

## 高圧室建造に関する諸問題

〔司会〕

東京大学 渡 辺 茂

川崎重工業	仁 瓶 廉 三	日立製作所	仁 科 稜 三
中村鉄工所	藤 田 峯 雄	東京大学	古 田 昭 一
田葉井製作所	粟 野 章 彦	名古屋大学	鷲 津 卓 爾
市河思誠堂	市 河 鴻 一	東京大学	井 筒 正 夫

渡辺 東大工学部の渡辺茂でございます。あと時間が僅かしかございませんので、お話ししていただく方が8人ですので1人3分ぐらいずつお話を伺いたと思います。なお時間がありましたら討論をと思っております。3分と申しますと180秒しかございませんので、箇条書きのお話ししか出来ませんかと思っておりますがよろしくご協力願いたく思います。と申します間にも時間が経ちますので、初めて実際に高圧室を建造されている maker 方々に3分ずつお願いしたいと思います。まず仁瓶さんどうぞ。

仁瓶 川崎重工の仁瓶でございます。OHP chamber の工学上の技術的条件と申しますとまず、圧力に対する耐圧力が充分であるということと、圧力保持の信頼性があるということ。次は Accident に対する安全性の問題です。

私は、造船部門の潜水艦とか深海調査艇といったものの設計修理をやっております、たまたま技術的条件が合致いたしましたので、OHP chamber を手掛けておりますが、まず压力容器と致しましては10気圧以上になりますと、高圧ガス取締り法の規制を受けます。しかし一般に使っております OHP chamber では絶対千気圧程度ですので労働省のボイラー及び圧力ガス使用規定の第2種压力容器ということになります。そこで、この程度の圧力ですと容量としてはそう心配したものではないようですが、まず型状につきまして圧力的に考えられますのは球でございます。球が1番軽く出来るわけです。ただし、これですと中の容積が非常に使いにくくなる。即ち容積効率が非常に悪いわけです。容積効率の面でゆきますと、断面が楕円でございますとか、あるいは Vickers のシステムの

ような変形も考えられるわけですが、断面が多少中から外れますと応力的に他の力がかかりまして総力的に不利になる。従って現在沢山使われています円筒という格好が一番工学的に良いということでもあります。この際注意しなければなりませんのは加圧減圧のくり返しといった cycle が強度に与える影響で、ということは急激に強さが変わるというような部分が沢山ございまして、疲労による総力的な弱点といった問題を生じます。もうひとつは減圧の時にどうしても温度が下がるので、特に急速減圧致しますと温度も急激に下がりますので、それに応じた材料を使用します。アルミニウムの場合はよろしいのですが、鉄でありましても普通の鉄でなしに、そういった温度変化に強い鋼材を使うことが必要かと思えます。

渡辺 ありがとうございます。続きまして藤田さん。

藤田 中村鉄工所の藤田でございます。高圧室建造の基本条件でございますが、まず正常の作業に充分な大きさを確保すること、2番目に室内環境の快適さと安全性、それにガスの供給方法、生体機能の管理と監視方法などであります。

まず形状の点ですが、円筒の横置型、及び縦型、球型などございます。それから扉の形状も円形、長方形などいろいろありますが、次に Medical lock も薬品、手術道具などを出し入れする為に必要なものです。

次にこれは私共の制作例でございますが、4段折りたたみ式の portable dock もございまして、これは酸素あるいは空気での加圧ができます。また生体の潜水実験用の特殊のものから、更に特殊の動物実験用では温度が0℃から60℃まで、圧力が0~20気圧まで変

化出来るものもります。室内の快適な環境でございますが、室内の温度の調節と、それに騒音の防止の為に消音器を付けます。外界から伝わってくる騒音や振動などは絶対に伝えないようにすること、室内の塗装には充分注意することなどで、3番目の安全性でございますが、これは耐圧はもちろん、火災の予防対策、火災発生時の対策、及び火災が発生した時の患者の防護策などでございます。私共の考えていますのは、まず火災が発生しますと、室内には酸素分圧の相当高い空気が入っていますのですぐ燃え易くなっておりますが、それには自動的に身体にかかる噴水装置があり、それから火災により発生する毒ガスには外気から呼吸用のマスクというふうと考えております。それから室内の酸素分圧が上昇しないように特殊酸素呼吸器を使いまして、呼吸した酸素は大気中に放出出来るようにします。室気の供給方法としては、コンプレッサー、熱交換器、空気清浄装置などを使用して行います。その他私のところでは特殊な装置を用いまして生体の諸現象を観察いたします。それから機械の操作は自動、手動の両方が出来るように致したいと思えます。

以上をもちまして、私共が作っております製品の紹介と、私共の心掛けております安全性、それに制御方法につき申し上げたわけです。

渡辺 どうも有難うございました。じゃ続きまして粟野さん。

粟野 田葉井製作所の粟野です。技術的問題を避けて現在私共が作っております高圧酸素手術室あるいは治療室についてお話致します。

まず型状については、先程に瓶さんからご指摘のありましたように、楕円にしますと重量とかコストの問題で不利はまぬがられないわけですが、居住性とか作業面積の増大ということを考えますと楕円断面の方がより有利であるという見解から、現在私共の作っておりますものは手術室についても、治療用の one man chamber についても楕円断面のものを採用しております。特に one man chamber のように加圧をポンペでおこないます場合には、酸素または空気の消費量が大きいということは非常な負担になりますので楕円球状にいたしますことにより大体40%くらい容積を減少させることができるのです。安全性の諸問題ですが、特に大きな chamber になりますと制御系が非常に複雑になります。そのひとつの問題としまして室内制御の場合には、電気制御の場合には停電という問題に対して非常電源とか、その非常電源を始動する間の瞬間的なタイムラグの問題などいろいろございますので、大型 chamber に対しては空気圧式の自動制御装

置を採用しております。また再圧用の小型 chamber の場合には多量のポンペが準備されておりますので、そのポンペの空気圧を利用して停電においても制御が不能にならないようにするという考え方を持っております。電気的なあるいは防災の問題、火災の場合の非常呼吸装置などは、大型の場合は全部考慮してございます。その他に chamber の酸素濃度と炭酸ガスの分圧をモニターするような装置を準備いたしました。特に酸素濃度の場合には、その濃度が増しても逆に減少しても危険でございますので、酸素濃度がある値を割った場合に非常警報を発するようなモニター装置を工夫いたしました。これにはふたつの方式がございますが、記録のためにも、記録計に連動させます関係で現在私共はポーラロ方式のものを酸素濃度の分析器として使っております。炭酸ガス濃度の方は、パーセントでは一寸まずいので、分圧の絶対値を必要とします関係で炭酸ガス濃度の分析には、遠赤外線分析装置を使い測定しました濃度比にさらに内圧をかけましたコンピューター装置をもうけまして、絶対分圧で記録指示するという方法をとっております。また一定濃度をこえるような場合には、非常警報を発するような設計もしてございます。また自動制御の問題で、加圧あるいは減少の際に、Operator が操作を誤りまして加圧速度を過大に上げすぎる、あるいは過大に下げすぎるという問題のために、加圧減圧速度の速度制御をやる装置も組み込んでおります。私共が現在考えておりますのは昇圧に対しても減圧に対しても毎分  $0.4 \text{ kg/cm}^2$  をこえないようにしておりますが、将来更に高気圧障害防止条例に決められておりますような最高の  $0.8 \text{ kg/cm}^2$  の値をとるかどうか検討しております。それともひとつの問題、減圧の過程であまりに大きな落差を与えますと中に居ります人に障害を与えますので、高気圧障害防止条例では大体  $0.3 \text{ kg/cm}^2$  の落差がとってございますが、その値をこえないように一度の減圧操作で  $0.3 \text{ 気圧}$  以上落ちないような安全ロック装置も採用しております。重複する点は避けまして特徴だけ述べさせていただきます。

渡辺 どうも有難うございました。だんだん時間が残り少なくなりますのでこれからの方は2分30秒くらいのおつもりで、市河さんどうぞ。(笑い)

市河 市河思誠堂の市河でございます。本日は、大変時間がありませんので最近私共で作っております小型 chamber の概略を簡単にお話して、最近試作を開始し現在中間工程にございます小児臨床用の高圧酸素室についてちょっとお話し上げます。

私共では現在1人用の chamber に重点をおいておりますが、これは two chamber 型式の minimam

size のもので、既設病院の地下室などに格納する為に一応真半分に切断しまして現場で溶接するというような特殊な case で、皆様ごらんになってかなり狭いように感じになるかと思いますが充分な space を確保してございます。次の小児臨床用高圧酸素室は現在中間工程にありますので、試作の構想を述べさせていただきます。

欧米における多くの infant chamber は殆んど酸素放出型で大量の酸素を常時流さなくてはならないため、患者の呼気中の CO<sub>2</sub> の問題、すなわち chamber 内の炭酸ガスの安全閾値の問題があります。最近のドイツのドレーガーとか英国ヴィッカーズなどが炭酸ガス呼吸装置を備えた閉鎖循環型の one man chamber を開発しておりますが、私共もこの方式を採用しております。次の CI 601 型と称しておりますものは、直径 45 cm、長さ 1 m 余りで円筒状の部分がレールを左右に移動して左の扉部分にドッキングするようになっておまして、扉はインターロック式のクラッチドアを採用しております。扉部分にはベッドが固定され自動温湿調節を含むすべてのコントロール・ユニットが集中されております。加圧源は酸素ポンプで最大 7 ATA、常用 4 ATA で chamber の両側面に直径 30 cm の強化ガラスの大型 view port、上部に 20 cm の採光窓がつけてあります。酸素放出型では毎分 60 l 流しましても CO<sub>2</sub> を 2 mmHg 以下には出来ませんが、閉鎖循環型では酸素流量に関係なく 1 mmHg 以下にすることが出来ると云われております。これには respirator のように酸素又は電動機を動力とするピストン方式も考えられますが、高圧と酸素という 2 条件のもとではヴェンチュリー装置による還流が一番有利であります。従ってこのこの回路にはヴェンチュリーを採用しております。CO<sub>2</sub> 吸収缶は切り返し方式のダブル方式と致しましてヴェンチュリー流量は加圧とは別個に流量を調節し、圧増加分の排気を調節する流量計も設けてあり、その排気をサンプリングして、O<sub>2</sub> と CO<sub>2</sub> のチェックが出来るようにしてあります。この濃度測定は、酸素は Beckman の O<sub>2</sub> analyzer、炭酸ガスは Beckman の medical Analyzer も使用出来ます。またポーラログラフ型式で持続的に測定することも出来ます。温湿度調節は温度計と連動して急速に自動冷却加温させるため、強力な密閉型冷凍器とヒーターにより水槽の水温調節をし、その水槽中に灌流ラインを水中部につけて熱交換を期待しております。モニターリングは扉部分に 20 回線が末広方式によって集中配線され、輸液目的のロック、コネクターも用意され加圧警告ランプが、加圧開始とそれから希望の圧力に到達した警告を両方いたすようになっております。

以上簡単ではありますが、infant chamber の説明をさせていただきます。

渡辺 どうも時間もなくて有難うございました。次に仁科さん。

仁科 日立製作所の仁科でございます。私は、それでは、まず maker で考えなければならない最も基本的な問題として、安全性の確保だけに限りましてお話し申し上げます。

まず火が出そうな、たとえば chamber の中に、動力を導入しなければならないような場合には、当然カバーされた密閉型のタイプを使用いたしますが、一般の防火基準にもとづいた電気器具以外に考えなくてはならない問題も出てまいります。たとえば再圧および増圧の induction motor、それから motor に必ずついております軸部分の油にもシリコン系のグリースを使うとか、いろんな方法を考えるわけでありまして、それから電線の相当数を導入しなければならないような場合は特殊なプラグを使用するなど考慮をはらうわけです。それからいったん火が起こつてしまえば、何らかの消火装置を使うわけですが、先程もございましたように加圧線のどんな圧力があっても、煙がふつとばせるような強力な ventilating system といったものも必要じゃないかと考えます。この問題だけでも非常にお金のかかる要素が多いわけですが、これらの点はやはり経済的な問題に優先して何らかの、最低こういうものを付けなければならないというような基準を作るべきじゃないかと思ひます。

以上です。

渡辺 どうも有難うございました。つづきまして、私共の研究室でもいろいろ救急用のを作ったりしておりますので、私共の井筒君にその要点を 1 分以内でお願いします。

井筒 私共は、外部より高圧酸素室内に手を入れることが可能か否か調べるための実験を行ないました。その結果、腕環状の空気パッキン 3 箇所を、パッキン圧 0.6 kg/cm<sup>2</sup> G ~ 1.2 kg/cm<sup>2</sup> G にして用いた場合圧力 1.2 kg/cm<sup>2</sup> G の室内に外部より直接手をそう入することができました。しかし、腕がパッキンにより圧迫され、血液の循環が悪くなり苦痛を伴うため、60 ~ 120 秒が限度でした。

つぎに軽量救急用高圧酸素室を試作しましたのでこれをご報告させていただきます。救急用として 1 人で運搬、操作することを条件として軽量化を主眼に設計しました。本体は合成ゴム引布を袋状としまして不必要時はおりたためるようにしました。まず、患者の出し入れを容易にし、また開閉も簡単な操作ですませるため、気密チャックを用いたものを試作しましたが、

耐圧試験の結果室内圧力  $0.9 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$  で破かいしてしまいました。つぎに試作したものは、患者の出し入れ口は、のぞきまど兼用のものとししました。大きさは直径  $50 \text{ cm}$ 、長さ  $200 \text{ cm}$  で本体は合成ゴム引布 2 枚合わせ、本体部重量  $32 \text{ kg}$  で常用圧力  $1 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$  で、のぞき窓兼用患者出し入れ口は厚さ  $10 \text{ mm}$  のアクリル樹脂を用いました。のぞき窓と本体との連結は、簡単な操作で行なえるようボルトナットの使用をさけ、□の字型の金具を使用いたしております。本日会場のロビーに展示しておりますのが本器でございます。

**渡辺** どうも研究室の暗いところで作りましたスライドであまりはっきりしなくて失礼しました。それでは鷺津先生。

**鷺津** 名大橋本外科の鷺津でございます。私共の教室では、今まで川崎重工さんをお願いしているいろいろの装置を作っていただきましたが、その間に私共 user 以外の立場から maker さんをお願いする。いわば条件といったものをまとめてみました。

加圧源につきましては、私共では一定の基準をおきまして、りれより小さいものにポンペを、大きいものには先程 maker の方がおっしゃいましたような圧縮空気を使っております。で、先程、田葉井製作所の方が申されたように加圧の最高圧力のようなものは加圧系全体を支配する大きな factor にならなしまして、それを speed をあげればあげる程、最高圧を上げれば上げる程規模が大きくなります。私共 user の立場から云いまして最高圧  $3.5 \sim 4.5$  絶対気圧としております。加圧速度につきましても、これもやはり増しますと規模が大きくなりますので、 $1 \text{ kg}$  につき大体 5 分程度とし、それ以上早くしない程度に止めております。その他、換気、減圧、温度調節、防音については先程各演者の方が話されましたので省略いたします。私共 user の立場からやはり特に maker の方をお願いしたいのは安全性についてですが、これも先程日立製作所の方をはじめいろいろおっしゃっておりますので省略させていただきます。

**渡辺** どうも有難うございました。最後に古田先生、もう時間もありませんがまとめをお願いします。

**古田** 私達タンクを使う側としまして只今各 maker

の方からいろいろ安全対策、新しいアイデアを伺いまして非常に安心してはいるんですが、ただ、私自身実験の時に実は、火災を、私が入っていたのではなくて犬が入っていたんですが火災をおこしまして、その燃えかたといいますかそれは実に瞬間的でございまして、実はスライドも持参しましたんですが、それを出しますと、あいつはもうあぶないというようなふうにとられると困ると思いますのでひかえますが、その燃えかたたるやすさまじいものでございました。話に聞きますと、火災の起った場合にはもう身体の中にも高濃度の酸素がありますから中から燃えるんだそうでございます。たとえ外からスプリンクラーで水をかけましても、それではおいつかないのではないか。そんな気が致します。それから火災の場合には恐らく内圧は 2~3 倍にはなると思いますから、そのタンクの許容限界をこえてあるいは爆発するかも知れないというようなおそれも無きにしもあらずだと思います。私達のは小さな chamber でしたが、その火災の時はコンクリートの床がえぐる程火を吹きました。そのために爆発しなくて済んだんだろうと思うんですが、そういうようなことがありまして、私、タンクの安全性ということは一番考えて頂きたいと思っております。これから大きくなりますと、我々医師もその中に入って治療しなけりゃならない立場になりますんで、医者というのは物事に熱中してしまうと、何もかも忘れてしまうと申しますから、makers 側からも充分念を入れてタンクを作ってくださいえとをお願いする次第でございます。

**渡辺** どうもありがとうございました。どうも司会の不手際も手伝いましてパネル・ディスカッションにならなかったんでございますが、非常に短時間でございましたけれども問題点はこれですべてお話になったんじゃないかと思えます。この資料をあとで整理していただくと、とても良いものが出来るんじゃないかと大変よろこんでおります。また、演者のかたには多くの準備をしていただきながら、本当に短時間をお願い致しまして失礼しました。時間も来たようですので私の司会も終らせていただきます。