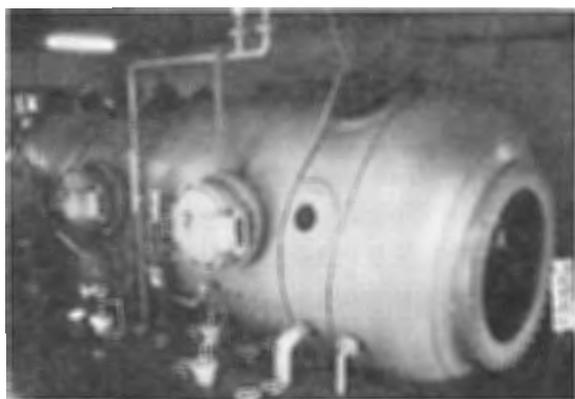


写真4 多人数用高気圧治療タンク

この設備の使用目的は主として外科手術と医師の同伴を要する内科的治療にあるので、手術準備室や副室が必要である。したがって第1表のように内部は2室または3室に仕切られており、おのおの独立して加圧と減圧ができるようになっている。また扉を2枚設け高気圧ばかりか、大気圧以下の負圧状態を作ることが

第1表 主要大型高気圧治療装置の設置例
(昭和45年1月現在)

所在	タンク容積 (m ³)	最高使用圧力 (kg/cm ²)	直径, 長さ (m)	形状	タンク内室数
名古屋大学医学部	160	3	5.0×8.5	円筒	2
大阪大学医学部	51	4	4×2.8×5.6	楕円筒	2
千葉労災協会病院	50	3	2.8×8.15	円筒	2
札幌医科大学	40	3	3.0×6.0	//	2
京都大学医学部	40	6.3	2.7×7.2	//	2
美唄労災病院	30	5	2.5×5.4	//	2
九州労災病院	25	5	2.0×7.5	//	3
日本医科大学	10	3	1.7×4.65	//	2

可能な構造のものも一例あった。手術用のもは手術ベッド、手術灯、麻酔器具や手術器具の出し入れ用サービスロック、医療機械などの直接手術に必要な付属設備と、冷暖房設備、大型空気圧縮設備、加圧減圧制御装置などの付帯設備が必要なためタンクと付属設備は大型となっている。また内科的治療タンクも一時的に多数の患者を収容するため、広い床面積を持ち、また治療が長時間にわたることもあるので、内部である程度の生活ができるよう、生活用品出し入れ用サービスロックを必要とするなど外科手術用と同じように大きな設備となっている。

視察窓は一人用のものより数多く取り付けられており直径も最小10cmから最大40cmに及んでいるが20cmのものが最も多かった。材質は強化ガラス一枚使用が一般的であるが、1人用のプラスチック製タンクの外殻と同じ考えで2枚用い安全性を高めたものもある。(写真5) この他プラスチックを用いたものもあるが写真6のようにクラックが入り、経年劣化を示していた例もあった。

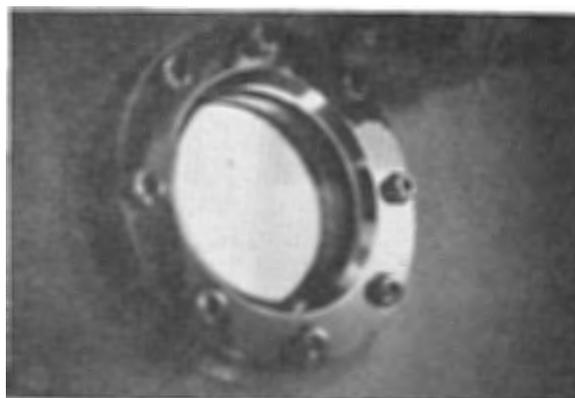


写真5 ガラスを2枚用いた視察窓



写真6 クラックの入ったプラスチック製視察窓

扉の開閉は1人用のものと異なり、内開き式で、蝶つがいを用いたドアがほとんどで、引戸式のもが一例あった。また扉の開閉を油圧で行なったり、負圧にも使用できるよう主室扉の数を2枚にしたものもあった。扉の大きさは患者搬入のための手術用ではいずれもストレッチャー（患者運搬車）が入る大きさで、治療用のはベッドのみが入れるようになっている。

サービスロックは1箇以上設けられており、消毒された物品の搬入と汚染された物品の搬出を区別しているものもある。扉には覗き窓が設けられているものが多く、また内圧が加わっている時には開かない安全装置付きのものもあった。床は手術用では一例を除いて電導床が用いられており、いずれも取外し可能な構造となっていた。治療用のは塩化ビニル系タイルやステンレスが用いられている。タンクの内壁は難燃性塗料を塗ったり、アルミニウム、亜鉛のような金属の吹きつけ（メタリコン）処理が実施されていた。

1.3.2 付属設備 (写真 7)

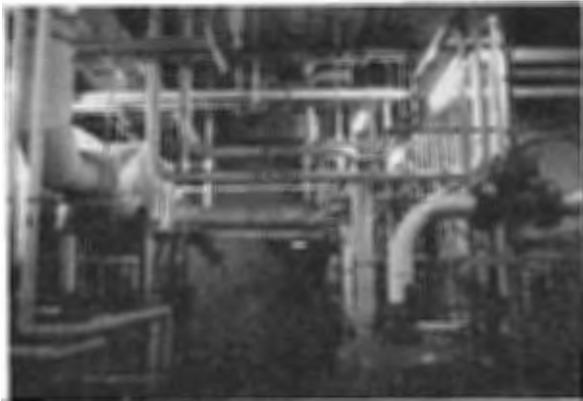


写真 7 機械室

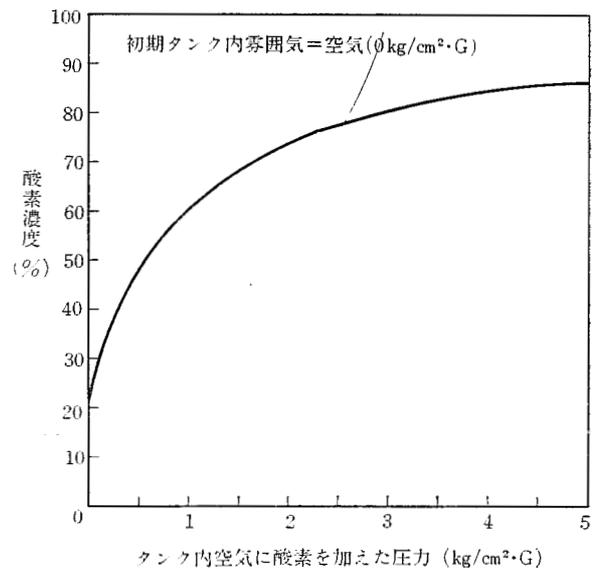
タンク内で治療や手術を行なうためには加圧、減圧、換気、操作設備のほか温度、湿度、炭酸ガスなどの制御、酸素濃度の監視、消火用水装置、加減圧時の騒音防止装置などが必要で、このためタンク設置室より広い面積を持つ機械室、操作室が設けられている例が多く、中には数倍に及ぶものもあった。またタンク内での仕事に従事した後の職員の回復室、術後の処置室、見学室、消毒室、洗浄室、ボンベ室、倉庫まで集中して完備した所もあったが、建物の都合上、付属設備が数ヶ所に分散している例も珍らしくなかった。

2. 1人用高気圧治療タンク

2.1 雰囲気

加圧方式は高気圧酸素か高気圧空気を用いるもの、またはそのどちらも可能なものとさまざまである。そして治療目的や病院の酸素、空気配管設備の有無などにより、加圧源に酸素ポンプ、酸素配管、空気配管が用いられている。また空気加圧の際には患者のみが酸素を吸入できるよう、デマンド式の酸素呼吸マスクや酸素濃度の高い呼気を装置外に排出できる構造の呼吸マスクを用いている例も多少あった。

したがって装置内の雰囲気は酸素加圧式では第1図のように 2kg/cm^2 で約 74% の酸素濃度に達する。しかもこの種の装置には内部雰囲気の攪拌装置がないので、比重の重い酸素は低い所に停留しやすく、部分的には 100% の濃度を示す場合もあるものと考えられる。



第1図 高気圧タンク内の圧力と酸素濃度の関係 (完全混合の場合)

次に酸素をタンクへ送るために酸素配管や酸素ポンプからゴムホースを用いるものが多いが、ゴムホースは外れることや破損することがあるので、装置の酸素入口には逆止弁をつけ、万一故障のさいに装置内の圧力が低下しないような工夫が必要である。なお外国製のものに逆止弁の取付けてあるものがあった。

また酸素導入口の取付位置はタンクの低部に取付けているものが多いが、そのような位置では酸素の比重

が重いため低所に停溜し、濃度が均一化しにくいものと考えられる。

この他冷暖房、加湿、炭酸ガスの監視などは移動して用いられるタンクであるため実施されていないが、少数であるが、固定して使用するタンクに温冷水による冷暖房が実施されていた。

2.2 電気設備

1人用高気圧治療用タンクでは、タンク内に患者1人が入り、タンクの外から医師が治療中の挙動を窓を通して監視する照明設備を設けたり、または適当な通話装置を使用して患者と通話ができるようにするための電気設備が設けられているのが一般である。

2.2.1 照明器具

(1) 概要

円筒状タンク本体の壁が透明なプラスチック製のもの除外すれば、今回調査にあたったものはすべて本体が鋼鉄製であったが、なかにはゴム製のものも製作されている場合もある。したがって全閉のタンクに患者が入って蓋を閉じると内部は真暗となり、患者に不安感を与えるのみでなく外部から患者の様子を見るにも不便となる。そこで、タンクの胴体部分および鏡板部分に円形の窓を数カ所設け、ここから室内光を採光したり、窓ガラスを通して間接的に内部を照らす照明器具を付加している。しかし、ランプ部分をタンク内に設置して直接照明を行なっている例も少なくない。

(2) タンク内部の照明用に付属照明器具を用いていない場合

今回調査した例のうちで、タンクの窓から入射する室内光のみに頼っていて、内部を見るための照明器具を取付けていないのは、一例のみであった。もっとも、この場合、タンクの使用目的が主として動物実験用として設計され、したがって、当初から患者の治療を考えていなかったためにこのようになっているのである。しかし、緊急、その他止むを得ない場合には、患者の治療用にも一時的に使用されている。

(3) タンク内部の照明用に付属照明器具を設けている場合

a) タンクの窓の外から内部を照明する例

タンク内の雰囲気として、加圧酸素を使用する場合の多い1人用高気圧治療タンクでは、消費電力の比較的大きい照明器具は、なるべくタンクの外に出しておくことが安全上好ましいとみなされている。

照明器具としては、けい光灯が多く、それぞれ40W×1灯、30W(サーフライン形)×1灯、10W×1灯、5W×3灯などの例となっているが、酸素雰囲気の場合は、シールドビーム灯で窓の外から照明し、加圧空気雰囲気の場合は、タンク内に設けたけい光灯を点灯する方式にしているところもあった。(写真8~10)

b) タンク内部に照明器具を設けている例

照明器具の種類としては、白熱電灯100W×1灯、60W×1灯またはけい光灯40W×1灯などとなっている。これらは、いずれもタンク内部の天井中心付近に直付けされていて、電源は交流100Vを使用している。

照明器具の保護構造としては、白熱電灯ではいずれもガラス製のランプ保護カバーが取付けられている。(これを耐圧天井灯と称している例もある)さらにこ



写真8 タンク上部の円形カバーの中の30Wサーフラインけい光灯



写真9 10Wのけい光灯と導線中継端子ボックス



写真 10 タンクのふたの窓の外に取付けられた3本の5W けい光灯

れに金属製のガードを取付け、その上をまた細かいメッシュの金網2層で囲み、機械的損傷を防止するようにした例もある。タンク内の圧力は直接にはランプ保護カバーにのみ加わり、ランプ自体はタンク外部の大気に接するような構造になっている。しかし、ランプを交換する場合にはタンク内部からランプ保護カバーを先ずはずさなければならない構造となっている不便なものもある。

けい光灯をタンク内に設けていたのは一例のみであったが、患者に与える“まぶしさ”を防止すると同時に、ランプの機械的損傷を防止するため、器具全体を半透明のプラスチック板でカバーし、さらにその周辺を金属板で完全にカバーして、全閉構造としていたものもある(写真11~13)。

なお、停電時などに備えて、タンク内の患者に携帯電灯を与えておくようなことは、いずれも行なっておらず、また他の電気器具と同様に持込みが禁止されている。

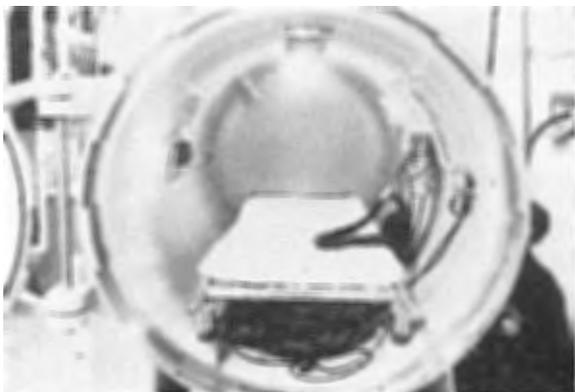


写真 11 グローブ付き60W 白熱灯



写真 12 グローブおよび2層金網付き60W 白熱灯、スピーカーマイク、呼出用無接点スイッチおよび隔測温度計センサー



写真 13 半透明プラスチックカバー付き40W けい光灯、スピーカー、マイクおよびME用コンセント

2.2.2 通話装置

(1) 種類

意識不明の患者または重症患者などを除けば、一般にはタンク内外の患者と医師等との間で、治療中に種々の通話を行なう必要がある場合がある。密閉された加圧下のタンクとはいっても、大声を出すと直接通話が可能であるといわれているが、やはり通話装置は必要と考えられ、今回の調査結果でも動物、臓器実験用

以外のものは、すべて何らかの通話装置が設けられていた。なかには、酸素加圧の場合に、通話系統が切れるようにしているところもある。

通話装置の種類としては、各メーカーのものが採用されているが、いわゆるインターホン式のものが多く、スピーカとマイクロホンとが共用となっているか、あるいは別々のものがある。(写真 14, 15) これ



写真 14 天井部取付けのスピーカマイク

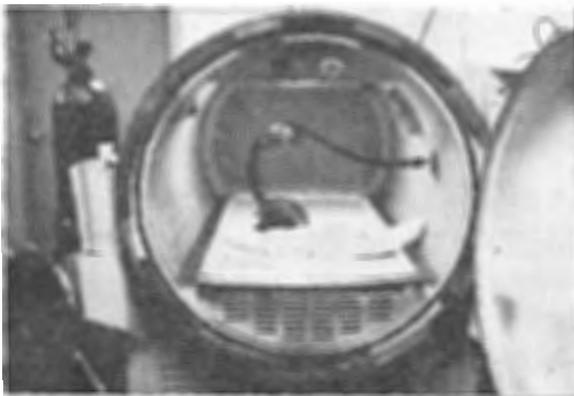


写真 15 スピーカーと別なマイク



写真 16(a) ふたの内側に3個配置されたスピーカマイク (28 psig の耐圧)

らは、大抵、患者の顔の位置に相当する天井に設けられているが、Vickers社製のものは、患者の出入口蓋の内側に3箇所も配置されていて、患者がタンク内部でいずれの向きになっても差し支えないように考えられている。(写真 16(a)(b))

(2) 電 源

電源としては、交流 100 V、直流 9 V (積層乾電池)、直流 6 V (単一乾電池 20 個を直並列に接続) などが使用されているが、無電池式電話器は使用されていない。なお、一部で乾電池の取換の不便を除くため、交流電源を整流して使用するよう改造している例もあ

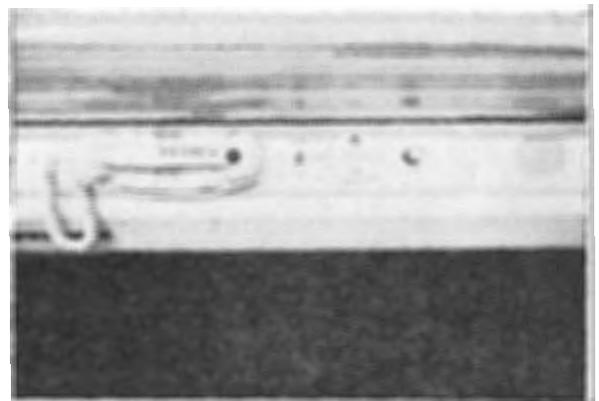


写真 16(b) タンク外部の患者呼出用送受器とスピーカ

った。また、交流 100 V 電源の場合には、その回路を非接地式電路としている旨の説明がなされた場合もあった。

電源が乾電池の場合には、停電時にも通話の心配がないが、交流の場合には、一般に照明も消えて、内部にいる患者に不安感を与えるという欠点はまぬがれない。しかし、安全面からはできるだけ交流 100 V を使用しないという原則に立てば、電源の有無は直接患者の治療に関係していることが少ないので、この点のみからいえば、停電は重要な問題とはならない。むしろ感電、火災等の機会を減らすためにも、使用しない方がよいという意見も出されるゆえんであろう。

(3) 使 用

タンク内にいる患者の発する音声は常にタンク外にて聴取されているように通話回路が ON の状態になっている場合と、必要に応じて患者が呼出用の押ボタンスイッチまたは無接点スイッチを操作し、ブザーを鳴らして相手が送受話器を取り上げてから通話可能な回路となっている場合とがある。(写真 12, 17) 前者の

場合には、スイッチが取付けてあっても、内部で接続が改造されており、スイッチが常にONの状態（スイッチの開閉動作時における火花発生を防止するためと思われる）にしている。

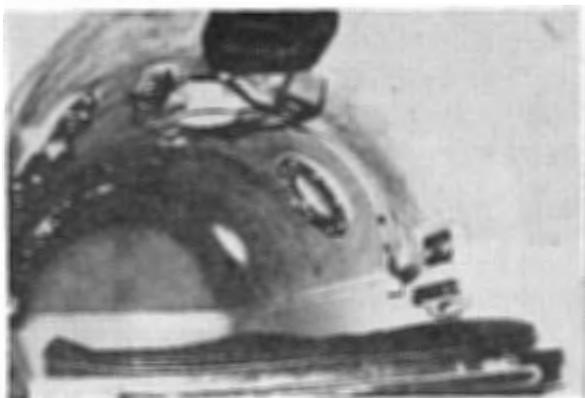


写真 17 呼出用無接点スイッチおよびスピーカーマイク

2.2.3 開閉器類

一般に負荷開閉の目的で開閉器類が独立して設けられている例はほとんどない。インターホン設備に付随して、呼出用押ボタンスイッチ、呼出用無接点スイッチが使用されている程度である。しかし、特殊な例として、高気圧下においてガン患者に放射線照射を行う目的で、ラジウムを遠隔操作によってタンク内に送り込み、ラジウムが所定の照射位置に送られたことをマイクロスイッチを利用して検出する方法をとっている



写真 18(a) 放射線照射装置付きタンク内全景



写真 18(b) ラジウムの位置確認用マイクロスイッチ回路の導線および接続状況

場合があった。この場合、マイクロスイッチそのものは一般標準品であって、その接点回路には、常態として交流 100 V、数 10 mA のリレー制御電流が流れている。(写真 18(a)(b))

2.2.4 導線のタンク貫通部

加圧下における患者の生理的状態を医学的に監視するための種々の検出回路の導線をタンク外部へ貫通させるために、一般に接続部が設けられている。接続部の構造には、定まった方式のものはないが、多心ケーブル用キャノンプラグ、その他差し込んでリングを締める抜止めプラグを使用している例が多い。また、ME 用では線心の数が比較的多いため、途中に中継端子を設けて、そこで一旦接続するようにし、それからタンク壁に設けた貫通導体用接続部を通じて取出すようにしたものもある。(写真 9, 19)

抜止め式プラグコンセントは、生理状況の監視回路用のみでなく、インターホン回路、スピーカー回路、高周波回路用などにも使用されており、1台のタンクで数箇所接続部が設けられているものが多い。

心電図などの ME 用検出器は、当初の計画としてかなり使用する方針で、そのために ME 用コンセントがタンクに設けられているが、調査した結果では1人用高気圧治療設備における使用例はきわめて少なく(写真 20)、あまり問題としている様子が見えなかった。



写真 19 中継端子から外部へのME用導線の貫通部



写真 20 ふたの部分に設けられた外部導線接続用コネクタ

2.2.5 内部配線

タンク内部の配線工事は種々様々であり、使用電線の種類も、ゴム絶縁電線、ビニル絶縁電線、ビニルコード、シーズ線、その他となっている。(写真 9, 12, 17)

配線は一般に、タンク内壁に沿って設けられており、ケーブルがそのまま数ヶ所で固定されていたり、一部または全部が金属管配線で固定されている場合もある。(写真 19)

しかし、インターホン、ME 機器用コードなどは多くは固定されておらず、インターホン用の細いビニル電線で、接続箇所などが必ずしも良好と認められない部分もあった。

患者によっては、意識のないときなどにタンク内で暴れて、配線その他の電気設備に損傷を与える場合も稀にはありうるとされており、この様なケースを考えると、やはり配線にはいろいろな問題が含まれているのではないかとと思われる。

2.2.6 接地、その他

漏電や静電気の帯電などの対策として、タンクを接地している場合があるが、特に患者をアースする目的で、ベッドの金属枠にアースをとっている例があり、またタンクを支える基礎の脚に設けられた車輪に導電性ゴムを使用している例もある。

タンクの気温測定用に、抵抗式温度計のセンサー部分が挿入されているものがある。また、塩化リチウムを含む湿度計センサーのある場合があった。

なお、ガン患者に放射線を照射中、その模様を見るために、窓の外からテレビカメラで監視する方式のものもある(写真 21)

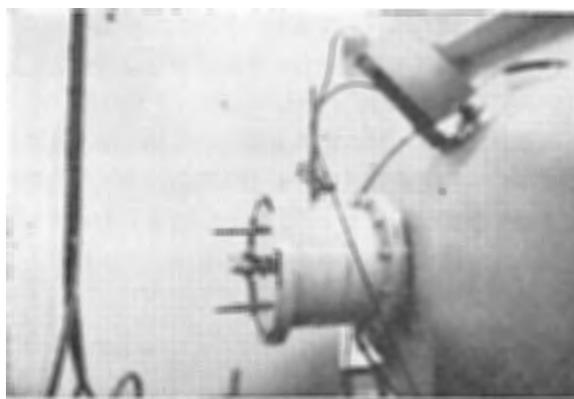


写真 21 窓の外に設けられたITV

2.3 可燃物

空気中で燃えない物質も酸素中や酸素分圧が高い場合には可燃物としての性質をもつようになる。したがって難燃加工布も可燃物となるし、テフロンとして知られている不燃性のフッ素樹脂も可燃物と考えねばならない。

繊維製品：ベッドのシート、患者の着衣のほか、治療のためのガーゼ、脱脂綿がある。これらの難燃化は一部で実施されている程度で、一般には市販品が用いられている。なお人間の毛髪も羊毛品に近いものであるが、これに対しても難燃化などの対策は考慮されていない。

プラスチックおよびゴム製品：ベッドのマットレス、電線被覆材、インターホンのケース、扉、窓等のパッキン材等に各種の材料が用いられている。なお少数ではあるが、タンク本体の主構成材が合成繊維の織物にネオプレン系の合成ゴム引きをしたものや、ポリカーボネート樹脂のものもあったが、それらの材料はもちろん可燃物である。

3. 多人数用高気圧治療設備

3.1 雰囲気

加圧方式は1人用のように酸素で加圧されることはなく、必ず高気圧空気が用いられ、送入口は天井部、排出口は床面近くに設けられた例が多いが、逆の場合もあった。この高気圧空気を得るため一般に大形の空気圧縮機やそれに付属する空気冷却装置などが別な機械室に設けられている。なお、患者に対し直接管などで酸素を吸入させたり、非常用のデマンド式酸素マスク、酸素を動力源として患者に強制的に呼吸させる酸素呼吸器、酸素を併用するガス麻酔などを用いるため酸素も必要である。

この酸素は液化酸素を供給源とする病院全般用の酸素配管か、専用の酸素集合装置（多数のポンペを配管で連結し弁で操作するもの）から供給される。そしてタンク内で用いられる場合には呼吸排出弁付酸素マスクを除き、呼吸に消費された以外の酸素がタンク内に放出され、換気が悪いときには内部の酸素濃度が高くなり、ある例では25%を記録していた。また、タンク内に酸素バルブや自動着脱弁が取付けられているが、それらの閉止や弁部分の当りが不良であると酸素が漏れ、タンク内の酸素濃度を高めるおそれがある。このように酸素濃度の高くなるのを防ぐため加圧時はもちろん大気圧下においても酸素濃度を監視したり、一定濃度以上となった場合には警報を発することが必要であるが、その設備を持っている例は多くはなかった。分析方法としては磁気式、ポーラログラフ式であった。また酸素吸入や麻酔ガスの呼気管をタンク排気系の近くまでもってゆき、タンク内の酸素濃度の高まるのを防止している例もあった。

酸素の供給はタンク内の弁までは鋼管または銅管が用いられ、それから先はビニル、ゴムが利用されている。

多人数用タンクでも1人用タンクと同じように炭酸ガスの記録や警報を行っていない例もある。しかし多くのタンクは記録や警報を実施しており、そのため赤外線分析計が設置されていた。また随時濃度を測定できるように携帯式のガス干渉計を用意している所もあった。なお手術用タンクでは笑気ガスの配管が取付けられている例が多かった。

タンク内環境調整系としては調湿、暖房、冷房があげられるが、その方式はさまざまであり、またそれらの設備を持たないものもあった。まず冷房ではタンク内に直接クーラーを持込んだもの（写真22）、ラジエーターに冷水（井戸水および冷却水）を流すもの（写真23）、間接的に圧送空気を冷却するものに分けられる。暖房は冷房の配管に温水や蒸気を流すのが一般的である。



写真 22 タンク内部の空調用装置

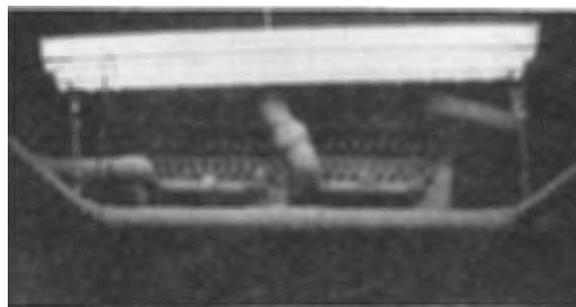


写真 23 タンク内部の冷房装置

調湿は送気系配管に直接水を噴霧したり、電熱器で水を加熱しバイパスより送入している。空気圧縮機が水冷式のものでは空気の冷却を止め、水蒸気の飽和した空気を送入している例もあった。いずれも目標温度は20~30°C、湿度は40~80% RH程度である。

3.2 電気設備

多人数用高気圧治療設備に付帯した電気設備といっても、基本的には1人用の場合と異なる点はない。

ただ、室内が広くて、手術などがある程度できるという事で、照明器具に容量の大きなものを数多く用いたり、独立した通信装置の系統数を増加させたりしている。しかし、1人用の場合には持ち込むことのない手術灯や、工業用テレビカメラ (ITV) をはじめ、その他研究上必要な電気恒温槽なども持ち込まれていることがあるのが大きな特色である。また、雰囲気は一般に加圧空気であるにかかわらず、内部の電気機器の一部には、大気圧下の爆発性ガスに対して保証されたいわゆる“防爆構造”の電気機器が採用されている場合があるが、防爆性のバランスが全体としてとれていないために、防爆構造の部分がたとえ安全上有効な役割を果たしているとしても、無意味なものとなっていることがある。

3.2.1 照明器具

(1) 概要

内部の一般照明方式としては、1人用の場合と同様に、タンクの窓の外から耐圧ガラスを通して照明する外部照明方式と、タンク内に照明器具を設ける内部照明方式とに分けられるが、両方式を併用している場合もある。

また、光源の種類については、2種類のものを使用して、血液、その他に対する演色性の改善を試みているものがあった。

さらに、タンク内部における手術のために、局部照明确用手術灯を設置している場合が多い。

タンク内に設けられている一般照明器具は、もちろん直付形となっているが、手術灯については、その使用目的から、高さや照射方向がある程度任意に調節できるようにしているのは普通の手術室における場合と同様である。

なお、タンク内に空気殺菌灯 (100 V, 15 W×16 灯) を取付けている例も見られた。

一般にタンク内は主室と副室とに分かれているが、使用している照明器具の構造や容量には主室と副室とで相違が見られないが、その設置台数については、副室の方が部屋が小さいために、少なくなっているのが普通である。

(2) タンクの窓の外から内部を照明する場合

タンク外部の天井部に設けた耐圧ガラス窓を通して、外部から照明する方法は、安全性とタンク内部のスペースを占有しないという利点があるが、照度を高くしようとすると、ランプ容量や灯具数を増加させな

ければならないという欠点があり、また棒状のけい光ランプは使用しにくい難点がみられる。

実際に使用されている照明器具としては、つぎのようであった。

- ◎ 100 V, 100 W 自然色水銀灯と 100 V, 100 W 白熱電灯の併用 (写真 24)
- ◎ 100 V, 30 W サークラインけい光灯の 2 段重ね (写真 25)
- ◎ 100 V, 400 W 白熱リフレクターランプ (ランプと窓ガラスの間に熱線反射ガラスを挿入) (写真 26)
- ◎ 100 V, 60 W 白熱電灯 (保護ガラス部分がタンク内に入っている)
- ◎ 100 V, 150 W ハイビーム電灯と 100 V, 500 W のハロゲン電灯の併用 (写真 27)

なお、水銀灯と白熱灯の併用の場合には、輝度がきわめて高くなるために、タンク内の天井部に半透明のプラスチックをつけて、“まぶしさ”を低下させると

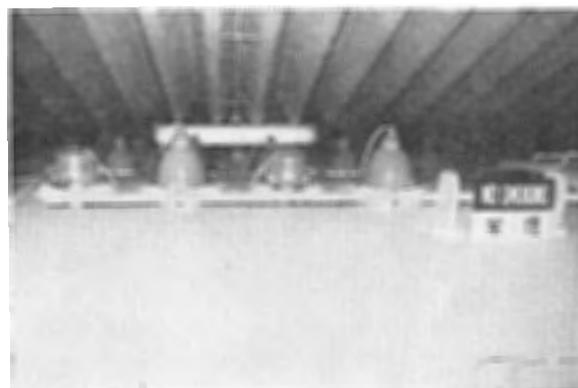


写真 24 外部照明方式 (100 V, 100 W の水銀灯と 100 V, 100 W の白熱電灯の併用)



写真 25 外部照明方式 (100 V, 30 W のサークラインけい光灯の 2 段重ね)

共に、“光り天井”により居住性の向上を試みていたが、これによる照度の低下はある程度まぬがれない様子であった。(写真 28)

(3) タンク内部に照明器具を設けている場合
使用している照明器具には、つぎのようなものがあった。

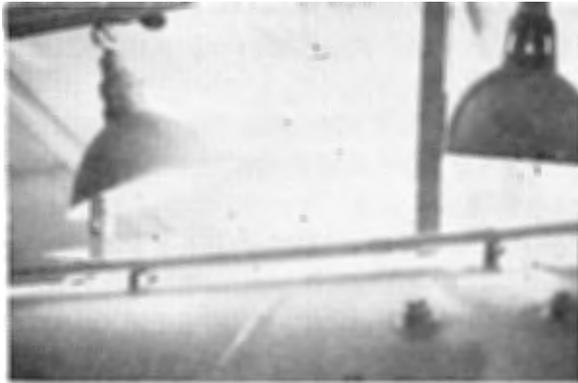


写真 26 外部照明方(100 V, 400 W 式の白熱リフレクターランプ—ランプと窓ガラスとの間に熱線反射ガラスが入っている)



写真 27 外部照明方式(100 V, 150 W のハイビーム電灯と 100 V, 500 W のハロゲン電灯の併用)



写真 28 外部照明方式(半透明プラスチック板による“光り天井”方式の採用)

った。

- ◎ 100 V, 40 W × 2 灯, 耐圧防爆構造 (d 2 G 4) けい光灯 (写真 29)
- ◎ 100 V, 40 W 安全増防爆構造けい光灯(写真 30, 31)
- ◎ 300 V, 150 W の灯具に 120 V, 150 W の白熱ランプを入れた耐圧防爆構造 (アメリカ製, Class I, Group B. C. D 用) 白熱電灯 (写真 32)
- ◎ 100 V, 40 W 一般用けい光灯 (半透明のプラスチックカバー付き)



写真 29 内部照明方式 (100 V, 40 W × 2 灯の耐圧防爆構造 (d 2 G 4) けい光灯)

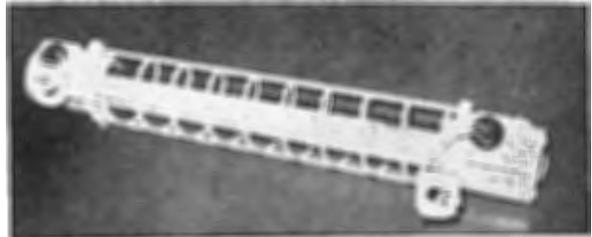


写真 30 内部照明方式 (100 V, 40 W の安全増防爆構造のけい光灯—保護ガラスとガード付き)

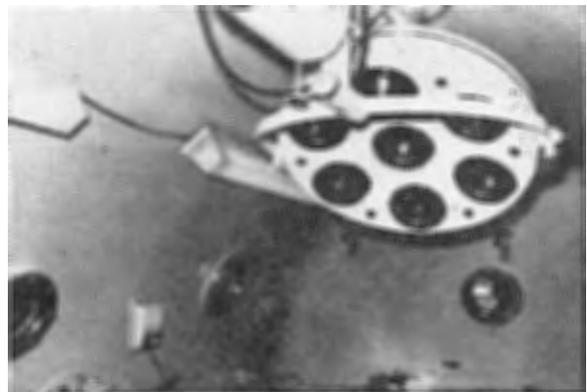


写真 31 内部照明方式 (写真 30 の器具に自己消火性樹脂の半透明カバーを付けたけい光灯器具)



写真 32 内部照明方式 (120 V, 150 W の耐圧防爆構造—アメリカ製, Class I, Group B, C, D の白熱電灯)

- ◎ 100 V, 150 W 白熱リフレクタ電灯 (半透明プラスチックカバーを取付)

耐圧防爆構造および安全増防爆構造のけい光灯の例では、2灯用および1灯用のものを主室や副室に設けているが、一般用けい光灯の場合には、1本つつ長さの方向に連続して左右に並べて配置している。

(4) 手術灯

手術を行なう場合には一般照明のみによる照度ではほとんど不十分であるため (照度計による測定を実施することはできなかったが、おおむね、200 ルクス以下のように見受けられた) タンク内に手術灯を設置している場合が多い。

例えばつぎのような手術灯である。

[アメリカ製]

- ◎ UL マーク入り, Class I, Group C を対象とし

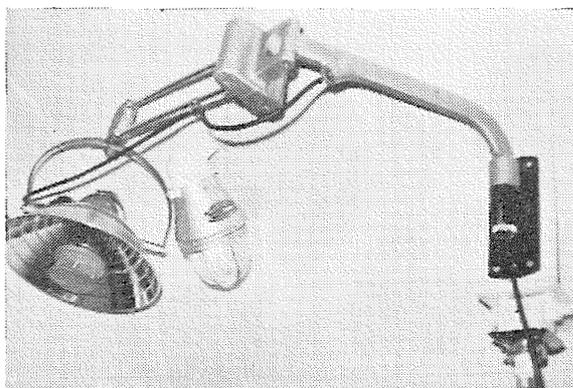


写真 33 (アメリカ製, Class I, Group C の耐圧防爆構造手術灯)



写真 34 10~4kg/cm² のゲージ圧力に耐える手術灯 (24 V, 40 W × 7 灯)

た耐圧防爆構造手術灯 (写真 33)

- ◎ 耐圧手術灯 24 V, 40 W × 7 個
- ◎ 耐圧手術灯 24 V, 40 W × 4 個

いずれも 0~4kg/cm²・G の圧力に耐える構造とされている。

[日本製]

- ◎ 無接点式自動光度調節「高圧手術室用特殊手術灯」100 V, 320 VA : ランプは 24 V, 40 W × 7 個
0~4kg/cm²・G のゲージ圧力に耐える。(写真 34)

△ 一般手術室用手術灯

なお手術灯の ON-OFF はタンク外部で行なうようになっている場合が多い。

3.2.2 通話連絡装置

(1) 概要

多人数用高気圧治療設備では、タンク内におけるガスの加圧、減圧などの制御、加圧中における器具、薬品などの出し入れ、その他の理由で、タンク内外における医師、オペレータ間の連絡が十分に行ないうる連絡装置が特に重要である。このため一般には独立した2系統以上の連絡装置が設けられていることが多い。

タンク内で連絡装置を使用するのは、1人用高気圧治療設備の場合とは異なり、患者ではなくて、医師等の関係者であり、タンク内から外への通話先も、通話目的に応じて種々選択できるようになっている場合が少なくない。

また、タンク内に入っている全員にタンク外から、同時に連絡する必要性からタンク内にスピーカーを取付けていることがあるが、高気圧になると聴取しにくく、また患者には必要のない負担を与える傾向があるといわれている。

なお、主室と副室にそれぞれ連絡装置が置かれていることが多いが、照明器具をタンク内に設ける場合と同様に、副室に置かれる。連絡装置は、主室のものと同一構造で、台数のみを減らしている。

(2) 種類

連絡装置としては大部分がインターホンであって、残りは電話機である。

インターホンは形態上、電話機式、スピーカー式および電話機とスピーカー式の組み合わせが使われてお

り、接続方式からいえば、親子式および相互式となっている。また操作別に見ると、プレストーク式、同時通話式および拡声形同時通話式となっている。(写真35~42)

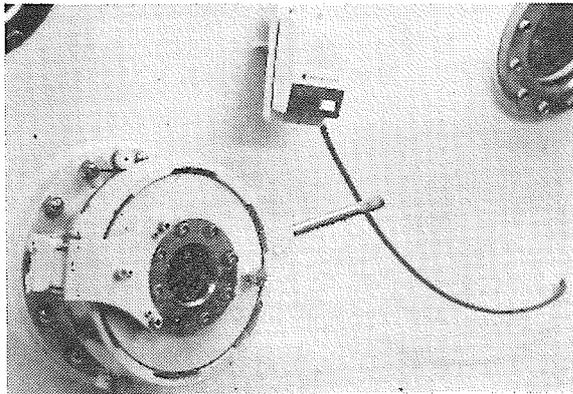


写真 35 インターホン (プレストーク式)

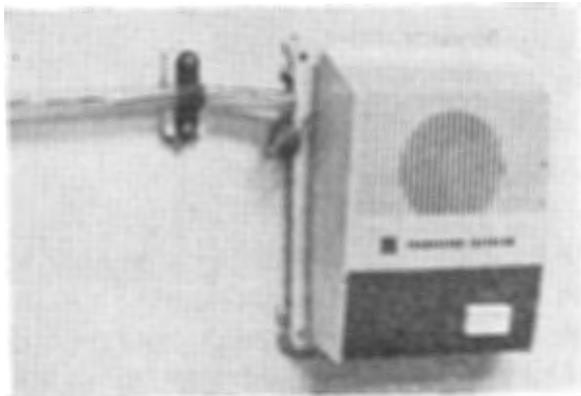


写真 36 インターホン (プレストーク式)

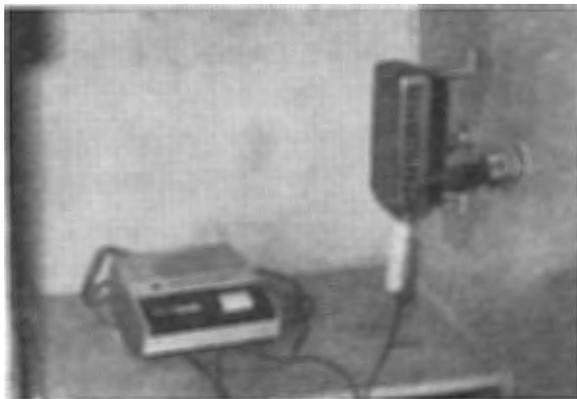


写真 37 インターホンと湿度計センサー

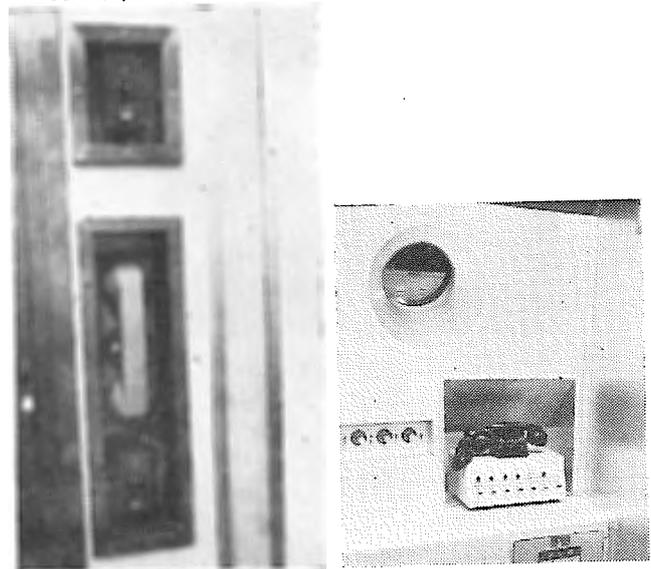


写真 38 送受話器式インターホンと呼出用無接点スイッチ

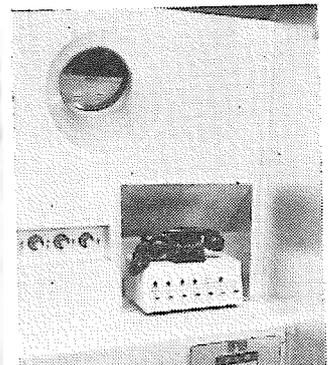


写真 39(a) 電話機式インターホン

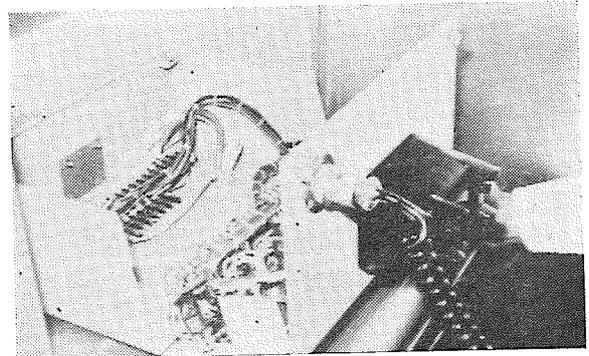


写真 39(b) 電話機式インターホンの内部

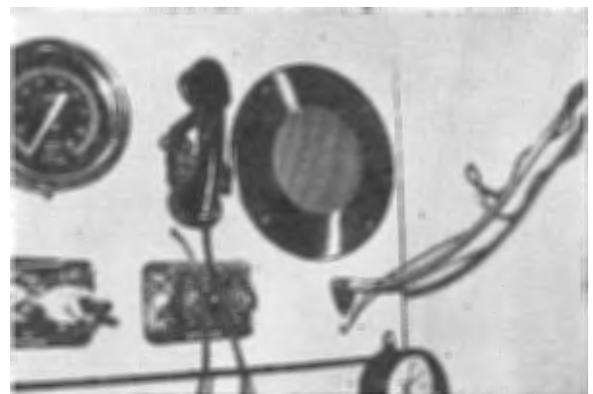


写真 40 無電池式電話機、スピーカー、呼出用マイクロホンおよびコンセント



写真 41 耐圧および安全増防爆構造 (de 2G4) の指令用電話機および耐圧防爆構造 (d2G4) の 500V, 3A 用押ボタンスイッチ



写真 42 ダイナミックスピーカー (入力 4W) およびマイクロホン

今回調査した結果では、つぎのような連絡装置が使用されていた。

- ◎トランジスタインターホンおよび電話機 (主室および副室とも各 1 組)
- ◎インターホン (主室に親機 1 台, 子機 2 台), 無電池式電話機 (主室 1 台, 副室 2 台), および集音マイク (主室 1 個, 副室 1 個)
- ◎外部オペレータのマイクから内部スピーカへ, また内部マイクから外部スピーカへ通ずる装置, 主室, 副室, 外部オペレータ者間の連絡用電話機, メデカルロック用インターホン (主室用に 2 系統) および非常用警報ブザーとして, 主室から外部オペレータへと, 副室から外部オペレータへの系統があり, 内部の無接点スイッチの操作によって, 操作盤の警報ランプが点滅し, 同時にブザーが鳴ってオペレータに急を告げるようになっている。
- ◎無電池式電話機 (主室, 副室とも各 1 台), 集音マイク (主室, 副室とも各 1 台) およびスピーカー (100

V, 主室, 副室とも各 1 台)

- ◎送受話器式インターホン (主室, 副室とも各 1 式)
- ◎インターホン (主室, 副室に各 1 台) およびスピーカマイク (主室, 副室に各 1 台)
- ◎インターホン (主室, 副室に各 1 台) およびダイヤル式電話機 (副室のみ 1 台)
- ◎耐圧および安全増防爆構造指令用電話機 (de 2 G 4) (主室, 副室に各 1 台) のみ

以上に見られるごとく, 様々の方法がとられているが, インターホンが主流となっている。

(3) 構 造

保護構造としては, 電話機の一部が耐圧防爆構造 (ただし, ハンドセット部分が安全増防爆構造) となっているほか, 無電池式電話機に炭坑用の銘板のあるものが使用されていた例があったほかは, 一般用のものが使用されている。

なお, スイッチなどの一部は, 内部配線を改造して, 常時 ON の状態にして使用している場合がある。

(4) 電 源

通話装置の電源には, 交流 100V を降圧, 整流して必要な直流電源としているもの, 電池を使用している

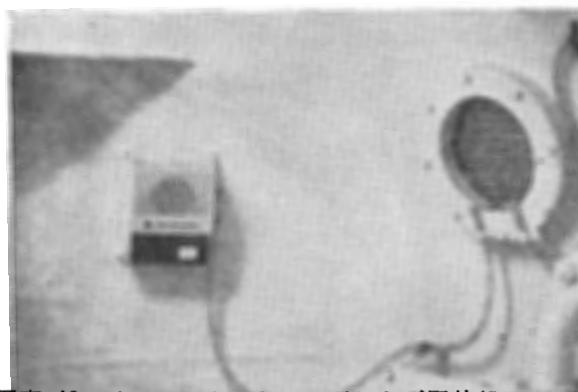


写真 43 インターホンとコードおよび同外部接続部

ものなど種々のものがある。

(5) 配 線

交流電源を利用しているものでは, 電源回路等の内部配線が特に良好といえる場合は見当らず, スピーカー回路の接地側と無電池式電話機配線の片側とを共用している場合などもあった。

スピーカー, マイク, インターホンなどはタンクの壁に固定されている場合が多いが, ハンドセットなどは壁からはずして通話する必要上, 引っかけてあり, そ

れに普通のカールコード、ビニルコードが接続されているのが大部分であるが、耐圧防爆用フレキシブルコンジットの使用例もある。

タンク壁の貫通部は、コードは直接貫通させる方法、差込み用プラグを抜止めとする方法、金属管を貫通させその中を通してある方法などのほか、ME用集合端子盤を利用している場合などがある。(写真43)

3.2.3 監視用テレビ (ITV)

ITVは必ずしもすべての多人数用高気圧治療タンクにあるわけではなかったが、手術を主たる使用目的としていない場合や、安全性に疑義を抱いて設けていない場合がある。

ITVを設けている場合は、すべて主室であって副室には1件も設けられていない。また、安全性の面を考慮して照明器具と同様な考え方から主室タンクの鏡板の窓の外に設けている例があった。

ITVの使用台数は1台が原則で、これで主室全体をタンク外部から監視しているが、このほかに、手術中の患者の様子を別に監視するためにさらに、もう一台使用している例もある。(写真44)



写真 44 全体監視用 I T V



写真 45 手術状況の局部監視用 I T V と手術灯

ITVの構造は一般用のものが大部分で、同軸ケーブル、制御ケーブルなども普通のものと変わらない。しかし、ITV全体を耐圧防爆構造の容器(爆発等級



写真 46 全体監視用 I T V と消火栓 (屏を開くと電源が自動的にしゃ断される)



写真 47 I T V の制御ケーブル



写真 48 耐圧防爆構造の I T V と耐圧防爆フレキシブルコンジット配線



写真 49 ドア開閉用タッチスイッチ、パイロットランプ（手術室制御および異常警報用）およびブザー（ドア開閉警報用）

および発火度は不明) に入れ、同軸ケーブルと制御ケーブルは、耐圧防爆構造のフレキシブルコンジットに収めたものが一例だけ見られた。(写真 45~49)

3.2.4 開閉器類

1人用の場合と同様に、負荷開閉のために独立した開閉器類が使用されている例はきわめて少ない。押ボタンスイッチが耐圧防爆構造 (d 2 G 4) となっているものを除外すれば、無接点スイッチやタッチスイッチの一般用のものが使用されているにすぎない。(写真 38, 49)

3.2.5 導線のタンク貫通部

交流 100 V 回路に接続するためのコンセントは、多くの多人数用高圧治療設備に必ずしも設けられているわけではない。この理由は、おそらく危険性を考えて、設計の際に避けるようにしたためではないかと思われる。しかし、内部に持込む電気器具類 (ガスクロ、恒温槽、その他) の電源には是非必要な場合も考慮して設けている場合もある。

プラグとコンセントは一般用のものではなく、いわゆるキャノンプラグの形で抜止めとなっている。(写真 50, 51) しかし、水銀スイッチを利用した防爆コンセントの一例があった。(写真 52) また接地極付きとなっている場合もある。コンセントは主室にも副室にも設けられていることが多く、数はやはり主室が多くとなっている。

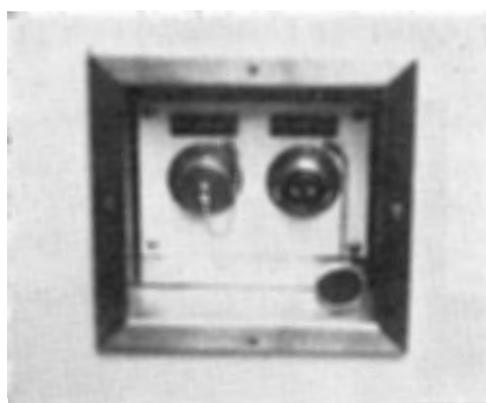


写真 50 AC 100 V, 10 A コンセント



写真 51 非接地式電路からのコンセント (100 V, 10 A) および通話用コンセント (ケーブルが接続されているもの)

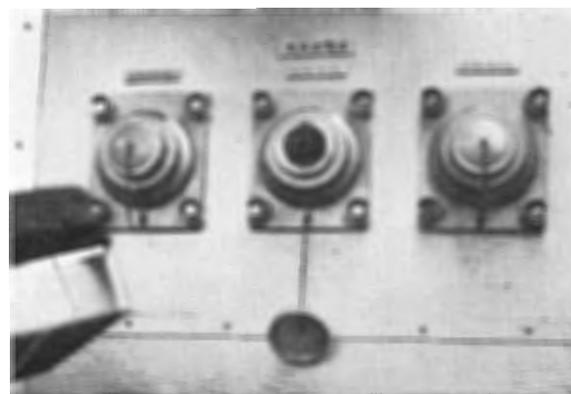


写真 52 非接地式電路からの接地極付き水銀スイッチ式防爆コンセント (100/115 V, 10 A)

100 V 用のコンセントが無い場合であっても、ME機器の検出部回路を外部へ取出すための接続部が設けられていることが多い。その形式には、キャノンプラグ方式のものを 10 箇所程度並べたコネクターボックスのものが大部分で、1 枚の円形樹脂板に導体棒を数 10 本も並べた集合端子盤もある。(写真 53~59)

また、心室細動用および除細動用のコンセントが主室に設けられていることもある。

高周波メス用コンセントも使用実績はほとんどないが設けられている例がある。

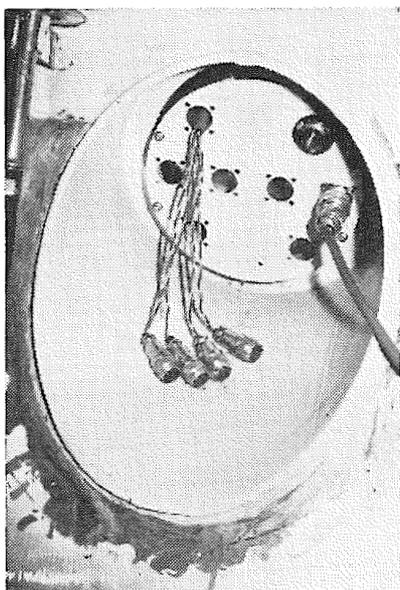


写真 53 100 V コンセントの例(タンク完成後に設けたもの)



写真 56 術中監視用コンセント (タンク内部)

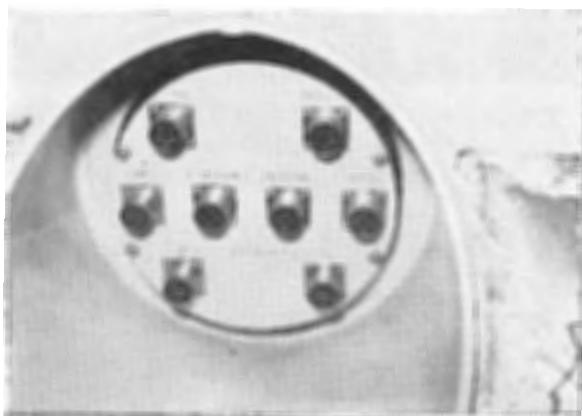


写真 54 各種ME用コンセント

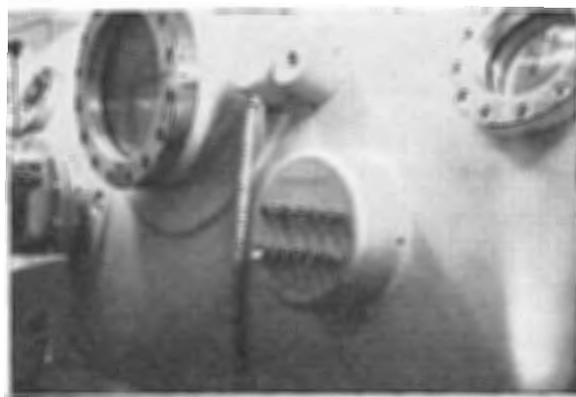


写真 57 術中監視用ME用コンセント (タンク外部)

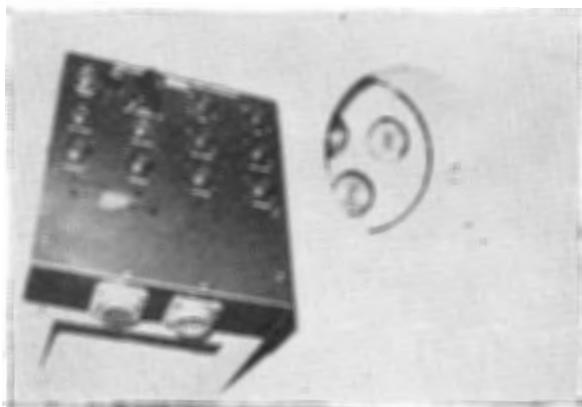


写真 55 各種ME用コンセント

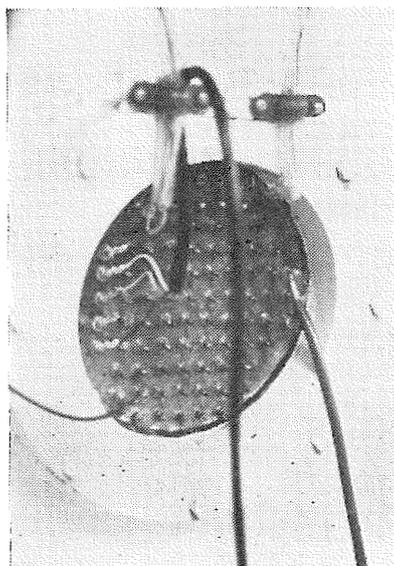


写真 58 ME用集合端子盤 (タンク内部)

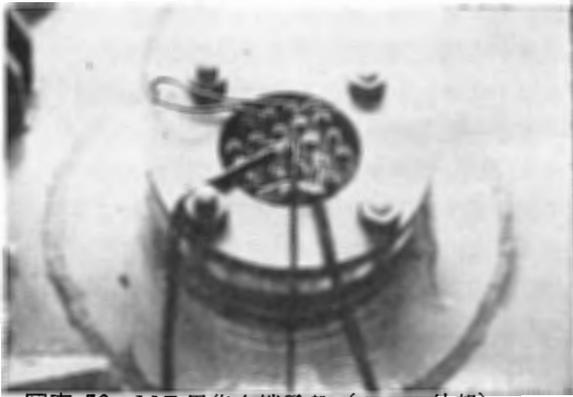


写真 59 ME用集合端子盤 (タンク外部)

3.2.6 内部配線

ゴム絶縁電線、ビニルその他の絶縁電線、ビニルコード、キャブタイヤケーブルなどが用いられているが、これらは通信装置、ITV、手術灯などいずれもフレキシブルを必要とする回路の配線に使用されているもので、もちろん固定配線ではない。しかし、一部には、耐圧防爆性を有すると認められる金属管工事やシ

ールドケーブルを使用している例があるが、むしろこれなどは例外とも思われるものであり、固定している一般照明器具の配線は普通の金属管工事ではないかと思われる。通信装置でもスピーカーなどで固定されているものがあるが、多くは、カバーの陰にあって、十分な調査ができなかった。(写真 60~63)



写真 62 インターホン用配線 (ビニルチューブをかぶせてある)



写真 60 ME機器用ケーブル

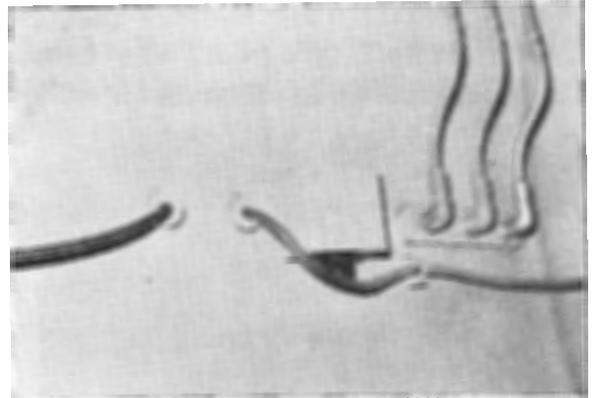


写真 63 シールドケーブル配線

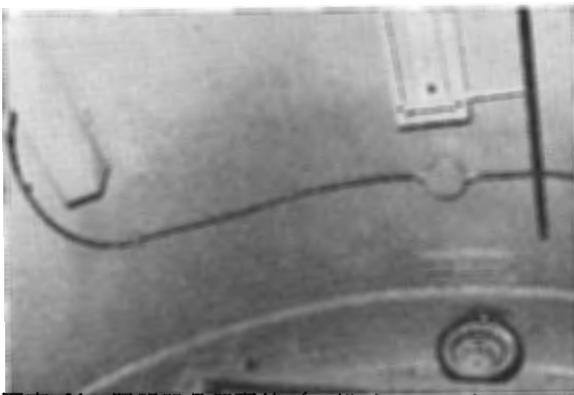


写真 61 照明器具用配線 (一部がシールドケーブル)

3.2.7 電源設備

多人数用高気圧治療設備には独立した変電設備を設けているところもあるが、病院の変電設備から電力の供給を受けているところもある。

3.2.8 漏電対策

非接地式電路を採用しているところが一、二見られたほかは大部分が普通の接地式電路となっていると思われた。なおタンク自体に第1種接地工事を行なっておらず、単なる加圧空気用パイプがアースに通じているということで済ませている場合が多い。漏電警報器には、非接地回路の場合、1~5mAの地気電流で警報を発するようにしているものが取り付けられている

ほか接地式電路を使用している場合に手術灯の回路にのみ漏電警報器を設置している例がある。これら以外には一般に漏電警報器の設置は見られなかった。

3.2.9 温湿度計センサー

主室や副室における温度および湿度を制御するため、温度計には熱電式温度計、抵抗式温度計、サーミスタ温度計など、湿度計センサーには、塩化リチウムを利用したものなどが活用されている。(写真 37)

3.2.10 持込み電気器具

患者の医学的監視の目的で、脳波、心電図、脈波、呼吸波、体温などの測定用センサーのほか、心室細動および除細動電極が持込まれる。

電導キャスター付きの手術用スポット灯や電気メスの持込みも試験的に行なわれたことを聞いた。

なお停電に備えて耐圧防爆構造 (d 2 G 4) の携帯電灯 (3.8 V, 0.3 A) を主室と副室とに備えている例があった。

また、pH/CO メータ、恒温槽などを持込み、電源スイッチは外部から通電すると常に ON の状態になるように改造してはいるものの、測定レンジの切替えスイッチはそのままにしているというような例もある。

しかし、電気器具の持込みは危険であるということから、一切持込まないようにしているところも 2 件あった。また人工心肺装置などは空気駆動方式に改造して持込んでいるところもあり、内部の雰囲気のかきまぜファン用モーターのみ、タンク外部に出しているところもある。(写真 64)



写真 64 タンク外部に取付けたファモン用モーター

また、空調用に、ボックスに入った小形空気調製装置を主室と副室とにそれぞれ設置しているところもある。(写真 22)

以上のように持込み電気器具類の取扱いは多様であった。

3.2.11 その他

タンクの扉の開閉制御中および異常警報用に、タンク内にパイロットランプおよびブザーを設けている例が一つだけ見られた。(写真 49)

また、消火栓がタンク内にあつて、消火栓の入っている扉を開くとタンク内が全部停電となるようにしたものもある。(写真 46) これは感電防止を理由としているという説明であった。



写真 65 タンク外部の配線

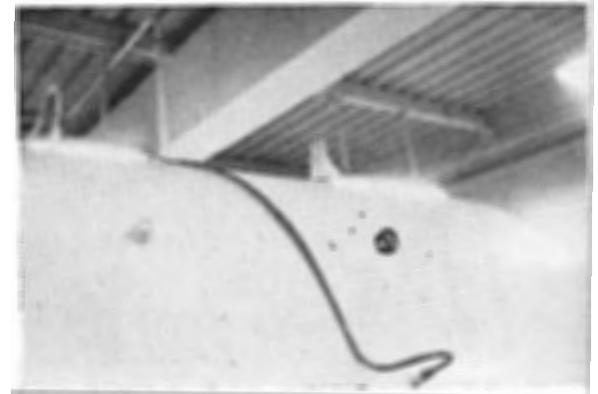


写真 66 タンク外部の配線



写真 67 タンク外部の配線

床は、一般に静電気帯電と騒音防止の目的で、アメリカ製の電導床となっていることが多い。しかし、ステンレスそのままというのもある。また同様の目的で、手術台の車も電導ゴムとなっている。

なお、タンク外部の配線は、金属管工事、キャプタイヤケーブル工事、などとなっている。(写真 65~67)

3.3 可燃物

多人数用タンクの加圧は空気だけが用いられるので、酸素分圧は高くとも、その濃度は 21% である。しかし、3.1 で述べたように酸素濃度が高まる可能性もあるので 2.3 と同じように難燃性、不燃性物質も高濃度酸素中では可燃物となるので、ここで検討することにした。

繊維製品；ベッドの敷布、患者の着衣、治療および手術用のガーゼ、脱脂綿があり、これらに市販の難燃性薬品を用いて処理を実施している例があった。また麻を用いた消火ホースや、冷房装置内に麻を固めたような断熱材を用いていた例もあった。

プラスチックおよびゴム製品；電導床、ビニール、ベッドのマットレス、酸素呼吸マスク、電線の被覆材(塩化ビニル)、ごみ入れ(ポリエチレン製)、インターホンのケース、扉、窓等のパッキン材、クーラー内断熱材、各種用途のゴム管(シリコンゴム製を含む)、注射器およびアンプル等に各種の材料が広く用いられている(写真 68)。なお窓にアクリル樹脂を用いた例もあった。この他鋼製戸棚内に木製品が使用されていた例もあった。



写真 68 高圧タンク内の各種可燃物

液体；手術台の作動油には水、グリコール形作動液およびダイフロイル(三フッ化-塩化エチレン)のように酸素中で不燃性または難燃性のものが主として用いられているが、通常の石油系の可燃性作動油を使用し

たり、消毒用アルコールが持込まれていた例もあった。

3.4 機械室および操作室

3.4.1 機械室

1.3.2 で述べたように多人数用タンクを加圧するための大きな空気圧縮機と、付属する冷却器、消音器、エアレシーバー、エアフィルターおよび、消火用の加圧水貯蔵タンクが機械室に設置されている。しかし建物の都合上タンク設置室や離れた場所にそれらの一部が設けられている例もあった。

空気圧縮機は普通に見られるピストンを利用した油潤滑式および無潤滑式(カーボンリング)と、真空ポンプのような水封回転式などとさまざまであるが、不織布、フェルト、焼結金属などを用いたエアフィルターが吸気、吐出両側に設けられており、さらに除菌フィルターまで取付けている所もあった。また空気を圧縮すると空気が加熱されるため、圧縮機に付属した水冷装置が設けられている。空気圧縮機を運転するとかなりの騒音を発するので、多くはタンク設置室と直接隣接していない室か、離れた場所に機械室が設けられている(写真 69)。室の面積はタンク設置室より狭いものもあるが多くはかなり広い面積を持っているものが多い。



写真 69 ブロックで建てられた別棟内のコンプレッサー

3.4.2 操作室

加圧、減圧および換気操作、酸素と炭酸ガスの濃度、圧力、室温、湿度の記録および警報用のパネルはタンクのおきに置かれるか(写真 70)、タンクに隣接したガラス張りの室内に置かれていた。加圧、減圧操作は手動によるものでもほとんどが圧力変化を記録している。また自動化されたものはプログラム方式によ

っているが、弁制御は空気圧、電磁弁などが適当に用いられ、もちろん同時に記録もとられている。この他温度、酸素濃度なども記録されたり、警報可能な例が多かった。



写真 70 記録、操作パネルの例

4. 高気圧治療設備の使用および保守状況

4.1 概 要

高気圧療法が外科的または内科的にみて、きわめて有用な場合があることはすでに知られており、さらに今後の研究により一層の活用が期待されるのではないかと思われる。

わが国の現状を見るに、多人数用高気圧治療設備はもとより、1人用高気圧治療設備についても、必ずしもすべてが十分に活用されているとは考えられず、また使用する目的も、治療のみを目的としている場合があるが、この反面一部には研究的要素を含めて使用している例も少なくないものと考えられる。これは、まだ高気圧療法という医学技術が完全に確立されていない状況では止むを得ないことであるが、さらには、治療よりはむしろ研究に主を置いて使用している例もある。

したがって、使用頻度もまちまちで、毎日使用しているものから、稀に使用するものなどその差がはなはだ大きい。

なお、タンクの中に入る患者に対する注意事項は一般にタンクやタンク設置室内の適当な位置に書かれて掲げられているが、その徹底は必ずしも十分ではないように感じられた。高気圧治療設備の使用の責任者は一般に担当の医師である場合が多い。

なお、使用方法としては患者ごとに、加圧や減圧の時間、加圧速度、減圧速度を記録計で記録しているところが多い。またそれらを患者の体質などに応じて任意にプログラムで設定できるようにしているところもある。

保守については、現在、いずれの高気圧治療設備も、設置後まだ日が浅く、腐し、劣化などが比較的少ないために、その必要性が強く感じられていない。

使用および保守については、その体制、とくに専門のオペレータの確保ともからんでおり、かなりむずかしい現状といえる。

4.2 使用状況

(1) 1人用高気圧治療設備

1人用高気圧治療設備では、一般に、タンクの外に医師等がいて必要なバルブ等の操作を行ない、患者がタンク内に入っている間は、常時監視しているのが普通である。一定の時間が経過すれば減圧して患者を出せばよいというので、使用が簡単なところから、かなり使用実績の高いところがある。

1人用は操作員の人数が少なくすみ、また1回の使用に要する費用も小さくてよいので、これらの利点を生かして多数回使用しているところがある。

(2) 多人数用高気圧治療設備

これに対して、多人数用高気圧治療設備では、1回の稼動に対して、医師、オペレータなど最低数名の人員を要することが多いが、単に1人用に入れるべき患者を数名まとめて多人数用に入れておくような能率的な使用方法をとっているところも少なくないので、このような使い方を含めると、多人数用の使用頻度も決して少なくない。ただ問題となるのは多人数用ではあっても医師を除いて専任のオペレータがいるのはきわめて少ない。専任のオペレータがいるところでは、ほとんど連日スケジュールに従って使用しているので、操作の誤まり、その他緊急時などに必要な対策を直ちにとれるが、そのような専任オペレータがいない場合には、医師またはその指示に従う者が、使用のたびごとに、バルブの開閉操作、その他の取扱いをしなければならず、非能率や万一の場合における対策がすぐたてにくいことがあるのではないと思われる。

(3) 使用頻度

二、三の使用頻度に関する実績例を示すと、1人用と多人数用とを併置している場合、その比が1:10程

度のもの、多人数用のみ設置している場合毎日 10 回位使用しているもの、1年間に多人数用を約 400 回位も使用したもの、または 50 回位しか使用しないもの、などとなっている。炭坑地帯の近くに設置されている 1 人用のものでは、炭坑における CO 中毒患者の治療の目的で、1年間に約 500 回位使用している例もある（写真 71）。



写真 71 タンクの利用状況

4.3 保守点検状況

前述した通り、保守の必要性が未だそれほどみられないが、多人数用のものでタンク内部の照明器具や床の金属板、コネクターなどに赤サビが認められた。サビの発生は、加圧空気の影響のほか特に減圧時における水滴の発生に起因しているものと考えられる。

一般には、定期点検項目表が作られており、点検項目、点検方法、点検期間のほか、消耗品一覧表がこれについていて、常備すべき消耗品の種類が示されているものがある。予備品および消耗品の準備はある程度なされているが実際には、多人数用ともなれば、故障その他の支障が生じた場合にはガスの出入、その他に自動化されている面が多く、病院のオペレータなどでは修理がきわめて困難なことが多く、一般にはそのような事態が生じた場合には、関係メーカに来てもらうことにしているのが実状である。

5. 緊急対策

5.1 消 火

5.1.1 タ ン ク

多人数用タンクには固定式消火装置および移動用消火ホースが設けられているが、1人用の組立移動およ

びキャスター付タンクには、消火装置は設けられていない。ただし 1 人用固定タンクには消火装置として次のようなものが設置されていた。すなわち、容量 10ℓ 圧力 8 kg/cm² の消火用加圧水槽をタンク外に取付け、20mmφ の鋼管に 10 カ所穴をあけた手動操作弁付散水配管をタンク内のベットわきに 2 本取付けていた。

多人数用タンクでは、固定式の消火装置として、鋼管に穴をあけた散水配管（写真 72、73）、放水ノズル

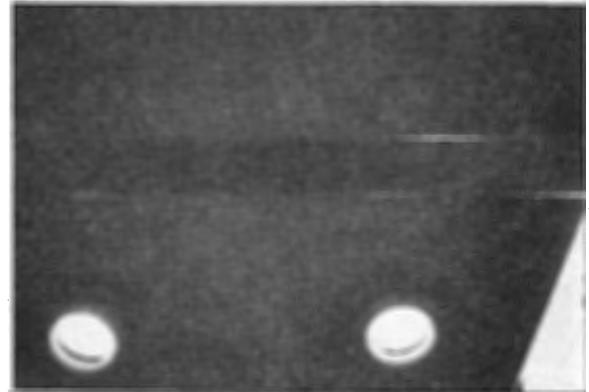


写真 72 多人数用タンクの散水配管

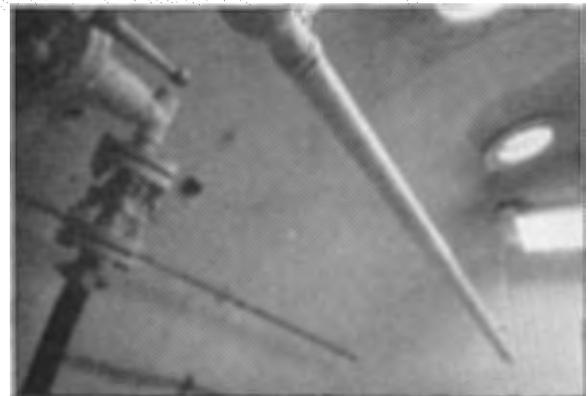


写真 73 多人数用タンクの散水配管

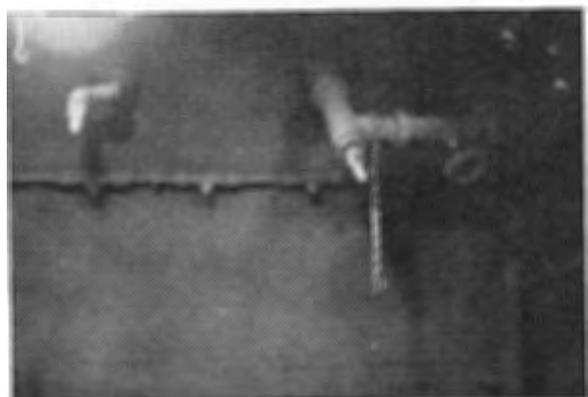


写真 74 タンク内外から放水できる放水ノズル

に弁がついたもの（写真 74）、および下向露出形のスプリンクラーヘッド（写真 75）の3種類があった。なお移動可能なノズル付消火ホース（棒状注水と噴霧注水とに切換可能な写真 76 のようなノズルもあった）も併設されているが（写真 46）、固定消火設備を設けず消火ホースのみを取付けている一例もあった。なお、固定式消火装置や移動消火ホースを設置したうえ、さらに水を張った消火用バケツを持込んでいた所もあった（写真 77）。これらの消火装置は主室、副室の床面積に応じて適当な数や適当な長さの配管が取付けられている。散水操作はすべてタンク内で弁を手動で開閉するもので（写真 78）、弁の形式はボールバルブかゲローブバルブであり、大きさは1~2"が一般的であった。また固定配管形式のもの多くはタンク外からも弁操作ができるようになっていた。



写真 77 消火用バケツと消火ホース

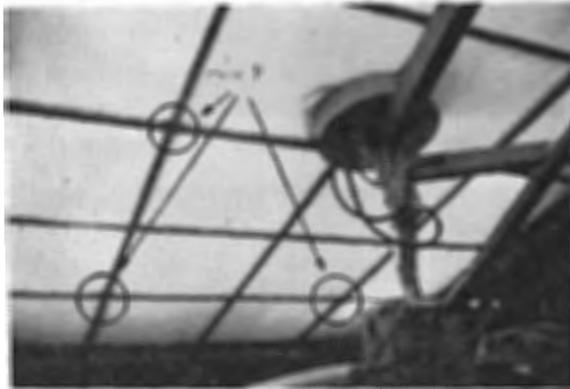


写真 75 下向き露出形スプリンクラーヘッド



写真 78 非常用手動放水弁



写真 76 棒状注水と噴霧注水とに切換え可能なノズル

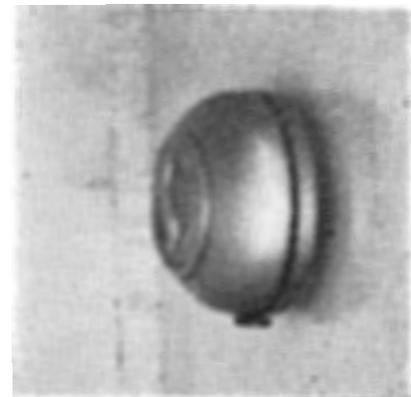


写真 79 火災感知器（アメリカ製）

火災感知器はアメリカ製のものが一例（写真 79）備えられていた。しかし、その性能は単に異常を警報するだけで、散水装置とは連動していない。

消火用水タンクは治療タンクの近くか、機械室に設けられており、その容量は最も大きいもので 2m^3 であり、一般には 1m^3 以下の小形のものが多かった。タンクの構造は縦または横の円筒で、多くは検水窓やゲージガラスが取付けられていた（写真 80, 81）。加圧は治療タンクの常用最高圧力より $2\sim 3\text{kg/cm}^2$ 程度高いものが多かった。

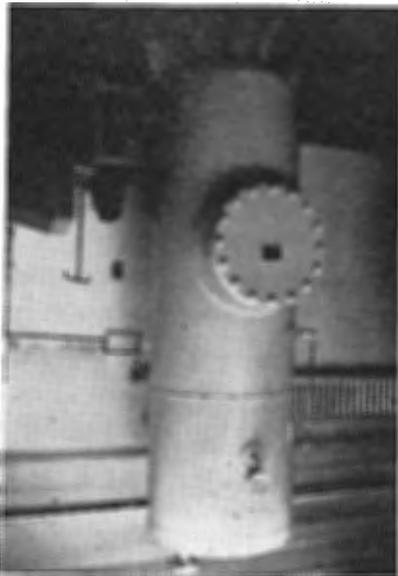


写真 80 縦形消火用水タンク



写真 81 横形消火用水タンク

5.1.2 タンク設置室

タンク設置室はすべて不燃材で建築されており、室内には可搬式の小型消火器や消火栓が備えられていた。また、一部では火災感知器が天井に取付けられ、守衛室で異常を知ることができるようになっていた。

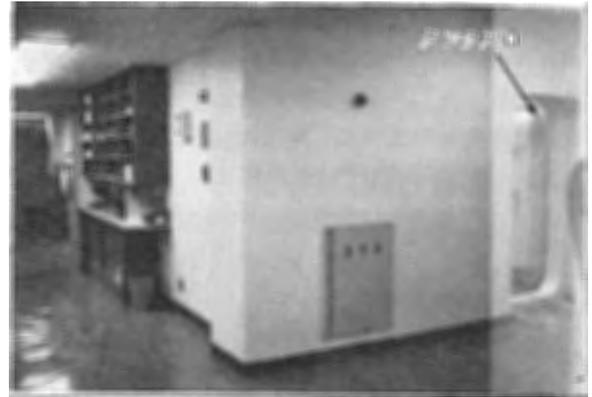


写真 82 タンク設置室内の消火栓

5.2 緊急減圧

火災その他異常が生じた際、緊急に減圧しタンク外へ逃げるための緊急減圧弁が一般に取付けられているが、その方式は、タンク内、外で操作できるものと、タンクの操作室でのみ操作できるものに分けられるが、前者が一般的であった（写真 83, 84）。弁は開閉に時間をあまり必要としないボールバルブがほとんどである。この他、外部より開けられるドアを一枚もった脱出口（写真 85）を設けていた所があった。



写真 83 タンク外から操作する緊急減圧弁



写真 84 タンク内で操作する緊急減圧弁

タンク内の空気が汚染された際、外部の酸素を呼吸するための非常用酸素マスク（写真 68）も多くのタンクに設置されている。このほか救急用の医薬品を入れた救急箱をタンクの入口付近に常時置いていた例もあった。

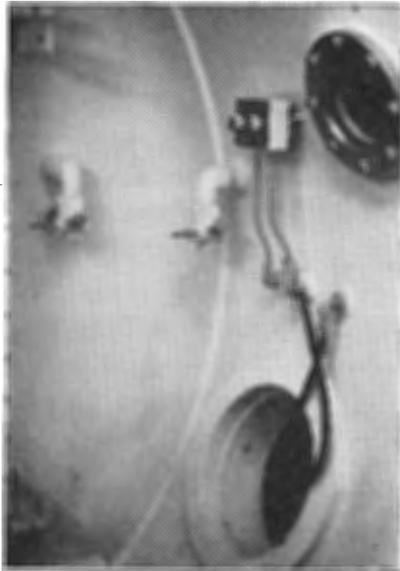


写真 85 脱出口

5.3 停電対策

1人用の場合にはバルブの開閉に電磁弁が用いられているような場合でも別に手動で動作できるようになっており、停電はほとんど大きな問題にはならない。照明と通話装置も治療上からは停電が直ちに重要な問題には関与しないからである。したがって多人数用の場合について主として停電が重要となる。

停電対策としては病院共通の予備電源装置から、コンプレッサー、非常灯、室内灯のみに電力の供給を受けるもの、24Vのバッテリーから室内灯または手術灯のみが点灯するようになっているもの、100KVAの交流発電機を始動させて必要な電力をすべて充足しているもの、全く対策のないもの等である。電磁弁を使用している時には、停電時に手動で開閉操作ができるようになっているものもある。

結 言

以上、わが国において現在使用されている高気圧治療設備のうち、代表的と思われるものについて実態調査を行なった結果を述べたが、調査時間が十分でなか

ったために、必ずしも当初予定したような詳細な事項にまで立入ることができなかった。しかしながら、従来ほとんど一般に知られていなかった高気圧治療設備の概要を明らかにすることはできたと確信している。

本報告書の「まえがき」で述べたように、今回の実態調査の目的は、高気圧治療設備における事故防止対策の研究に必要な基礎的事項を見出すことにあったが、様々な問題点がかなり明らかとなった。これらについては今後、筆者らが事故防止の研究を推進する上に役立ててゆきたいと考えている。

最後に、本調査にあたり、各地の病院において種々ご配慮を賜った関係者の方々に深く感謝する次第である。

〔付録 1〕 高気圧治療設備設置状況調

（再圧タンク、潜水医学実験タンクを含む）

〔出所〕 日本潜水工業会報 3, 4, No. 13

労働福祉事業団調査表（1969）

ガレアッチ社カタログ

〔北海道地区〕

北海道大学医学部

麻酔学教室	1人用	2台	ビッカース 日立製作所
X線深部治療室	1人用	1台	中村鉄工所
札幌医科大学胸部外科			

	多人数用	1台	中山機械
	1人用	2台	荏原製作所
	ポータブル	1台	藤倉航装
美唄労災病院	多人数用	1台	日立製作所
	1人用	2台	中村鉄工所
岩見沢労災病院	ポータブル	1台	中村鉄工所
釧路労災病院	ポータブル	1台	中村鉄工所

〔東北地区〕

東北大学医学部麻酔科

	1人用	1台	ビッカース
青森労災病院（八戸市）			
	多人数用	1台	

東北労災病院（仙台市）

	ポータブル	1台	中村鉄工所
福島労災病院（内郷市）			
	ポータブル	1台	中村鉄工所

東京医科歯科大学衛生学教室

	多人数用	1台	中村鉄工所
慶応義塾大学医学部内科			

	多人数用	1台	日立製作所	中部労災病院 (名古屋市)			
日本医科大学	多人数用	1台	羽生田鉄工所	1人用	1台	中村鉄工所	
東京慈恵会医科大学外科				名古屋大学医学部外科			
	1人用	1台	川崎重工業	多人数用	1台	川崎重工業	
福生病院 (東京・渋谷区)				1人用	1台	同上	
	多人数用	1台	羽生田鉄工所	名古屋市立大学医学部第一外科			
千葉労災協会病院 (千葉市)				1人用	2台	ガレアッチ	
	多人数用	3台	内1台は羽生田鉄工所	[近畿, 中国地区]			
千葉労災病院外科 (市原市)				京都大学医学部	多人数用	1台	ヴァキュー ダイン
	1人用	1台		1人用	2台	川崎重工業 ビッカーズ	
	ポータブル	1台	中村鉄工所	大阪大学医学部附属病院			
[関東地区]				多人数用	1台	田葉井製作所	
東京消防庁 (千代田区)				1人用	1台	川崎重工業	
	小型チェン バー付 救急車	1台		大阪労災病院 (堺市)			
東京労災病院 (大田区)				1人用	1台		
	ポータブル	1台	中村鉄工所	ポータブル	1台	中村鉄工所	
関東労災病院 (川崎)				関西労災病院 (尼崎市)			
	ポータブル	1台	中村鉄工所	ポータブル	1台	中村鉄工所	
海上自衛隊横須賀地区病院潜水医学実験部				東二見漁業協同組合 (明石市)			
	多人数用	1台		1人用	1台		
小田原市立病院内科				山陰労災病院 (島根県米子市)			
	多人数用	1台		ポータブル	1台	中村鉄工所	
大原地区採鮑漁業連合会 (大原町)				山口労災病院 (小野田市)			
	1人用	1台		ポータブル	1台	中村鉄工所	
神津漁業協同組合 (神津島)				海上自衛隊第一術科学学校 (江田島)			
	1人用	1台		多人数用	1台	川崎重工業	
三宅島坪田漁業協同組合 (三宅島)	1人用	1台		[四国, 九州地区]			
[中部地区]				香川労災病院 (丸亀市)			
国立湊病院内科 (静岡県)				ポータブル	1台	中村鉄工所	
	1人用	1台		九州労災病院高圧医療研究部 (北九州市)			
雲見漁業協同組合 (静岡県)				多人数用	1台	中村鉄工所	
	1人用	1台		筑豊労災病院 (福岡県)			
稲取漁業協同組合 (静岡県)				ポータブル	1台	中村鉄工所	
	1人用	1台		熊本労災病院 (八代市)			
新潟労災病院 (直江津)				ポータブル	2台	中村鉄工所	
	1人用	1台	中村鉄工所	長崎労災病院 (佐世保市)			
両津市立病院 (新潟県)				ポータブル	1台	中村鉄工所	
	1人用	1台		(注)			
富山水試氷見分場 (氷見市)				この表は完全なものではない。この他の大学医学部をはじめ私立病院 にも多人数用や1人用が数ヶ所以上あり、また潜函工事、シールド工 事現場にも再圧タンクが設けられている。			
	1人用	1台					
石川県水産試験場 (宇出津町)							
	1人用	1台					

[付録 2] 高気圧治療設備メーカー

(五十音順) () 内は発売又は代理店名	
[出所]	{ 1964 年版 JMI 医科器械図録 (日本医科器械学会) 第 2 回高気圧環境医学研究会 論文集広告
泉工医科工業 東京都文京区本郷 3-23-13	小形
市河思誠堂 東京都文京区本郷 3-15-9	小形
荏原製作所 (現在製造中止)	小形
川崎重工業 神戸市生田区東川崎 2-14	大形 小形
田葉井製作所 大阪市南同心町 2-18	大形 小形
中山機械 札幌市	大形
中村鉄工所 東京都江東区南砂 1-3-25	大形 小形
日本酸素 東京都港区西新橋 1-16-7	大形
{ 羽生田鉄工所 東京都江戸川区小島町2-1025	小形 動物
{ (福生機器 K K) 東京都文京区本郷 2-39-5	小形
日立製作所 (現在製造中止)	
{ 藤倉航装 東京都品川区荏原 2-4	小形 臓器
{ (泉工医科工業 K K) (東京都文京区本郷 3-23-13)	
本郷精器 東京都文京区本郷 3-26-11	動物 小形
{ ノーマレア・ギヤレット Normalair Garrett Ltd. (英)	
{ (市河思誠堂) (東京都文京区本郷 3-15-9)	
{ ガレアッチ Roberta Galeazzi (伊)	
{ (泉工医科工業 K K) (東京都文京区本郷 3-23-13)	
{ ドレーゲル (独)	
{ (利康商事 K K) (東京都新宿区西五軒町34の 6)	
{ ヴァキュダイン (米)	
{ (岩井産業) (大阪市東区北浜 4-43)	
{ ヴィッカーズ (英)	
{ (アメリカンコマーシャル) (東京都千代田区飯田橋 4-8-7)	

[付録 3] 事 故 例

(1) 1 人用高気圧治療タンクの火災

昭和 42 年 10 月 9 日午前 8 時 50 分、岐阜市内の村上病院に設けられていた 1 人用タンク内に、胃潰瘍で胃切除の患者を収容し、術後ショックを治療するため酸素加圧中、衣服等が発火し死亡した。

このタンクは長さ 2.6m、直径 1m の円筒形で、

容積 1.9m³、耐圧試験圧力 6kg/cm² のものであり、昭和 41 年 12 月より事故当日までに 1,620 例以上の患者の治療に使用していた。

事故の状況は、患者をタンクに入れ、酸素ポンベの元栓を開き、除々に加圧し 20 分後に 0.8kg/cm² となったときに、突然緊急用ブザーが鳴った。このため看護婦が覗き窓からタンク内を覗くと、患者の横腹近くの衣服から火を吹いており、またたく間にタンク全体に火炎が広がり、火災ブザーが鳴るとともに停電となった。ただちに酸素の元栓は止められたが、タンクの安全弁から黒いススを多量に含んだ刺戟臭の煙が噴出し、タンクを設置した室に容易に近寄ることができなかった。

排煙後の調査ではタンク内装に用いられた塩化ビニルやベットおよび患者の衣服は焼けただけ、さらに患者の皮膚表面も炭化し、ベット上には焼けたカイロが発見された。

事故原因としてはインターホン、ブザー（無接点スイッチを使用）、医療用生体電気測定用端子などの電気設備と、ベット上に発見されたカイロが発火源としての可能性が考えられた。事故後の調査では電気設備に異常がなかったし、事故の発生状況から 0.8 kg/cm² の加圧酸素では、第 1 図(p.4) から推定酸素濃度 56% という支燃性の強い環境気下でカイロが発火源となったものと推定された。ただし、カイロの持込みは禁止されており、タンクやタンク設置室入口扉に火気厳禁の表示がなされていたが、患者の妻の手で腹部に置かれたものといわれている。

(2) 多人数用高気圧治療タンクの火災爆発

昭和 44 年 4 月 4 日 12 時 45 分頃東大病院の多人数用高気圧治療タンクに医師 2 名と患者 2 名が入り、酸素加圧による治療研究中突然火災が発生し、続いてタンク設置室内で爆発が生じたため、タンク内の全員が死亡した。

このタンクは一般のものと異なり、とっくり形で内室の直径 1m、長さ 2.45m、外室の直径 2.2m、長さ 2.1m、容積 10m³、耐圧試験圧力 6kg/cm² のものである。

事故の状況は、11 時 50 分頃被害者全員がタンクに入り、酸素加圧が開始され、12 時 40 分頃 2.0kg/cm² に達したので酸素加圧系の弁を止めたところ、内部で異常な事態が発生したらしく、内部の医師よりインターホンを通じ外部の操作員に二、三の指示がなされた。

続いてあわてた声が聞えるので操作員が、覗き窓（直径 20 cm）を通して内部を見たところ炎が見えたので、操作員と患者の付添人が急いでタンク設置室より逃れた。同時にその室内で爆発が生じたため、消防署が出勤し消火と救助活動が実施された。しかしタンクは激しい内部火災のため変形し、扉が開かなかったため、ガス切断器で扉の一部を切断して遺体を収容した。なお、東京消防庁では出火と同時に小形タンク付き救急車を現場に待機させたが、被害者は即死状態であったため、それを利用することはなかった。

事故後の調査ではタンク本体の全長が 21 cm 延びていた。これはタンク内の可燃物としては塩化ビニル系床材やクーラーカバー、ベットのよなもの以外に、事故当日、木製丸椅子、カメラ用フィルム、記録紙な

ども持込まれており、これらが 2 kg/cm^2 の酸素加圧下で第 1 図からの推定酸素濃度 73% という強い支燃性環境気中で燃焼し、その熱の影響によるものである。なおタンク内可燃物の重量は約 40 kg で、タンク内酸素量では 70 kg までの可燃物を燃焼させるのに十分な量があったといわれている。

次にこの事故ではタンクの安全弁（作動圧 3 kg/cm^2 ）を通して室内に多量の可燃性ガスが噴出したため、室内で爆発が生じている点が岐阜のタンクの事故と異なっている。

事故原因はタンク内に持込まれた眼底撮影用カメラ、同電源部、2 ペン記録装置などを作動させるための内部臨時配線用コード付近から発火したのではないかと報告されている。

参 考 文 献

（順 不 同）

- 久山 健：“高圧酸素療法室について—海底探検と高圧酸素療法—”，保健通信，123 号（昭 41）
- 久山 健：“高圧酸素療法室について—機械の構造と建物—”，保健通信，124 号（昭 41）
- 榊原欣作：“名古屋大学医学部付属病院高気圧治療室装置について” 医科器機学雑誌，38，No. 11（昭 43）
- 榊原欣作：“小型高気圧酸素治療装置の標準私案” 第 3 回高気圧環境医学会論文集（昭 43）
- 重藤 脩：“高圧治療室 Hyperbaric Chamber について” 保健通信，140 号（昭 43）
- 岩 喬他：“高圧酸素室およびその使用の実際的諸問題”，外科，29，No. 2（1967）
- 笹本浩他：“Hyperbaric Oxygenation” 呼吸と循環，12，No. 12（1964）
- 恩地裕他：“高圧酸素療法”，永井書店（1967）
- 古田昭一：“ヨーロッパの高圧室”，医用電子と生体工学，4，p. 235~241（1966）
- 東京消防庁警防部調査課：“高圧酸素治療室の火災概要”，近代消防，6 月（1969）

〔付〕 酸素雰囲気中におけるインターホンによる 発火危険性について

(実験担当) 田 中 隆 二

1. ま え が き

昭和 44 年 4 月 4 日、東京大学附属病院において発生した高気圧治療タンクの爆発事故は、同種の医療設備を使用している全国の病院関係者に大きなショックを与え、その安全対策に重大なる関心を引き起した。

一般にこの種の人工治療環境内では、大気圧下の空気中とは異なり、気圧がそれより高いこと、酸素濃度が大きいこと、などのために、可燃物の発火温度が低下して燃え易くなったり、万一可燃物に着火して発火した場合には、燃焼速度が著しく増加したりして危険性が大きくなる。しかしながら、そのような危険性に対する技術的研究が未だ十分に行なわれておらず、したがって安全対策も必ずしも満足すべき実状にないと思われる。

以上のような現状にかんがみ、先般、労災病院などで数多く使用されているポータブルロックに取付けてあるインターホンの発火源としての危険性について検討したので、その結果をとりまとめて報告する。

2. ポータブルロックの概要

ポータブルロックは写真 1 および第 1 図に示すような構造で、ステンレス製の外筒と内筒から構成されている。運搬時には写真 2 のように、内筒を外筒内に押込んで移動に便利なように作られている。



写真 1 ポータブルロックの外観
(使用時)

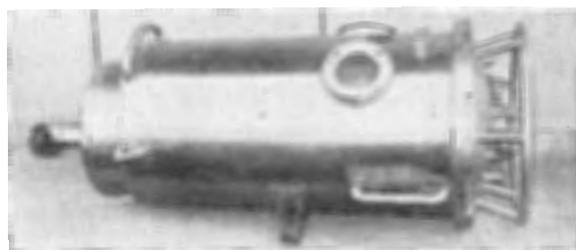


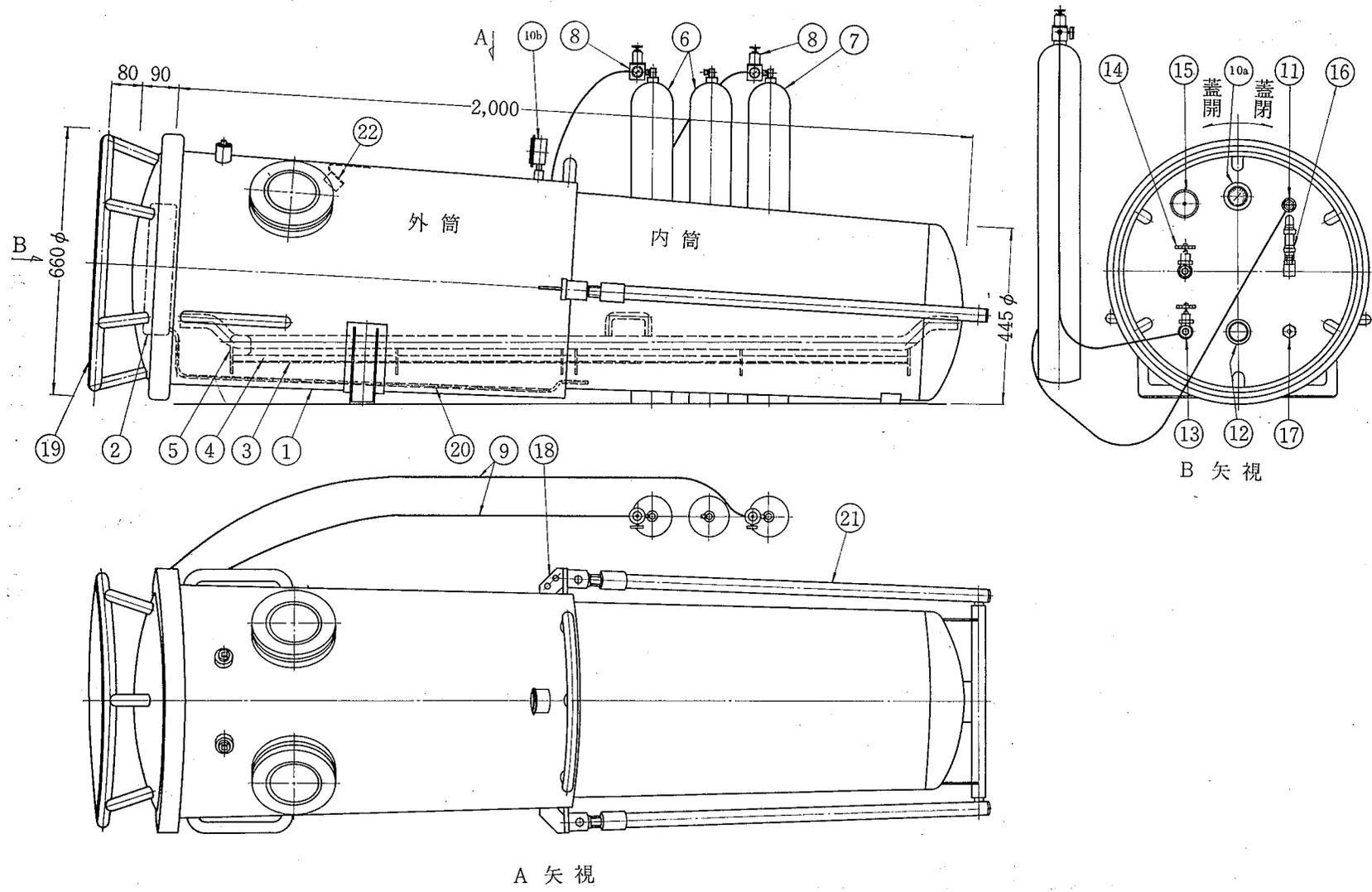
写真 2 ポータブルロックの外観
(運搬時)

外筒には内部にいる患者の顔の位置に左右 2 個の窓 (本実験で対象とした窓はアクリル製) がついているほか、圧力計、安全弁、給排気弁などが付属している。タンク (以下、外筒と内筒をあわせてタンクという) 内には、写真 3 に示すように、ベッド、マット、枕、酸素呼吸装置 (ただし、本実験で対象としたこのタンクにはついていない) インターホンなどがある。



写真 3 ポータブルロックの内部状況

患者がタンク内に入ると、外筒の鏡板 (写真 4 参照) が閉じられ、外部から高圧酸素または高圧空気が送られて加圧される。空気加圧の際には、患者が別途供給される酸素を酸素呼吸装置を用いて呼吸する。いずれの場合も、タンク内部の気圧が 3 kg/cm^2 (ゲージ圧力) をこえると安全弁が作動する。



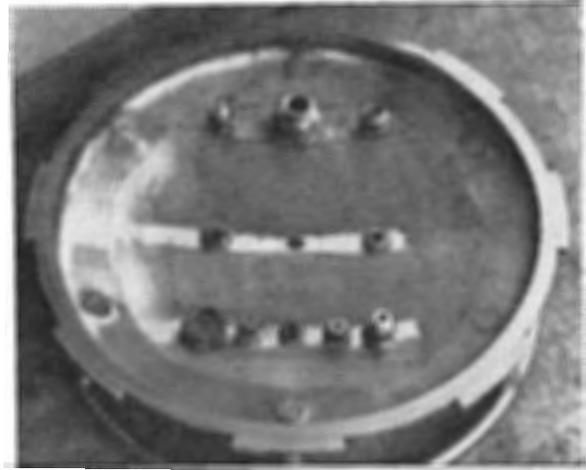
第1図 ポータブルロックの構造

〔付〕 酸素雰囲気中におけるイソナーホーンによる発火危険性について

ポータブルロックの使用は一般にかなりの長時間に及ぶことが多く、また意識不明の患者の治療などにも使用されることから患者の容態を常時監視していることが必要であり、この目的のためにタンク内外の通話連絡用インターホン（ナショナル製 VN-107 型、写真 5 参照）が設けられている。

同インターホンは第 2 図のような電気回路を有し、

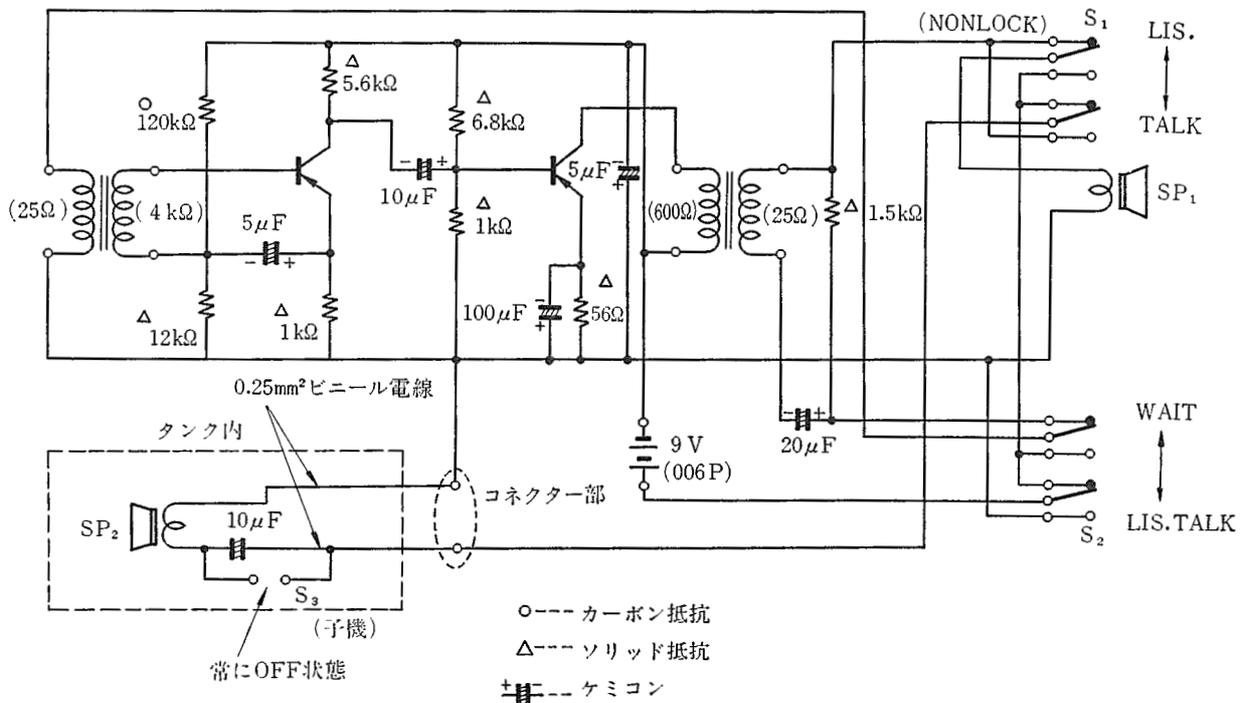
電源には 9V、006P 型の積層乾電池が 1 個使用されている。第 2 図の点線内がインターホンの子機と呼ばれる部分で、これがタンク内に取付けられており、残りが親機でタンク外に置かれる。子機についている押ボタンスイッチは、タンク外の親機を呼出すための信号用スイッチであるが、ここで使用される子機の場合は、スイッチ部分における開閉火花の発生に伴う危険性をおそれて、常に OFF の状態とされてい



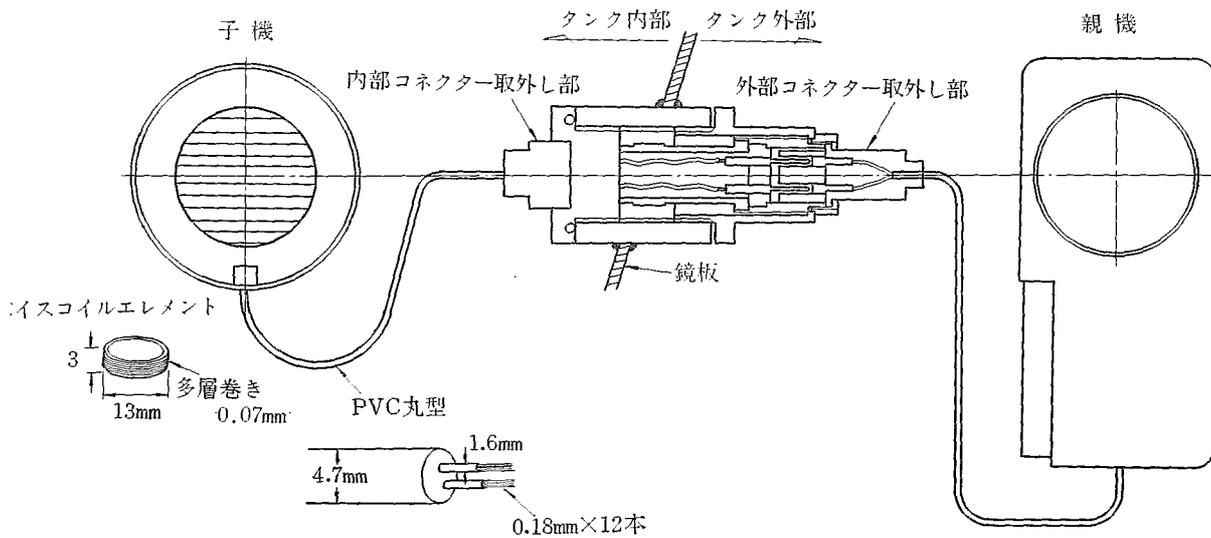
(a) 外部

(b) 内部

写真 4 ポータブルロックの鏡板



第 2 図 インターホン回路図



第3図 インターホン外形およびコネクタ部

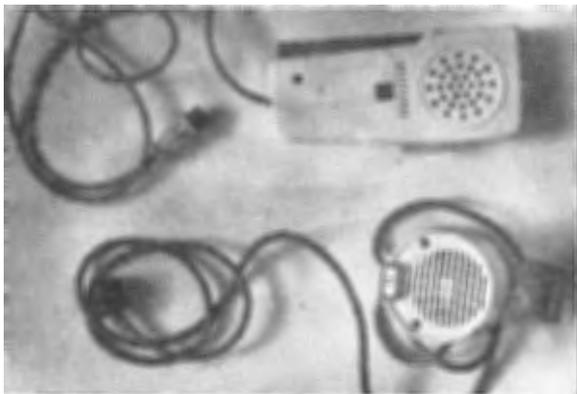


写真5 インターホン外観 (上がタンク外の親機, 下がタンク内の子機)



写真6 鏡板内側のインターホン用コネクタ(右端)。
したがって、子機側から親機側を信号によって呼出すことはできない。

子機はタンク内の患者の顔の真上に取付けられていて、これと親機とを結ぶリード線は、外筒の鏡板に付

いているコネクタを介して通じている。ただし、タンク内外のリード線は異なるものが使用されている(第3図および写真6参照)。

3. インターホンの危険性と実験方針

タンク内のインターホンはすでに述べた第2図の回路から明らかなように、スピーカマイク (SP₂) とケミカルコンデンサ (10 μF) が直列に接続されており、コネクタまでのリード線は第3図に詳細に示した構造のPVC (丸型) 電線が使用されている。

さて、タンク内におけるインターホン回路から電気的発火を生ずるものと仮定すると、これにはつぎのようなケースが考えられる。

- (1) 正常時および故障時 (回路部品の短絡、断線など) に回路に流れる電流による導線もしくは部品 (ここではスピーカマイクおよびコンデンサ) の一部もしくは全部の過熱による発火
- (2) タンク内部のコネクタ部品または同コネクタから子機本体に至るまでのリード線の短絡故障火花による発火
- (3) タンク内部の電気回路の直列断線火花による発火

以上の発火のケースに対して、一次的可燃物は、子機の取付状況から判断して、リード線のビニル絶縁被覆およびスピーカマイクのコイルエレメントが挙げられる。上記(1)~(2)の発火を仮定したとき、(3)の場合の電流値は(2)の場合の短絡電流に比べて小さ

いとみなしてよいから、(2)の場合の発火危険性が無ければ、(3)の場合の発火危険性が無いとしてよい。したがって先ず(1)および(2)のケースについて必要な実験を行ない、(2)のケースでの危険性が認められなければ、(3)のケースに対する実験の必要はもはやないと考えられる。以下、このような方針のもとに実験を進めることにした。

4. 実験方法および実験結果

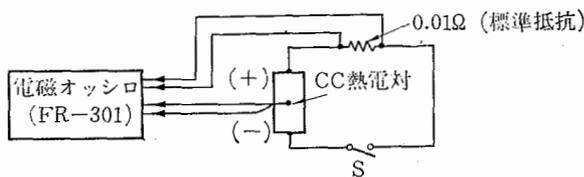
4.1 インターホン用乾電池の短絡電流の測定

インターホンの電源には9Vの積層乾電池(006P型)が使用されている。タンク内の子機の回路に流れる最大電流の大きさは、この乾電池の短絡電流以上にはなりえないことが明らかであるので、短絡電流の大きさを測定しておけば、次節に示す実験において流すべき電流の目安をたてられることと、それによって得られる実験結果の評価に有用と考えられる。

006P型乾電池で現在わが国で市販されている代表的なメーカー製品を6種類各6箇所について、短絡電流を測定した。

測定回路は第4図のようで、供試用電池に直列に、 0.01Ω の標準抵抗を接続し、スイッチSを閉じた瞬間からの短絡電流の時間的変化を電磁オシログラフ(三栄測器製FR-301型)で測定した。

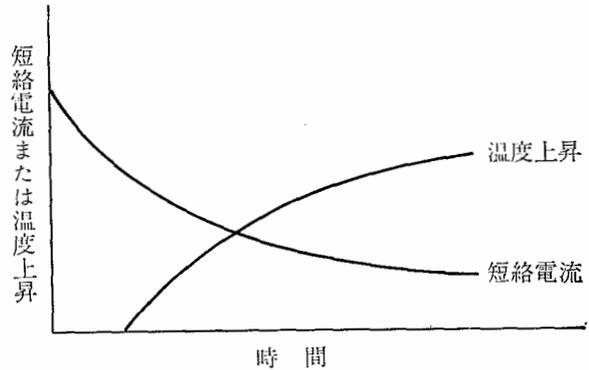
なお、参考までにCC熱電対を電池本体の中央部に取付けて、短絡電流が流れている間の電池の温度上昇も測定した。



第4図 乾電池の短絡電流および温度上昇測定回路

測定結果によると、一般に短絡電流および温度上昇は第5図に示すような曲線となるが、電池の種類によっては、これらの曲線の特性にかなりの差が認められることが明らかとなった(付録1参照)。

つぎに示す第1表は6種類の供試乾電池を各6箇所実験した結果得られた短絡電流のうち、各種類ごとに測定値が最大となったもののみについて記載したもので電池の種類の違いがはっきりと現われている。このことは、同時に測定した温度上昇についてもあてはまる。



第5図 乾電池の短絡電流および温度上昇の変化

第1表 短絡電流と温度上昇

乾電池	短絡電流 (A)	温度上昇 (deg)
A	0.96	4.43
B	1.09	5.92
C	0.29	1.07
D	0.64	4.73
E	0.74	4.98
F	0.71	9.03

(注) 周囲温度=17.5°C

4.2 酸素雰囲気中における電線の過電流発火実験

前節における実験結果をもとに、インターホン子機回路に流れる電流による電線または部品の過熱による発火の危険性を調べることにした。

4.2.1 予備実験

実際のインターホン子機のリード線であるPVC電線は第3図に示したように、導線が $0.18\text{mm} \times 12$ 本の構成となっており、またスピーカマイクのボイスコイルの導線の素線の太さは直径が 0.07mm である。

ボイスコイルは、表面に緑色のワニス絶縁がなされている導線をリング状の紙枠に多層巻きしたものである。この導線に 0.8A の直流を流すと、絶縁ワニスの緑色がすっかり消失し、さらに電流値を 1.2A に増加すると熔断してしまふことが示された。

一方、PVC電線に過電流を流してみたところ、約 10A の交流で白煙を生じ、絶縁被覆が焼損してしまふことがわかった。したがって当面の課題としては、過電流によるビニル電線の発火危険性について実験する必要がある。

さて、子機の回路は、スピーカマイクとケミカルコンデンサーが直列になっているので、正常動作時に

は直流分は流れず、信号および通話用の交流が流れるのみである。しかし、コンデンサーが絶縁破壊をして短絡状態になった故障時を想定すると、その場合には直流が流れることになる。測定の結果によれば、これらの交流および直流の最大値は凡そつぎのようであった。

交流電流……35mA (熱電型計器にて測定)

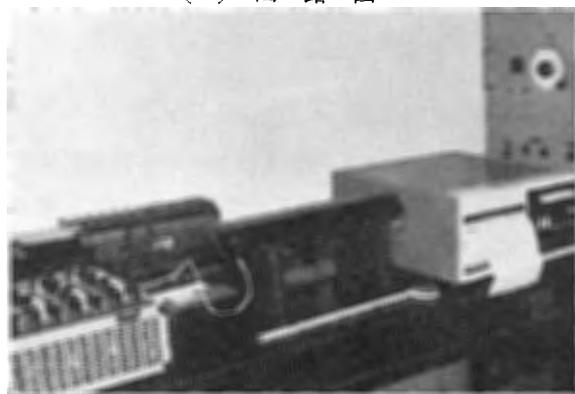
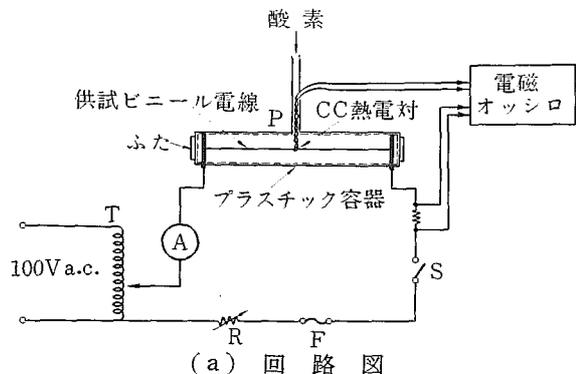
直流電流……16mA (精密直流電流計にて測定)

ただし、交流電流の場合は、調波によりひずみ波形となっているが、熱的影響を調べる上ではそれ程問題とすべきものではなかったので、詳しい解析は省略した。

4.2.2 本実験

第6図 (a) および (b) に示したのは本実験として行なった過電流によるビニル電線の発火実験装置の概要である。同図 (a) において、Tは電圧調整器、Pは長さが約45cmの中空角柱形で透明なプラスチック製容器である。容器の内容積は約500cm³で、この中心線の位置に供試ビニル電線をたるみの生じないように張り、これに外部から所要の電流を流せるようにした。

供試ビニル電線には、インターホンに使用されている



第6図 過電流発火実験装置

るPVC丸形電線と同一のものを使用すべきであるが、種々の都合によって、ここでは第2表に掲げる仕様のビニル電線を使用した。これは市販のレーザー平型電線を二分して単線としたものである。

第2表 供試ビニル電線

ビニル被覆の外径	$D=1.08 \pm 0.02 \text{ mm}$
素線の外径および構成	$d=0.075 \text{ mm} \times 13 \text{ 本}$

しかし、これがインターホンのPVC電線と等価な実験結果を与えるものかどうかは疑問の生ずるところであり、直ちにその妥当性を決定することはできない。そこでここではとりあえず、PVC電線に比べて導線断面積が約1/5という大きさのレーザー用ビニル電線に電流を流してみることを試み、その結果から十分に安全側であることの結論が導かれることを予想して実験を行なった。

実験順序は、先ずビニル電線をプラスチック容器内に張ってから、容器へ100%の酸素を送り込み、しかる後に所定の大きさの交流をビニル電線に流し、導線の温度上昇の測定、白煙の発生の有無、発火の状態などを観察することにした。

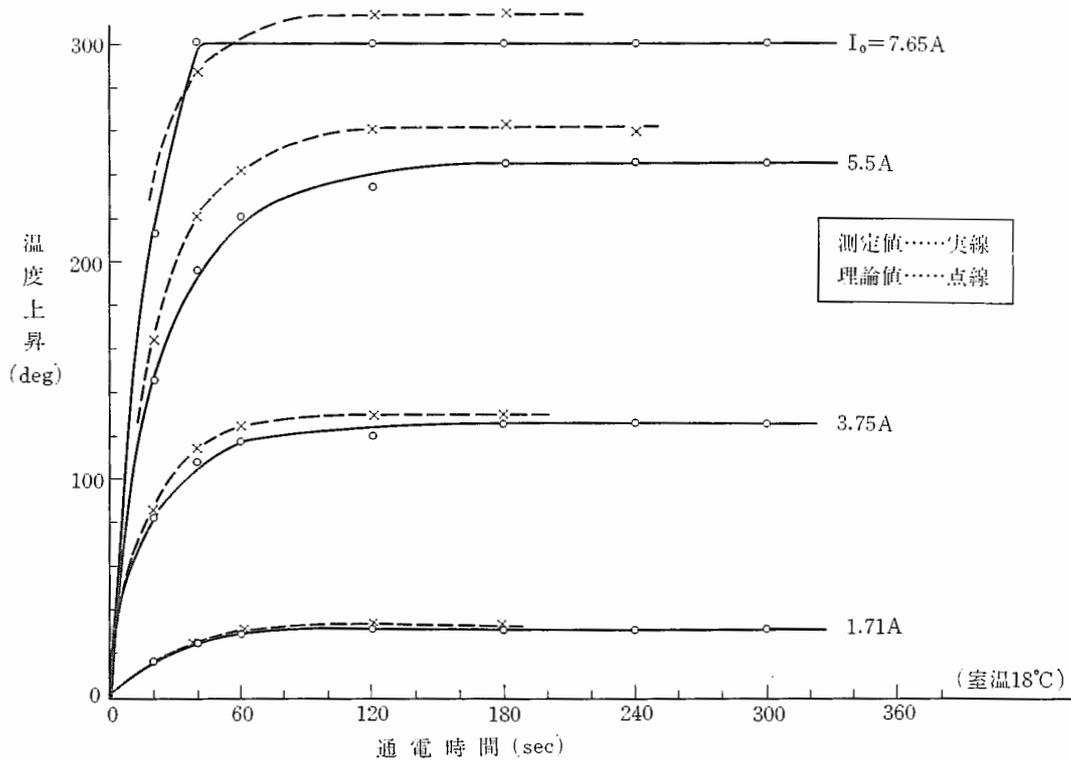
容器内の雰囲気は大気圧に等しい100%の酸素としたが、これは3kg/cm²(ゲージ圧力)以下の加圧空気もしくは酸素を使用するポータブルロックの実験としては文献⁽¹⁾等を参照した結果、ほぼこのような雰囲気中で行なっても十分であると認められ、また実験遂行上の安全を考えたためであった。

供試ビニル電線の導線の温度上昇の測定には、予めビニル電線のほぼ中央部分の絶縁被覆を一部だけ取除き、そこにCC(銅-コンスタンタン)熱電対で直径が0.1mmという極めて細いものを取付け、その出力を電磁オシログラフ(三栄測器製FR-301形)に接続した。

通電開始後は、電線の温度上昇による導線の電気抵抗値の増加のため、通電電流の大きさが、通電開始時における設定値よりも小さくなるが、その減少率は設定値が約6A以下の場合で2%以下であり、また積層乾電池を電源とするインターホンでも、このようなことは当然生ずるので、この実験ではあえて電圧の調整による設定電流値の維持は行なわなかった。

通電時間は、オシログラムによる導線の温度上昇がほぼ飽和値に到達したと思われる時間で打切った。

試験回数は同一設定条件で5回繰返したが、供試ビ



第7図 通电時間と温度上昇の関係

ニル電線の取付部の接触抵抗および導線抵抗値のバラツキなどの影響により、同じ電圧を加えても同じ設定値の電流を流すことが困難であり、また電圧を変えても必ずしもうまく設定値とならないなどのことが生じたが、その範囲は約 10% 以下であった。

以上のようにして測定した供試ビニル電線の導線温度上昇を第3表に示す。また、各設定電流値による温度上昇が最高となった場合の時間的変化の様子を示すと第7図実線のようになる。(付録2参照)

第3表 供試ビニル電線の温度上昇

通電電流 (A)	温度上昇 (deg)
1.72±0.03	25.24± 3.05
3.71±0.04	118.2 ± 3.1
5.54±0.09	210.0 ±10.3
7.89±0.03	221.0 ±20.4

これらの測定結果を検討すると、通电時間が180秒をこえると、いずれも温度上昇がほぼ飽和値に達することが示された。さらに通電電流が 1.71A および 3.75A の場合には、導線の温度上昇に基づく供試ビニル電線の垂れ下り、ビニル被覆の発煙、その他外觀上の変化は見られなかったが、5.5A になると、垂れ下りが生じてくる。しかし未だ発煙の有無は明らかに

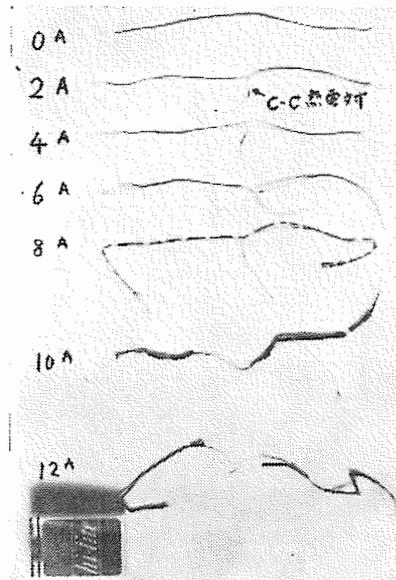


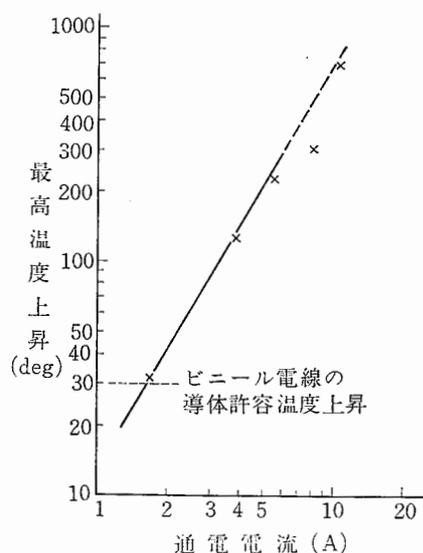
写真7 ビニル電線の発火による損傷状況

することができなかった。電流の大きさを 7.65A に増加させると今度は 20~30 秒後にビニル被覆が明らかな発煙を生じ、そのまま5分間通電を継続しても発火には至らなかった。発煙したビニル電線の外觀を見ると、写真7の 8A の写真に示されているように、間隔をおいて、所々の被覆が失なわれて導線が露出していた。すなわち発煙は電線の全長に亘って同時に生

ずるものではなく、導線温度や絶縁被覆の厚さのわずかの差によってビニル被覆の分解が所々で開始されることがわかった。

さらに電流値を増加させて 10 A とした場合の例について述べると、5 回の試行いずれの場合も、通電開始後 10~30 秒間に電線が垂れ下り、容器の底に触れさらに発煙を生じてそのまま溶断してしまう場合がでてくるようになる。ちなみに、この場合の導線の温度上昇は 700 deg を示したが、CC 熱電対の温度測定限度が 250°C であるので、これには相当の誤差が含まれ、実際には 700 deg 以上に達していたものと推定される。

続いて電流値を 12 A に増加させると、約 30 秒以内にはすべての供試ビニル電線が発煙を開始し、約 60 秒後にはこの発煙ガスと酸素との混合気に点火して爆発を生ずる。爆発の点火源としては、導線の高温および導線溶断時の放電火花の両者が考えられ、実験中の観察でもこのことがほぼ確認された。しかし、最初に爆発の点火源となる個所は予想がつかない。なぜならば、導線はその全長に亘って点火源が一行に並んでいると仮定はできても、ガスの方は容器内でその濃度が一様ではないからである。ともあれ爆発を生じた場合の激しさは、水素—空気混合気の場合のそれ以上のものがある。



第 8 図 通電電流と最高温度上昇の関係

さて、第 7 図を描き直して、通電電流—最高温度上昇の関係を求めると、第 8 図のように両対数目盛の上で直線となり、これを実験式として表わすとほぼつぎ

のような式になる。

$$\log T = 1.73 \log I + 1.12 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 T : 温度上昇 (deg), I : 通電電流 (A) である。1.73 は直線の勾配で、1.12 はビニル電線の材質、形状等によって決まる定数である。(1)式を書き直すと、つぎの(2)式になるが、これによると温度上昇は厳密には

$$T = KI^{1.73} \quad (K: \text{定数}) \dots\dots\dots (2)$$

電流の 2 乗に比例していない。しかし、この理由は、熱電対による温度上昇測定の方法によるものと考えられる。すなわち、熱電対をビニル電線に取付けるのに、被覆の一部をはぎとり、そこに熱電対を密着させておいたが、はぎとった部分には何らの処置も講じないで温度上昇を測定したため、真の温度上昇より測定値の方が若干低く現われたのではないと思われる。

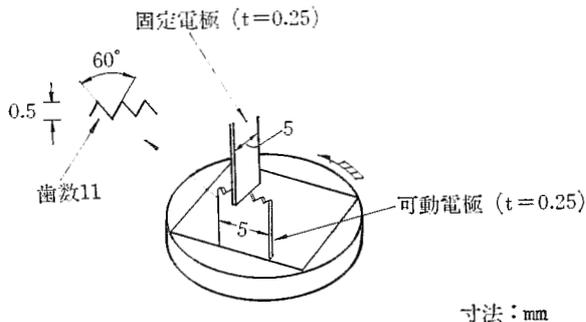
現行電気設備技術基準に示されている 600 V ビニル電線の導体許容温度は 60°C であり、周囲温度を 30°C にとると、許容温度上昇は 30 deg となる。第 8 図から許容温度上昇 30 deg に対応する導体通電電流を求めると、約 1.6 A となる。熱電対による導体温度上昇の測定誤差の影響を考慮に入れても、この電流値は 1.2~1.3 A と考えておけば十分であろう。この値はすでに示した第 1 表の乾電池短絡電流以上に大きく、また乾電池の場合には、第 1 表の短絡電流が持続的に流れることはないので、たとえ乾電池による短絡電流が供試ビニル電線に流れても、発火の可能性はほとんどないと考えてよい。

一方、大気圧空気中で 600 V ビニル電線の導体の温度上昇を求めた報告⁽²⁾によると、導体断面積がインターホンの PVC 電線と同じで 0.6 mm² の場合の温度上昇が 30 deg となる電流は約 12 A であり、この結果と今回の実験結果とを比較したとき、空気中と酸素中の差および絶縁被覆構成の差があるにせよ、実際のインターホンの PVC 電線に乾電池の短絡電流が流れて温度上昇が 30 deg に達するおそれはなく、したがって十分な安全率をみて、発火の危険性はほとんど考えられないと結論づけることができる。

4.3 酸素雰囲気中の放電火花による着火実験

放電火花による可燃物着火危険性の実験は、本質安全防爆電気回路における従来の研究経験をもとに、放電の継続性と継続時間の大きいことから、抵抗回路の放電によって行なった。

実験回路は 12V の鉛蓄電池、電流調整用可変抵抗および第 9 図のような白金電極を具備した Intermittent Break Apparatus⁽³⁾ を直列に接続したもので、写真 8 に全体を示した。Intermittent Break Apparatus の固定電極に、ビニルテープ、供試ビニル線などを適当に貼付け、開閉電極の開閉による断続放電火花による着火が起り易いようにした。電極部には 100% 酸素を供給しておいた。



第 9 図 Intermittent Break Apparatus の電極構造

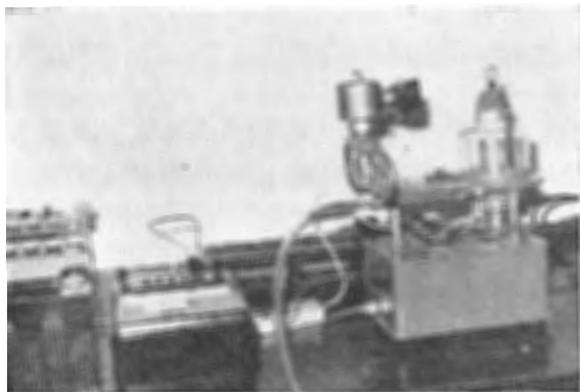


写真 8 放電火花による発火実験装置

回路の断続電流を 2, 4, 6, 8 および 10 A と増加して開閉火花を相当回数繰返し発生させ、その都度試料への着火状況を細かく観察したが、いずれも熱による外的変化、その他が全く認められなかった。

4.1 節に示した乾電池の短絡電流は約 1 A 以下であるので、本実験の結果からは、インターホンの放電火

花による 3 章(2)のケースの発火危険性はほとんど無視してよいと考えられる。したがってまた、3 章(3)のケースについては、もはや実験の必要性はなく、同様に発火危険性が認められないとして取扱うことができる。

5. 結 論

以上、大気圧下の酸素雰囲気中で、ビニル電線の過電流発火実験および放電火花による着火実験を行なった結果を述べ、それらの危険性をインターホンの乾電池の短絡電流の大きさから評価した。結論を要約するとつぎのようになる。

(1) 9V, 006P 形乾電池の初期短絡電流の大きさはメーカーによってかなりの差が認められ約 1~0.3A の範囲である。しかも、短絡状態を継続していると、この電流値は第 5 図に定性的に示したように、時間と共に減少する。

(2) 供試ビニル電線(第 2 表)に過電流を流した結果導線の温度上昇は第 3 表に示すようになった。この結果と、乾電池の短絡電流およびその時間的減少を勘案して供試ビニル電線に乾電池の短絡電流が継続して流れても、その発火危険性はほとんどないとみなすことができる。またこれと関連してインターホンに使用されている PVC 電線に乾電池の短絡電流を流し続けても、参考文献(2)の実験結果等を参照して、導線の温度上昇が 30 deg をこえるおそれがなく、したがってポータブルロック内の酸素雰囲気中においても発火危険性がないと考えられる。

(3) タンク内部のコネクター部分およびコネクターから子機本体に至るまでのリード線の短絡火花によるビニル線への着火の危険性はほとんどないものと考えられる。したがって、回路の直列断線放電火花による着火危険性もないものとして取扱うことができる。

以上の結果から、インターホンによる発火ないし着火の危険性はほとんどないと判断して差支えないものと思われる。

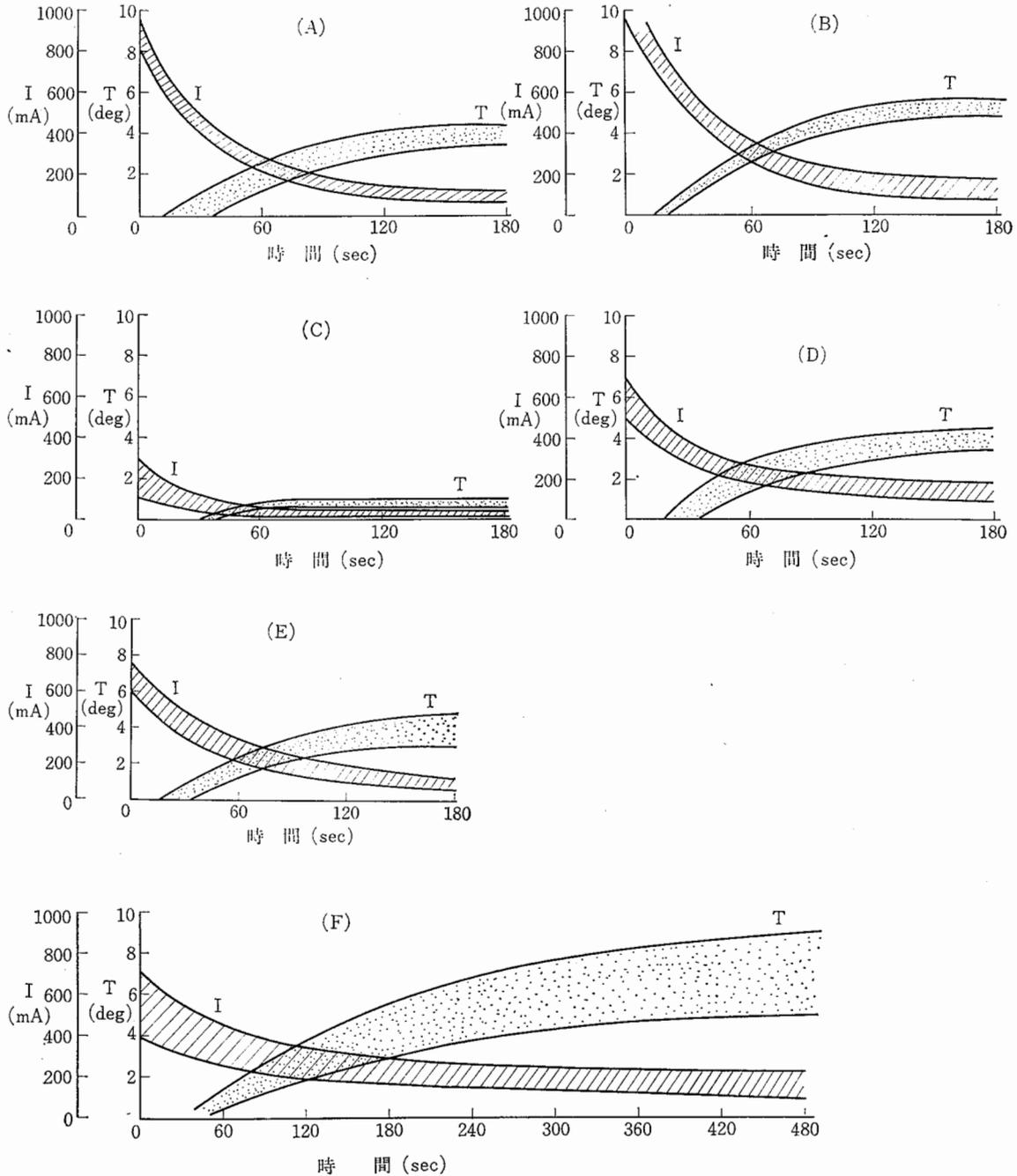
参 考 文 献

- (1) J.M.Kuchta, E.L.Litchfield & A.L.Furno: Flammability of Materials in Hyperbaric Atmospheres, U.S.Bureau of Mines, Reprt No. 4016 (1967)
- (2) 富沢, 今井: ビニル電線の温度上昇について(その一) 電試彙報, Vol. 32, No. 11 (昭 43)
- (3) J.Haig, H.C.Lister & R.L. Gordon: IEE Conference Report Series No. 3 (1962)

(昭和 45 年 3 月 30 日)

[付録 1] 乾電池 (9 V, 006 P 型) の短絡電流と温度上昇

(I=短絡電流, T=温度上昇)



[付録 2] 電線に定常電流を流した場合の
温度上昇の理論式

電線の長さ方向の熱勾配が無く、かつ電線の発熱による雰囲気温度上昇も無いものと仮定する。

毎秒、電線に供給される熱量を Q 、雰囲気に放熱される熱量を Q_i とすると、電線の温度上昇は $Q=Q_i$ となるまで続く。一般に放熱量 Q_i は、温度差、放熱面積、放熱時間に比例し、電線の表面状態 C (定数) にも関係し、つぎの等式が成立する。

$$Q_t = (\theta_t - \theta_c) 2\pi r l \cdot C \dots\dots\dots (i)$$

ここで θ_t : 電線の表面温度, θ_c : 雰囲気温度,
 r : 電線の半径, l : 電線の長さである.

いま, 単位時間当りの発生熱量を Q , 長さ l の電線の熱容量 A とすると,

$$A d\theta_t = (Q - Q_t) dt$$

$$= \{Q - (\theta_t - \theta_c) 2\pi r l C\} dt \dots\dots (ii)$$

初期条件として, $t=0$ にて $\theta_t = \theta_c$ とおいて (ii) 式を積分して解くと,

$$\theta_t = \theta_c + \frac{Q}{2\pi r l A C} (1 - e^{-2\pi r l C t}) \dots\dots (iii)$$

となる.

発熱による電線の表面に変化がないとすると C は一定とみなしてよいから, 温度上昇を T として (iii) 式を簡単な形で示すと, つぎのようになる.

$$T = \theta_t - \theta_c$$

$$= A_0 (1 - e^{-B_0 t}) \dots\dots\dots (iv)$$

A_0, B_0 を第7図実線をもとに求めると, 各電流ごとにつぎの温度上昇式が得られ, 第7図点線のような曲線になる.

$$I = 1.71 \text{ A} \dots\dots T = 37.4 \times (1 - e^{-0.0292t})$$

$$I = 3.75 \text{ A} \dots\dots T = 132 \times (1 - e^{-0.0521t})$$

$$I = 5.5 \text{ A} \dots\dots T = 252 \times (1 - e^{-0.0511t})$$

$$I = 7.65 \text{ A} \dots\dots T = 318 \times (1 - e^{-0.05t})$$

産業安全研究所技術資料 RIIS-TN-70-1

昭和 45 年 6 月 30 日 発行

発行所 / 労働省産業安全研究所

東京都北多摩郡清瀬町梅園 1 丁目 4 番 6 号

電 話 (0424) 91-4 5 1 2 番 (代)

印刷所 新日本印刷株式会社

郵便番号 180-04