

●原 著

高気圧治療の歴史を顧みて —その興亡に何を学ぶか—

榊原欣作*

大気圧よりも高い気圧との関わりは人類の起源とともに始まり、既に3000年を超える。また異常な気圧の医療への応用の着想も17世紀に端を発している。大気圧よりも低い気圧の治療は初期に逸早く姿を消したまま再び歴史の舞台上に登場することはなかったが、高い気圧の医療への応用は幾度もの紆余曲折を経て現代にいたった。高気圧治療300余年の歴史の最も顕著な特徴は、爆発的な熱狂と絶望的な破局とが余りにも鮮やかに交錯して、見事なまでに盛衰と興亡を繰返してきたことで、これは医学と医療の他の分野の歴史には例を見ない。

現代の高気圧酸素治療を再び絶望の淵に陥れないためには、確固たる科学的な基盤を築き、その臨床応用に些かたりとも誤りなきを期さなければならないが、そのためには過去の成功に教えられるところは極めて少ない。寧ろ先人の犯した悲惨な失敗の理由を適確に理解し、その原因を正當に把握することこそ不可欠である。

この見地から高気圧治療の歴史を顧みるとき、われわれが学ぶべき教訓は余りにも明白である。自然科学の広汎な領域にわたる基礎実験的な研究の累積によって確認された高い気圧および酸素の生理作用に関する正確な知見に基づいて行われるのであれば、臨床医療の如何なる分野においても、高気圧酸素治療は永遠に何等の評価も獲得することはできない。この分野に従事するすべての人々の肝に銘ずべき教訓である。

キーワード：潜鐘、酸素一両刃の剣、圧縮空気浴、砂上の楼閣、高気圧酸素加

The Historical Perspective of Hyperbaric Medicine: What Should We Learn from This Vicissitudinous Chronicle?

Kinsaku Sakakibara, M.D., Ph.D.

Honorary Professor, University of Nagoya.
The Chairman of the Board of Directors,
the Japanese Society for Hyperbaric Medicine.

A brief history of hyperbaric medicine was summarized. It seems the most prominent feature of the history of the medical application of hyperbaric environment that the enthusiastic expectation and miserable despair have been repeated each other just as a spectacular during last more than three hundred years.

Our scientific interest makes it important that the reasons for the desperate failures in the past should be understood so that our clinical activ-

ities may be reinforced and the methods of this treatment placed on a sound scientific and clinical basis.

The most informative lesson of the history of hyperbaric therapy is obviously clear-cut. Only when this therapeutic means would be employed on a firm basis of accurate physiological data on the effects of pressure and oxygen accumulated and confirmed by fundamental experiments in various fields of natural science, hyperbaric oxygen therapy will be able to achieve a worthwhile and lasting place in the wide-spread areas of the clinical medicine. (author's abstract.)

Keywords :

diving bell
oxygen — a double-edged sword
compressed-air bath
a castle built on the sand
hyperbaric oxygenation

*名古屋大学名誉教授

日本高気圧環境医学会理事長

はじめに

いかなる科学技術も一朝一夕に忽然と成立したものはない。凡ゆる科学技術は、関連する広汎な分野で嘗々と積み重ねられてきた多年の成果を礎石として、その上に更に幾星霜を重ねて築き上げられたものである。高気圧酸素治療も例外ではない。1960年代初頭のオランダに突如、彗星の如く出現した高気圧酸素治療も、実は異常な気圧を利用する治療の300年の歴史の必然の帰結として現代医療の中に蘇ったものであった。

“温故而知新”の古諺を引用するまでもなく、先人が辿った足跡は、そのまま後進に対する教訓である。300年を超える高気圧治療の歴史にも数多くの貴重な教訓が残されている。異常な気圧を利用した治療の歴史の中から重要な史実の幾つかを点描し、それらを綴り合わせることによって、われわれが学ぶべき教訓を求めてみたい。

高気圧治療の夜明け前

大気圧よりも高い気圧を人類が初めて経験して

から恐らく3000年以上を経過したものと思われる。高い気圧に人を曝露しようとした最初の着想は紀元前4世紀、漁夫を潜水させるための器具として『大きな鍋を水中に沈めても鍋の中の空気はなくなり、その中で人は呼吸できる』と記載したAristotelesの釣鐘状のdiving bell(潜鐘)の着想²⁾に始まる。マケドニアのAlexander大王は早速この着想を利用して、古代フェニキア(現レバノン)の都市チルを攻撃したときdiving bellを使ったという¹⁹⁾。しかしdiving bellが汎用されるようになったのは遙かに後の16世紀以降のことで、例えばネミ湖に沈没していた悪名高いローマ皇帝Caligulaの帆船を1531年に引揚げるときにdiving bellが使用され、1時間も水中に滞在できたという記録²⁵⁾や、1538年にはロープで吊り下げた巨大なdiving bellで二人のギリシャ人がスペイン中部のタホ川(テージョ川)の川底まで潜水し、潜水中もdiving bellの中の蠟燭の火は消えず、これを時のスペインの王Charles V世が見物したなどの記録が残されているという²⁵⁾。この記録に蠟燭の火が消えなかったと記載されていた事実は、

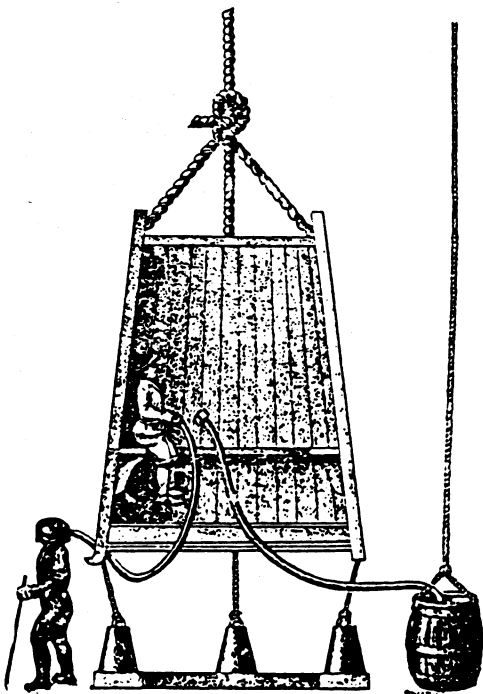


図1 Halley (1690) の diving bell¹⁸⁾

天井の直径6ft, 底部の直径10ftの木材で作られた本体は、外側を厚い鉛板で被覆して漏水を防止し、自重だけで垂直に沈降するよう重量を均衡させた。また各1cwt (50.8kg)の錘をつけた3本のロープで基盤を吊下げて水中での動揺を防止した。天井には強靱で透明なガラス板を嵌め込み、水面から射し込む光を内部の照明に利用した。またbellの上部、天井近くには内部の汚染した空気を排気するための活栓も取付けられていた。

右側の樽は本体と同様、鉛板で覆われて垂直に沈む。樽の天板には革製のホースを取付け、底板には孔が穿たれていて、水中では底板の孔から樽の内部に水が入るが、ホースの先端は樽の底よりも下方に垂れ下がるので、樽の中の空気は外部には洩れず圧縮される。樽が水底に達してからホースの先端をbell内に取込めば、樽内の圧力によって新鮮な空気がbell内に補給される。2個の樽を交互に昇降させて空気補給を継続し、bell内での長時間の滞在を可能にした。左側には頭部から肩までを覆う補助用のdiving bellを装着した潜水夫が描かれている。水中の行動範囲を拡大するための着想であろうが、実際に使用できたか否かは疑わしい。

すでに当時の人々が密閉環境では火は燃え続けず、やがて消えてしまうことを知っていた証拠で、しかも蠟燭の火が消えると生命にも危険の及ぶことを経験的に知っていたのではないかと推測されるが、これらが高い気圧を体験した人類の最初の記録であろう。

図1は、これらの記録から更に150年後の1690年、ハリー彗星の発見者で、当時、英国王立協会の長官であった Halley が製作した diving bell である。これを使用して Halley らは5人一緒に18~20mの水中に90分も安全に滞在することに成功した¹⁸⁾。diving bell の右側に描かれている樽を利用した新鮮空気の補給が成功の最大の要因であったことは疑う余地がない。当時、すでに二酸化炭素は Helmont (1577-1644) によって発見されていたが、gas sylvestra (木気精) と命名されたことに示されるように植物学での知見に過ぎなかった。酸素の発見は更に約80年後の1770年代のことで、この時期、それらの生理的意義など知られている筈もない。それにもかかわらず空気補給法が考案された事実は、密閉空間で換気を行わなければ生物が死亡の危機に陥ることを経験的に知っていたためであろう。多年の経験に培われた人類の叡智が、その時代の科学の水準を遙かに超える場合のあることを如実に示す好個の例である。

一方、医療への応用は今を遡ること330余年前の1662年、気圧の変動が消化や呼吸を助け、痰の咯出も容易になるので肺疾患に効果があると考えた英国の内科医 Henshaw が最初である。Henshaw の装置には2個の大きなオルガン用の鞆(ふいご)が取付けられ、空気の濃縮(加圧)も希薄化(減圧)も可能な構造で、急性疾患には高い気圧で、慢性疾患には低い気圧で治療を行ったという²⁵⁾。欧州の医学が物理医学派と化学医学派の熾烈な論争に明け暮れていた17世紀の英国で、ひとり超然として臨床的な観察に全力を傾け、病気を急性と慢性に区分して自然の治癒力を重視し、“英国の Hippocrates” と呼ばれた同時代の医聖 Sydenham (1624-1689) の疾病観⁴⁶⁾と、Henshaw の治療には一脈相通じるものがあるように思われる。

しかしその後約200年、異常な気圧の医療には全く関心が払われなかった。例えば1782年、オランダのハーレムの科学アカデミーが高い圧力の医学の研究を育成するため研究装置の設計の懸賞募集

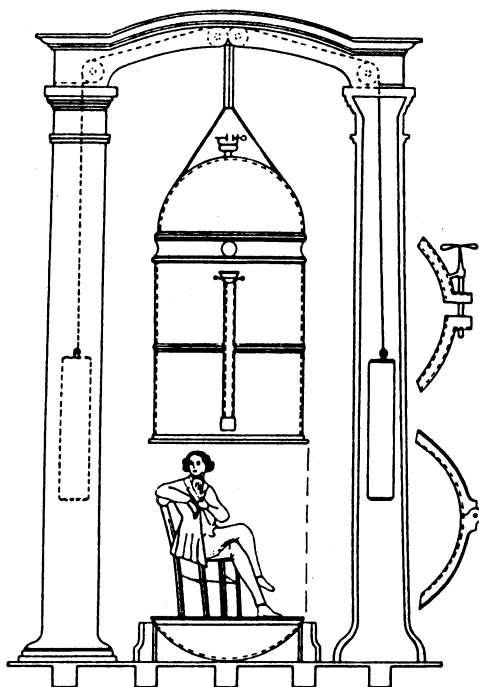


図2 Junod (1834) の高・低気圧両用の治療装置²²⁾
従来は Junod の装置の図は残っていないとされていたが、この図は日付のない Junod の論文に掲載され、英国空軍軍医 Fryer が駐在武官として米国滞在中にハーバード大学図書館で発見した。diving bell の影響を強く残す装置である。

を始め、3年毎に4回も募集を繰返したが、遂に応募者は一人も現れなかったというエピソードも残っている²⁵⁾。この200年後、同じオランダに現代高気圧治療が始まった事実は、歴史の皮肉な符合というべきであろう。

また1772年から1774年の間にスウェーデンの Scheele と英国の Priestley が殆ど同時に酸素を発見した。これも高気圧治療の歴史の重要な一頁である。Priestley は

『この純粋な空気(酸素)中では蠟燭の炎が大きく、強くなることからみて、ある種類の肺疾患には薬になるかも知れないが、酸素の中で蠟燭が瞬間に燃え尽きてしまうように、酸素によって人間の寿命も早く燃え尽きてしまうかも知れず、健康な人々には有害かも知れない。』と発見直後の1775年、遙か後世の医療における酸

素の重要性だけでなく、その毒性についても予見した²⁵⁾。また燃焼の本態が酸化で、呼吸が本質的には燃焼と同一の現象であることを発見し、更に質量保存則を確立した有名な化学者でありながら、ルイ王朝の徴税請負人であった前歴を問われて哀れにもフランス革命の直後に断頭台の露と消えた Lavoisier も、 Priestley の予言の僅か10年後の 1785年、

『酸素が欠乏すれば殆ど即死するが、過剰な酸素は重篤な病を惹起する。酸素は生物を繁栄もさせるが、破滅の淵にも追いやる両刃の剣だ。』と喝破している²⁸⁾。鋭く透徹した先賢の洞察力には驚嘆のほかない。

フランスに始まった最初のブーム

大気圧よりも高い気圧または低い気圧を治療に利用する最初のブームはパリの Junod, リヨンの Pravaz とモンペリエの Tabarié の三人の内科医によって、1830年代のフランスで演出されたものであった。Junod (1834) は高い気圧中で皮下静脈が細くなる現象を見出して、これは血液が静脈から動脈に移行するための現象で、高い気圧は内臓の循環を増加させることができ、気圧を上昇させたときの快い感覚は脳循環の増加によると考え、直径約130cmの銅製の釣鐘型の装置(図2)²²⁾を作製して、主として大気圧より0.5気圧ほど高い気圧で治療を行った²⁷⁾。Pravaz (1837) の装置は当時では最大で12名の患者を同時に収容できた。Pravazはこの治療を“圧縮空気浴”と考え、高い気圧によって気管支が拡張されるので肺結核や気管支炎、百日咳、慢性喉頭炎、胸郭変形や佝僂病などに有効と考え³¹⁾、典型的な症例として

『頻回の咯血で非常に衰弱し、しかも時には10日も続く月経時の大量出血の都度、更に悪化を繰り返していた若い女性が、約1ヵ月の連日の圧縮空気浴によって、出血が減少して月経も正常化し、消化機能も著明に改善されて体力も回復した。』

と記載し²⁵⁾、Tabarié (1838) も呼吸器病患者48例に効果があったと記述している³⁵⁾。

これらの記録は、18世紀末の英国に始まった産業革命が欧州大陸にも波及して、都市に人口が集中した結果、猛威を奮い始めた肺結核が19世紀末まで圧縮空気治療の主要な対象であったことを示

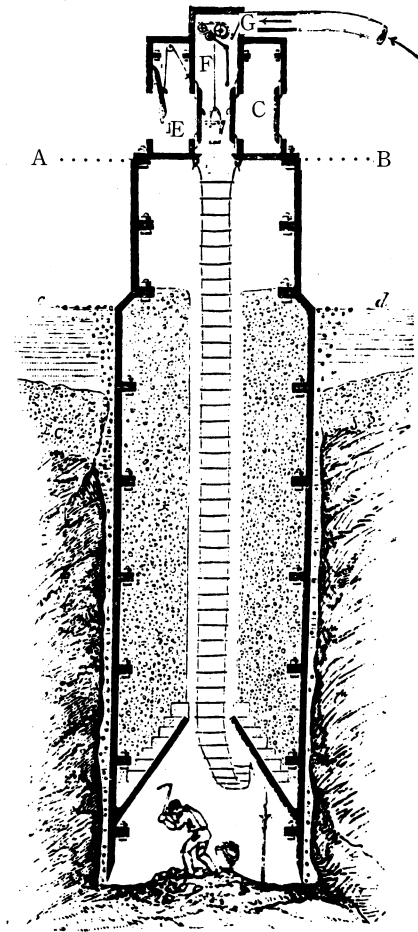


図3 Foley (1861) の潜函⁴⁾

Bert の著書に掲載されている1800年代中期の潜函である。1861年、パリ近郊のアルジャントゥイーユでセーヌ川の架橋工事に使用された。圧縮空気の製造法についての記載はなく、水力を利用した可能性も否定できないが、Watt が蒸気機関の改良に成功したのは1765年で、蒸気機関の製造工場も1774年には設立されていたことからみて、圧縮空気製造の動力には蒸気機関が使用されたと推定される。

作業員は最上部の気間室のEに入って扉を閉じ、弁の操作によって大気圧のEをFと均圧させてFに移り、梯子で作業室に降りる。作業が終わればFからCに移り、Cの気圧を大気圧に減圧して外部に出る。気間室の扉は気密を容易に得るため内開きである。

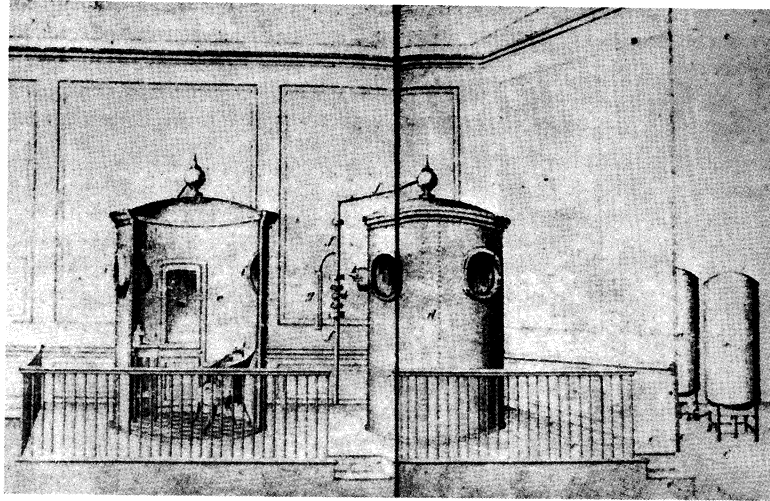


図4 Bertin (1855) の圧縮空気治療装置⁵⁾

ヨーロッパで二番目に古い医学校が設立された南仏モンペリエに建造された。右は装置の外形、左は内部の構造で、压力容器の基本概念がすでに確立されていたことを示している。フランス国内やヨーロッパ全域は勿論、地中海沿岸の地の利を得てアメリカ大陸からも患者が集まった。

している。結核が伝染病であることは1865年、Villeminが証明し、結核菌も Koch によって1882年に発見された⁴⁶⁾が、それまで長い間、肺結核が慢性的な栄養障害と考えられてきたことに加えて有力な治療法がなかった時代背景の中で、高い気圧の治療は温泉療法と、また低い気圧の治療は高原への転地療養と同様の効果が期待されていたのである。

圧縮空気治療のブームの最中のフランスで、この時期に圧気工法の着想が生まれたことは偶然の一致とは考えられない。フランスのメヌ・ロアール地方に豊富な石炭の炭層があることは古くから知られていたが、ロアール川からの湧水に妨げられて採掘できなかった。1841年、Trigerは坑道に圧縮空気を送入して湧水を阻止する方法を発明し、安全な採掘が初めて可能になった。Trigerの記録³⁷⁾には加圧する過程の耳痛、蠟燭の燃焼の加速、3気圧では口笛が鳴らず声も奇妙な鼻音に変わり、梯子に登るときの呼吸促迫が大気圧に比して軽減することなどのほか、1845年には7時間の作業後、大気圧に戻った直後に腕や膝に激痛を訴えた史上最初の減圧病患者も記載している³⁸⁾。英国のHughesは1851年、Trigerの圧気工法を転用

して橋脚工事の潜函工法に世界で初めて導入した⁴⁾。図3は、その10年後の1861年、パリ郊外のセーヌ川の架橋工事にFoleyが使用した潜函である⁴⁾。躯体の鑄鉄製円筒の最下部には円錐形の屋根を設けて作業室の空間を確保し、躯体上端にはE、FおよびCの3室構造の気閘室(ロック)を搭載した。気閘室中央のFを通じて送気管Gから送入される圧縮空気によって躯体内部が加圧され、躯体底部の水は外部に排出されて掘削作業が可能になる。躯体の中心部をシャフトとして利用し、作業室への通路として梯子を吊し、またFの天井の滑車を掛けた桶を昇降させて掘り出した土砂を外部に搬出する。躯体内部にはシャフトの空間を残して石材を充填する。掘削の進行とともに躯体は躯体自体の重量と石材の重量によって沈下するので、鑄鉄製円筒を次々に積み重ねてボルトで締結する。必要な深さに達して掘削が終われば作業室とシャフトにも石材を充填して、これをそのまま橋脚として使用する。すでに130年前、潜函の基本構造が完成されていたことは驚くべき事実で、その後の炭鉱や鉱山の坑道掘削あるいは鉄道のトンネル掘削工事、架橋や港湾整備工事などにTrigerの発明は大きな威力を発揮するようにな

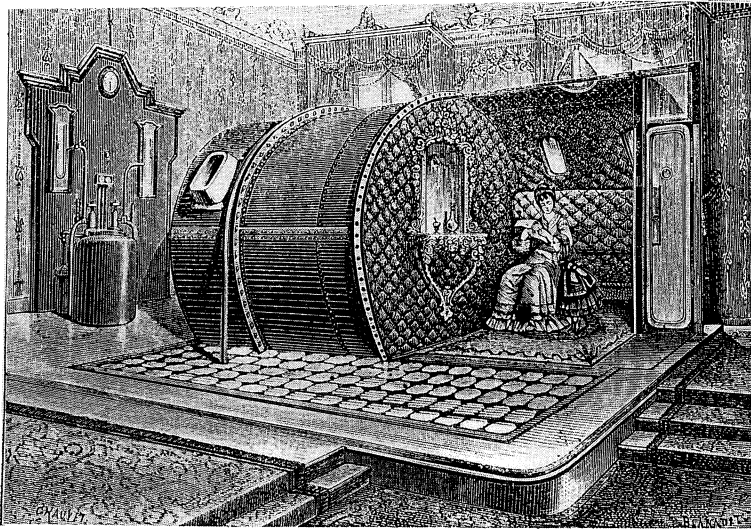


図5 Forlanini (1875) の圧縮空気治療装置²¹⁾

装置には外装にも内装にも豪華なロココ風の装飾が施されている。装置内部は2室に区分され、左半は装置の外観を、婦人が描かれた装置の右側は内部の状況を示している。

った。しかし半面、科学技術の進歩には必ず大きな犠牲を伴うことを常とする。圧気工法や潜函工法も例外ではなかった。悲惨な減圧症患者が多発し、死亡事故も相次ぐようになったが、その対策の確立には次の世紀まで試行錯誤の長い年月が必要であった。

ヨーロッパ全域からアメリカへも拡大

図4は1850年代に Tabarié の後継者となったモンペリエの Bertin の装置で⁵⁾、彼の許にはフランス国内は勿論、欧州全域やアメリカ大陸からも患者が集まった。1880年代には圧縮空気治療は全欧州に拡大し、主要な都市の殆どに圧縮空気治療装置が設置された。メキシコ旅行の経験から高山病に興味をもったパリの Jourdanet は、1862年から大気圧よりも低い気圧で主として肺結核の治療を行った²⁶⁾。Jourdanet は後に“気圧生理学の父”と呼ばれた Paul Bert に研究費を提供した人としても知られている。ドイツでは Lazarus がベルリンのユダヤ病院に高・低圧両用の装置を建造した²⁹⁾。von Liebig はミュンヘン近郊のライヘンハールで当時としては異色の心臓病患者の圧縮空気治療を行った³⁰⁾。

イタリアでは Forlanini が1875年、ミラノの空気治療研究所に豪華な装置(図5)を建造した²¹⁾。Forlanini は20世紀前半まで肺結核の治療法として広く行われた人工気胸術の創始者であるが、人工気胸術の考案は、この装置を建造してから17年後の1892年とされている。肺結核患者の圧縮空気治療中、誘導気管支に弁性狭窄を有する空洞が破綻して発生した自然気胸によって、ある場合には急性心肺不全に陥り、あるいは膿胸を併発するなどして不幸な転帰をとった患者もあったであろうが、またある場合には僥倖にも肺虚脱による空洞の閉鎖を招来して咯血を抑制することができた予期もせぬ経験が、画期的な人工気胸術の着想を生んだのではなかったかと考えるのは臆測に過ぎるであろうか。少くとも空気を治療に使用するアイデアには共通点を感じられる。

1879年、パリの外科医 Fontaine は10~12名を収容できる移動型の高気圧手術装置(図6)を考案した。空気の圧縮は人力によったことが図から窺われる。彼はこの装置によって、今も手術用止血鉗子に名を残す外科医 Pean (1830-1898) の応援を受け、3ヶ月間に27例の手術に成功した。この成功に力を得て300名の見学者を収容する円形

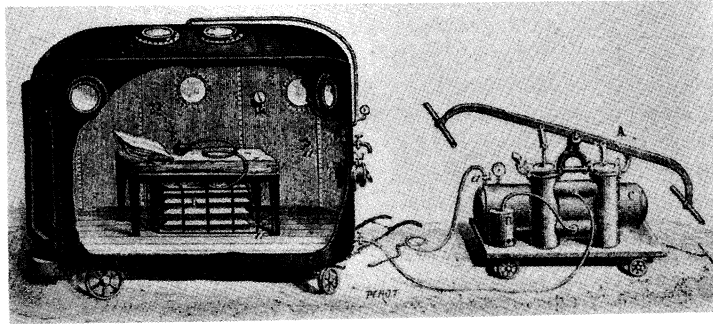


図6 Fontaine (1879) の高気圧手術装置²⁰⁾

右は手動式の空気圧縮機。高気圧手術装置自体が移動式のため、空気圧縮機の動力も人力に依存したと思われる。装置内部の手術台上には吸入麻酔用のマスクが、手術台下部には麻酔に使用した笑気ガス容器が描かれている。

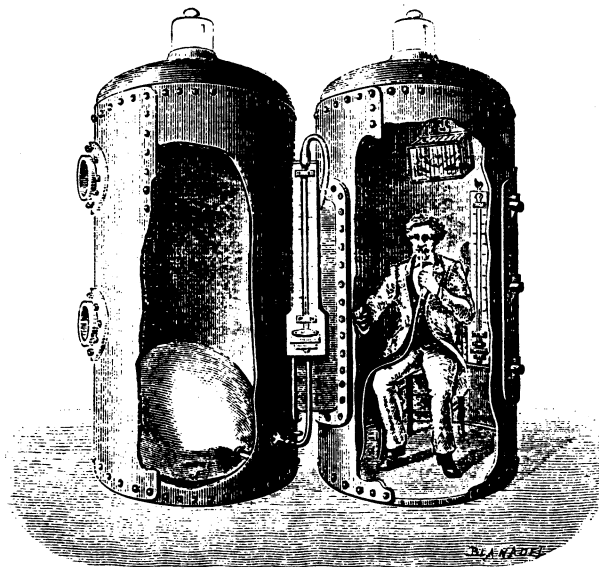


図7 Paul Bert (1878) の高・低気圧両用の実験装置⁴⁾

二連の装置は鉄製で、内部の扉で連結されている。装置内の人物は Bert 自身で、1874年2月20日、気圧の低下によって発生する症状に対する高濃度酸素吸入の効果を検討した実験の光景と説明されている。Bert の頭上には、低気圧に対する動物の耐性を観察するために雀を入れた鳥籠が描かれ、左側の装置の底部には高濃度の酸素を含有する空気嚢が描かれている。

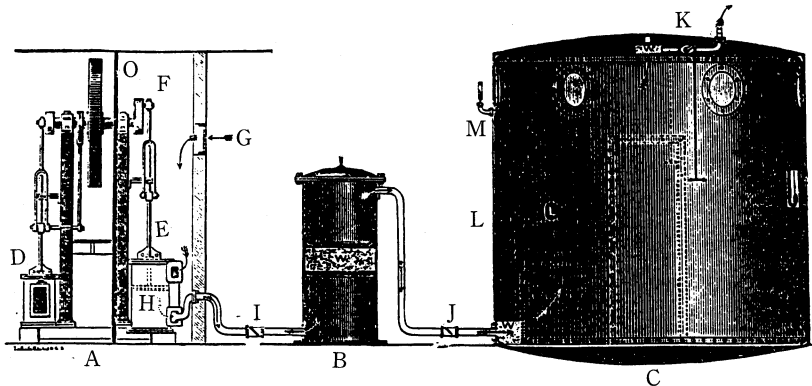


図8 ブロンプトン肺結核病院（1885）の圧縮空気治療装置³⁹⁾

蒸気機関が実用化されて約100年後、英国ブロンプトンの肺結核病院に建造された。蒸気を動力として左側のピストンHで圧縮した空気を、中央の貯気タンクBから右の治療装置Cに送入する。蒸気機関による空気圧縮機構は、当時、すでに完成の域に達していたことが示されている。

の階段教室風の巨大な手術室の建設も計画されたが、Fontaineが事故で急死したため、この壮大な計画は実現しなかった。しかし高い気圧では笑気麻酔からの覚醒が迅速でチアノーゼや無呼吸が発生せず、覚醒後の興奮や嘔吐も非常に少なく、嵌頓ヘルニアも容易に還納でき、喘息、肺気腫、慢性気管支炎や貧血の症例にも安全で好結果が得られたとするFontaineの知見²⁰⁾は、高気圧治療を単なる温泉療法や転地療養の変形と考えていた当時において、大気圧の場合に比して笑気の麻酔効果を増強させることができ、絞扼腸管内のガス圧縮にも有用であることを指摘するなど、より科学的に高い気圧の物理作用に着目した点で異色の光彩を放っている。

図7はPaul Bertの鉄製の研究用装置である⁴⁾。前記したようにBertは後に“気圧生理学の父”と呼ばれた1800年代のフランスの生理学者で、親友Jourdanetの物心両面の援助を受けて低い気圧と高い気圧の生理学について膨大な研究を行い、高山病の発症機序を解明するとともに、高い気圧の空気が微生物による腐敗を遅延させ、圧縮酸素に殺菌性があることを実証した。また血液の酸素含量が30vol%を超えると、これはほぼ4絶対気圧の酸素吸入時に匹敵するが、動物に激しい痙攣が必発することを記載して高分圧酸素の中樞

神経系に対する毒性を初めて指摘した。なお急激な減圧に伴って発生する麻痺から死亡にいたる一連の症状は、血液中に遊離、出現する気泡を原因とし、この気泡が窒素であることも確認して、いわゆる減圧症の本態も解明した。Bertは膨大な研究の集大成としてLa pression barométrique; recherches de physiologie expérimentale (気圧：実験生理学的研究：註、著者訳)と題する1178頁の浩瀚な著述⁴⁾を1878年に上梓した。これは現代高所・航空生理学および潜水生理学の端緒を開いた偉大な業績であったが、先覚者の悲哀といふべきか、刊行の当初は殆ど評価されることもなく忘れ去られてしまっていた。半世紀の後、第一次世界大戦の経験から航空生理の重要性が認識されるようになって、その真価は漸く明らかになったのである。

また図8は英国のブロンプトンの肺結核病院の装置で、空気圧縮機の動力には蒸気機関が使用された。Williamsは1885年、この装置を記載した論文³⁹⁾で肺結核や肋膜炎患者の治療経験を要約して

『空気を薬に使うことができる単純性、何時でも治療できる利便性、症例に対応して最適に調節できる精密性などからみて、圧縮空気治療は治療医学における最近の最も重要な進歩だ。』

と述べ、この時期の英国での関心の急速な高まり

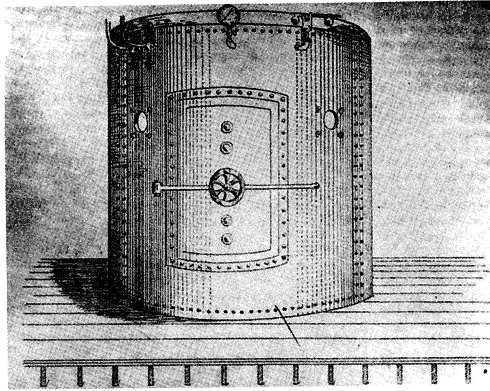


図9 a Corning (1891) の圧縮空気治療装置¹⁵⁾

患者を収容する装置本体で、診察室に設置されていた。

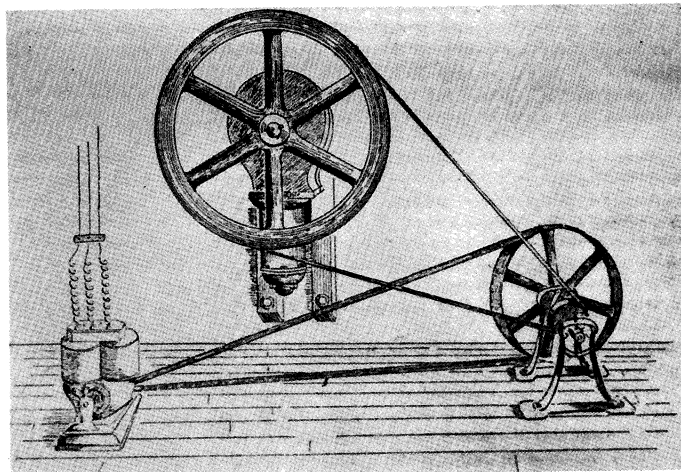


図9 b Corning (1891) の圧縮空気治療装置の機械室¹⁵⁾

空気圧縮機の動力として電気モータを使用した世界初の装置である。電動機の原理は1821年、Faradayによって実証されていたが、実用化は遅く1873年、Grammeらが直流電動機を考案したことに始まる。米国では1882年頃から交流配電網が整備され始め、この社会基盤整備の背景の中で1888年、Teslaが交流誘導電動機を発明した。僅か3年後に逸早く医用機器にも導入されていた事実は、医用機器が周辺科学技術の進歩を貪欲なまでに吸収してきたことを示している。

機械室は騒音を遮蔽するため地下のワインセラーに設けられていた。左側3本の電線に接続された3相交流、1馬力のモータの回転を2段のプーリーで減速した後、その奥中央の往復型の空気圧縮機に伝達する。

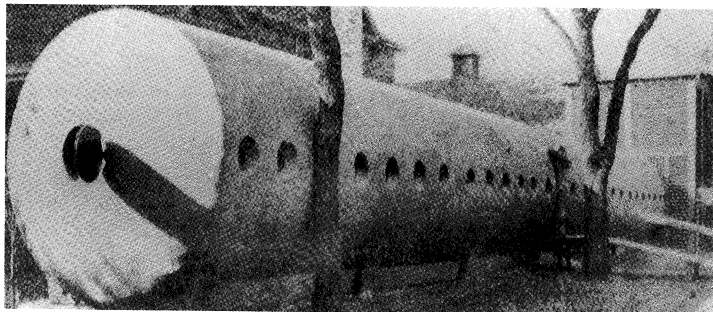


図10 Cunningham (1920) がカンサスシティに建造した圧縮空気治療装置¹⁰⁾
直径約3m, 長さ約27mの横置円筒型の大型装置。内部はトイレ, 浴室,
電話, ピアノなどを完備した個室が設けられていた。

を窺わせている。

欧州のブームは忽ちアメリカ大陸にも波及した。1860年, 北米大陸最初の圧縮空気治療装置がカナダのアシャワに, 次いで米国ニューヨーク州ロチェスターにも建造された²⁵⁾。

1891年には脊椎麻酔の創始者 Corning もニューヨーク市に装置 (図9 a) を建造した。動力に電気モータを使用した世界最初の装置である (図9 b)。彼は脊髄の病的過敏による疼痛にアンチピリンと併用した圧縮空気治療が奏効した症例, 少量の臭化カリウムと併用して神経性頭痛が急速に改善された症例, 酒に強い青年が高い気圧中での僅かなウィスキーによって著明な酩酊に陥った経験, 重症の鬱病が少量のアブサンとブランデー投与後の圧縮空気治療で改善された症例などを列挙している¹⁵⁾が, 現時点からみれば, これらは圧縮空気の呼吸によって発生した窒素酩酊の症状が, 鎮痛剤やアルコールの作用を一過性に増強した現象を治療の効果と誤認したものと思われる。脊椎麻酔の創始者として有名な Corning でさえ, このような錯覚に陥ったことにも示されるように, 科学的な根拠を欠如した圧縮空気治療が疾患の治療に全く無力であったことは当然で, 19世紀末までには急速に衰微してしまった。

鋼鉄製の砂上の楼閣

圧縮空気治療が顧みられなくなった米国で, Cunningham は1918年からカンサス大学で圧縮空気治療を開始した。彼は糖尿病, 梅毒, 悪性貧

血, リウマチあるいは癌などはすべて嫌気性菌の感染を原因とし, 圧縮空気呼吸によって生体組織の酸素含量を増加すれば, これらを治癒させることができると考えていたのである。1920年にカンサス大学を去った彼はミズーリ州カンサスシティに円筒型の大型治療装置を建造した。図10は1921年3月5日のサタデーイブニングポスト紙上に華々しく掲載された写真である¹⁰⁾。

Cunningham は二つの事件によってアメリカ全土に知られるようになった。最初の事件は1926年に始まった。彼の治療を非難する患者の苦情や, 彼の治療を不審に思った医師たちの質問の投書が続々と寄せられるようになったため, 米国医師会は彼の治療に重大な疑惑を抱くようになり, 1926年から治療の医学的根拠や成績, 巨額の治療費の内訳などの詳細な報告を繰返して要求したが, Cunningham は1927年に具体的な成績などの全くない随筆のような短い一篇の論文¹⁷⁾を発表しただけで, 医師会の要求を完全に黙殺してしまった。当時の米国医師会雑誌は憤激も露わに, この事件の顛末を大々的に掲載している¹³⁾。

二つ目の事件は, Cunningham の治療を盲信してしまった糖尿病の患者が, 自分と同郷のローラベアリング会社の社長で富豪の Timken を説得して, Cunningham のために圧縮空気治療の専門病院の建設に出資させたことから始まった。Timken はオハイオ州クリーブランドに16万5千ドルの土地を購入し, 100万ドル以上の建築費も出資した。

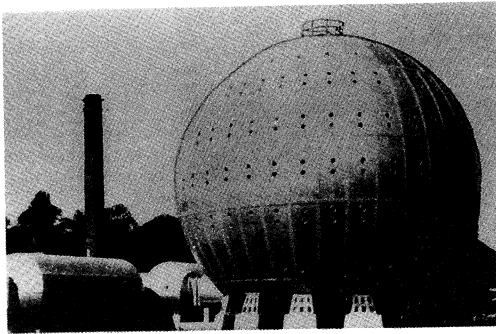


図11 Cunningham (1928) がクリーブランドに建設した圧縮空気治療ビルディング²⁵⁾

直径約20mの球形の圧縮空気治療ビルディングの内部は5階建てで、中央に階段とエレベータ、1階は回転バルコニーの食堂、2階から4階までが各階12室の個室の病棟で、5階は展望娯楽室であった。左下には図10と同様の横置円筒型の装置がみられる。

1928年12月に開院したこの病院には、患者12名ずつを収容でき、図10と類似した豪華な設備をもった円筒型装置2基のほか、直径約20mの球形の巨大な鋼鉄製圧縮空気治療ビルディングも建造されて人々を驚かせた(図11)。内部に食堂やエレベータ、娯楽室まで設置して、しかも患者が生活している病棟の全体を加圧する方式は、高気圧治療の長い歴史の中でもCunninghamのほかには例を見ないが、その異様な外観は物見高い人々の好奇心を煽り立ててフットボールを連想させたらしく、早速“ボール病院”と綽名されるようになった。これらは2.8絶対気圧まで加圧できたが、通常は1.7～2絶対気圧程度に、しかも1日のうち数時間だけ加圧されたに過ぎなかった¹⁰⁾。

この病院は、これだけでも十分にユニークな話題を提供したが、その後もまさに波瀾万丈の運命を辿った。止まるところを知らない医学界の非難と、治療が無効だった患者からの相次ぐ損害賠償請求の訴訟に経営の意欲を失ったTimkenは、開院僅か7年後の1935年に病院を売却してしまった。院長のCunninghamは退職しなければならなくなり、2年後の1937年、失意のうちに57歳で世を去った。

この病院は更に直ぐ次々に転売され、1936年には圧縮空気治療を完全に中止して労働災害の病院

として再発足したが、1940年には経営が悪化して閉鎖され、病院は無人のまま放置されることになった。折しも第二次世界大戦の戦火が欧州で拡大し始め、クリーブランド商業会議所はこの施設を軍のパイロット訓練施設に転用しようと連邦政府に陳情を重ねたが、結局これも実現せず、100万ドル以上を要して建造された装置も遂に1942年、僅か2万5千ドルで売却されてしまった。解体された装置の1000トンの屑鉄は兵器に再生されて戦場に送られ、文字通り鉄壁を誇った“砂上の楼閣”は脆くも崩れ去ってしまったのであった¹⁰⁾。

このエピソードは、如何なる医療行為も、それが確固たる科学的な根拠をもたないかぎり、必ず早晚、破滅への哀れな末路を辿らなければならないことを教える象徴的な教訓である。

現代高気圧治療の曙

Cunninghamが破滅への急坂を転落していた1932年、米国海軍の若い軍医で、後に“潜水医学の父”といわれたBehnkeはハーバード大学の高気圧実験装置³⁰⁾で潜水生理学の研究を始めていた¹⁾。Behnkeは科学的な高気圧治療の可能性を示した最初の研究者で、1937年以降、高い気圧での酸素吸入が治療として有用であることを示唆する先駆者的な論文も発表している²⁾⁴⁰⁾。またこれらとは別に、人工呼吸器もなかった18世紀から、肺炎などの重症低酸素症の最後の救命手段として酸素の静脈内注入が試みられていた⁹⁾¹⁹⁾²³⁾が、少量でないかぎり肺塞栓から右心不全を惹起して実用には到らなかった。しかし1935年、2絶対気圧の環境で大量の酸素を静脈内に注入したネコが肺塞栓に陥らずに生存し、また4絶対気圧で純窒素を吸入させているイヌが静脈内への酸素注入だけで16分も生存したとロンドンのSinghが報告³²⁾した。更にSinghらは1940年には6例の肺炎患者に静脈内酸素注入を行って1例を完全に救命した³³⁾が、これらは当時、余り注目を集めることもなく高気圧治療は再び歴史から姿を消してしまった。

現代高気圧治療の夜明けの幕を開いたのはクリーブランドのCrossらで、高気圧治療が実験的腸閉塞の消化管内ガスの吸収に優れた効果を発揮することを1952年に報告¹⁶⁾したが、膨満した腸管内のガス圧縮による腸管壁血流の増加と血液酸素含量の増加とによる腸管壁低酸素症の改善機序にま

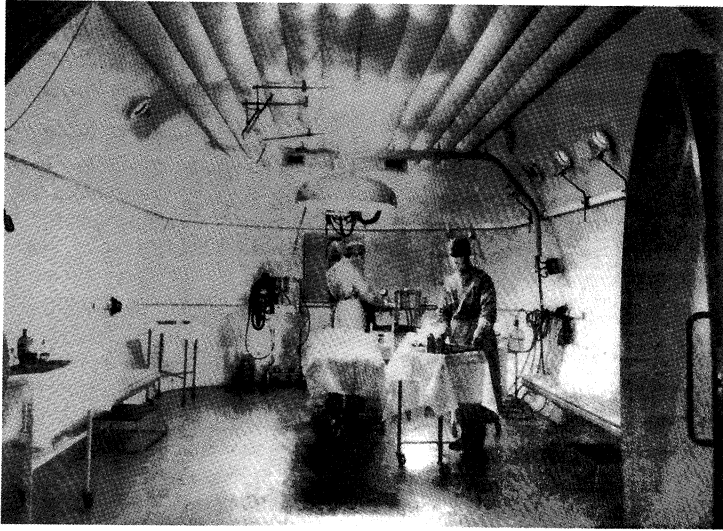


図12 Boerema (1960) の高気圧手術装置⁷⁾

心臓外科を含む広汎な応用を企図した手術室(主室)内部。

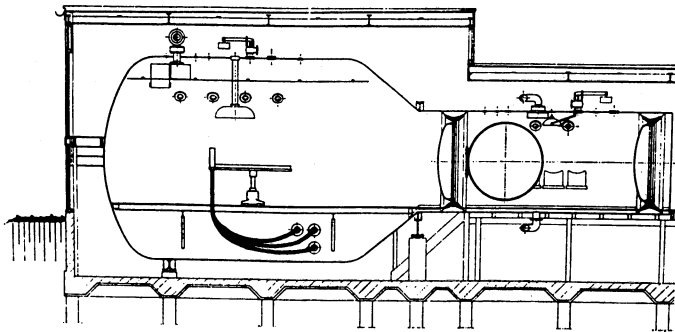


図13 Boerema (1960) の高気圧手術装置の縦断面⁷⁾

左側が直径4.63m, 全長約8mの手術室(主室), 右側が直径2.8m, 全長約4mの通路(副室)である。手術室の入口の扉は内開きと外開きの2枚構造で, 手術室と通路は同時にも, また別々にも加圧できる。

では思い及ばず, イレウスに対する臨床応用は更に14年後の1966年, しかも日本の古田ら⁴³⁾まで待たなければならなかった。

1953年, 酸素分圧の上昇によって悪性腫瘍細胞の放射線感受性が增強されることをロンドンのGrayらが実験的に証明し²⁴⁾, ロンドンのChurchill-Davidsonらはこの知見を利用して1955年から悪性腫瘍のX線治療に高い気圧の酸素吸入を

併用する臨床応用を開始した¹⁴⁾が, これは高分圧酸素吸入による動脈血ひいては組織酸素分圧の上昇を疾患治療に応用しようとする高気圧酸素加の概念を, 現代の臨床医療に初めて導入した記念すべき第一歩として, 永く歴史に銘記されるべき画期的な報告であった。

一方, 人工心臓が未完成であった1950年代初期の心臓外科では, 体温を27~28℃に冷却して酸素

消費を抑制し、心血流遮断時間の安全限界を8~10分程度にまで延長して、この間に心臓内の手術操作を完了しようとする全身低体温法が広く行われていた。アムステルダムのBoeremaは、低体温に高い気圧の酸素吸入を併用すれば心血流遮断時間を更に延長できると考え、オランダ海軍の潜水病治療用再圧装置を使用して、6%の低分子量デキストラン液で血液を極度に希釈してザーリ値を0.5%に低下させたブタを3絶対気圧の酸素吸入によって生存させたと1956年に報告⁶⁾して、心臓外科への応用の途を開いた。

Boeremaは1960年、心臓外科などの手術室(図12)としても使用できる大型高気圧治療装置(図13)をウイヘルミナ病院に建造⁷⁾して広汎な臨床応用を開始し、1961年には嫌気性菌感染症などにも優れた効果を報告¹²⁾した。Boeremaらの精力的な研究活動によって一躍、高気圧酸素治療は新しい有力な治療法として全世界の注目を集めるにいたった。

一酸化炭素中毒に対する高気圧酸素治療を臨床に導入した英国のSmithらも1960年、グラスゴウのウェスタン病院に大型装置を建造した³⁴⁾。米国では、1930年代にBehnkeが使用したハーバード大学の装置で、Bernhardが1962年から小児の心臓外科とくに先天性青色症の短絡手術の補助手段としての研究を開始した³⁾。Brownも1962年にデューク大学に大型高気圧治療装置を建造¹¹⁾して、基礎、臨床両面にわたる研究に着手した。

1963年、Boeremaがアムステルダムで開催した第1回高気圧酸素治療国際会議に54編もの報告が行われた事実は、当時の欧米における熱狂的な関心を雄弁に示す事実⁸⁾で、またこの国際会議を契機として高気圧酸素治療は全世界に普及し始めたのである。

日本における過去から現在まで

本邦における高気圧酸素治療の歴史については、すでに別に詳細に記述した⁴⁸⁾ので、重複を避けて概要を要約するに止めるが、1963年、古田ら(東京大・当時)の臨床応用の研究報告⁴²⁾が最初で、この前年には榑原ら(名古屋大・当時)も動物実験を開始した⁴⁸⁾。翌1964年、和田ら(札幌医大・当時)も研究に着手したことを報告⁵³⁾した。これらがわが国の最初である。

百年前の欧米のブーム宛らに、この治療への関心は一挙に全国に拡大した。初期には患者1名だけを収容する小型装置が主流を占めていたが、1966年末、大阪大学に建造された縦径2.8m、横径4.1m、内容積51m³の楕円筒型の大型装置には、欧米の原始的な大型装置にはみられなかった圧力のプログラム制御機構が初めて採用された⁴¹⁾。更に1968年、名古屋大学に竣工した直径5m、内容積150m³の横置円筒型の超大型装置(図14)では、当時の最先端の電子工学技術を大幅に採用して世界最初の完全自動制御機構の導入に成功した⁴⁷⁾。

これらの装置は、その後の世界の大型装置建造技術に大きく貢献しただけでなく、その波及効果として、わが国の小型装置の改良と新機軸の具体化のためにも図り知れないほど大きな役割を果たしたのであった⁵⁰⁾。

しかしわが国の高気圧酸素治療への熱狂的な関心を嘲弄するかのようになり、早くも1967年、酸素で加圧中の岐阜市の村上病院の小型装置の火災で患者が死亡する事故が発生した⁴⁹⁾。着火源は患者が所持していた楠灰のカイロであった。翌々1969年には東京大学の大型装置で火災が発生し、患者2名と医師2名が死亡する大惨事になった。空気で加圧しなければならない大型装置を無謀にも酸素で加圧し、しかも元来、装置内では電気機器を使用しない設計仕様で製作され、したがって内部に電源を有していなかったにもかかわらず、多数の電気機器を装置内で無理に使用するために行った非常識極まる仮配線が、3絶対気圧の酸素環境で過熱して電線のビニール被覆に着火し、これが火元になったと推測された⁴⁹⁾が、僅か1年半の間に合計5名が死亡した二度の火災事故は、高気圧酸素治療が危険極まりない治療法であるという強烈な印象を、医師は勿論、社会全体に与える結果となり、熱狂的なブームは一瞬に冷却されてしまった。高気圧酸素治療を中止し、また装置を廃棄する病院が続出し、最早、わが国のこの治療の前途は完全に鎖されたときえ思われる状況に陥ってしまったのである。

この絶望的な破局を救ったのは、鈴木ら(岩手医大)が1971年に報告した亜急性脊髄視神経症 subacute myelo-optic neuropathy (SMON) に対する高気圧酸素治療の優秀な成績⁵¹⁾であった。SMONは、後にキノホルム服用との濃厚な因果関

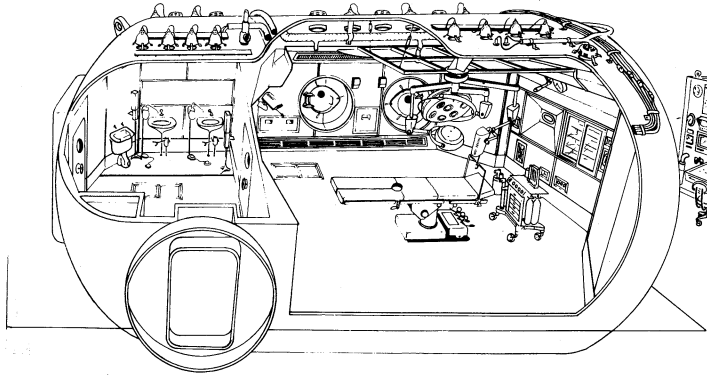


図14 榑原（1968）が名古屋大学に建造した超大型高気圧手術・治療装置⁴⁷⁾
 直径5 m, 全長9 m, 内容積150m³, 内部床/天井高2.8m, 最高使用圧力3 kg/cm² Gの装置である。右側は内容積100m³, 床面積20m²の手術室（主室）で、心臓外科などにも十分な広さを有している。左側の準備室（副室）は内容積50m³, 床面積11m², 滅菌水手洗設備やサニタリ区画を設備し、血液ガス分析も準備室で行った。

係の存在が明らかにされたが、まだ病因が確定されていなかった当時、原因不明の奇病として社会的にも注目を集めていたので、高気圧酸素治療の優れた効果が繰返して大々的に報道されたことを契機として、この治療への恐怖も次第に薄れ始め、関心を抱く研究者が再び徐々に増加するようになった。わが国でも高気圧酸素治療の新しい適応は数多く開拓されている⁴⁸⁾が、それらが開拓された時期の多くがSMON治療の1971年以降に集中している事実は、高気圧酸素治療の正当な評価のためにSMON治療と、その報道が果たした役割が如何に大きかったかを示している。

また前記の二度の火災事故を経験した日本高気圧環境医学会は、火災を始め凡ゆる事故の防止を目的として1969年、「高気圧酸素治療の安全基準」を制定した⁴⁴⁾。以後約20年は1件の事故もなく経過したが、1989年7月、あづま脳神経外科病院（福島市）で酸素加圧中の小型装置で三度、火災が発生し、またも患者が死亡した⁴⁹⁾。原因は点検で見逃された白金ベンジンカイロで、1967年の岐阜の事故をそのまま再現した火災であった。この事故は、わが国の高気圧酸素治療のすべての関係者に猛省を促す警告であった。僅かな経験に慢心し、油断に溺れて細心の注意を怠ったまま漫然と治療を行

うならば、遠からず事故が再び必発するであろうことを、関係者のすべてに告げるために乱打された余りにも厳しい警鐘であった。学会は2年間の審議を重ねて「安全基準」を更に具体的に改正するなど対策に奔走した⁴⁵⁾。しかし如何に「安全基準」に完璧を期してみても、所詮は単なる紙片に過ぎない。もし守られなければ、それは全く無意味でしかない。

今日、わが国の高気圧治療装置は世界の追随を許さない最高の性能を誇る水準に到達している。このように進歩したハードウェアを活用するためのソフトウェアとして、厳密な適応の選択と確実に安全な操作法の遵守こそ、今日の高気圧酸素治療の課題であることは疑う余地がない。

おわりに

圧縮空気治療の昔から高気圧酸素治療の現代までを展望してみると、この治療の歴史の最も顕著な特徴は、ある日、突然、爆発的なまでに関心が高まった時期を迎えたかと思えば、次の瞬間には全く見棄てられて顧みられなくなる時期に移って、これが見事に交錯して文字通り栄枯盛衰を繰返してきたことである。そしてこの歴史は、ハードウェアとしての治療装置は、すべて時代とともに

に進歩を続け、決して後退することはないが、それらを駆使するソフトウェアとしての治療行為に、もし科学的根拠が些かでも欠如するならば、それが仮に一時は世界を風靡したとしても、人類の叡智は決してその永続を許さないことを教えるものである。高気圧酸素治療は今、その効果と経済性などの利点が世界的に改めて再評価されつつあるが、それだけに、この歴史の教訓は高気圧酸素治療の未来のためだけでなく、医学と医療の未来のためにも決して忘れられてはならない。

本稿は1992年11月14日、第27回日本高気圧環境医学会総会において著者が行った理事長講演に加筆したものである。会員として無上の光栄ある機会をお与え載き、講演の司会の労までお執り載いた会長 千葉大学医学部附属病院手術部長 樋口道雄先生に深甚なる謝意を捧げる次第である。

また高橋英世教授を始め多年、ご協力を頂いてきた名古屋大学医学部附属病院高気圧治療部の教職員各位に心からお礼申し上げるとともに、特に本稿の執筆に当たり、入手困難な古文書ともいべき資料収集のため多大なご協力を頂いた末永庸子技官に衷心から感謝する。

なお本稿の図は、古い文献の決して鮮明とはいえないコピーから、見事に原図の感触を復元して頂いた名古屋大学医学部外科学第一講座の早川瑛子技官の労作である。付記して深謝する次第である。

付 記

第27回日本高気圧環境医学会総会で、この講演を行った僅か1ヵ月後の1992年12月29日、茨城県那珂湊市の那珂湊中央病院で小型装置の酸素加圧中、福島事故と寸分違わず、またも白金ベンジンカイロによる火災で患者が死亡した。福島事故の直後から、著者は火災の続発の危険を繰返して警告したが、多くの人々には“馬の耳に念仏”と聞き捨てられてきた。しかし僅か4年足らずで警告は的中し、悲しむべき火災事故は四度、正しく現実のものとなったのである。犠牲となったのは慢性期の脳梗塞と診断された患者であったが、会話、歩行など日常生活に支障はなかったという。学会は今後も高気圧酸素治療の安全確保と安全性向上のため凡ゆる努力を惜しむものではないが、研究者の集団で、かつ学術団体でしかない学会の

努力には限界があり、一方、災害は忘れた頃に必ず発生する。しかもわが国で高気圧酸素治療中に発生した火災は、1件の例外もなく、すべて不注意と無知、そして慢心と油断による人災である。

学会が制定している「安全基準」は、安全確保の最低限の基準に過ぎない。しかし過去4回の悲惨な火災事故は、もし「安全基準」が守られていたならば、すべて未然に完全に防止できた事故である。この治療に従事するすべての人々に「安全基準」の遵守を改めて切望するとともに、常識ともいべき「安全基準」さえも守ることができない医療機関は、即刻、高気圧酸素治療を中止すべきであることを声を大にして強調する次第である。

【引用文献】

- 1) Behnke, A.R., F.S. Johnson, J.R. Poppen and E.P. Motley: The effect of oxygen on man at pressures from 1 to 4 atmospheres. *Amer. J. Physiol.* 110: 565-572, 1935.
- 2) Behnke, A.R. and L.A. Shaw: The use of oxygen in the treatment of compressed-air illness. *Nav. Med. Bull.* 35: 1-12, 1937.
- 3) Bernhard, W.F. and E.S. Tank: Effect of oxygen inhalation at 3.0 to 3.6 atmospheres absolute upon infants with cyanotic congenital heart disease. *Surgery* 54: 203-215, 1963.
- 4) Bert, Paul: La pression barométrique; recherches de physiologie expérimentale. G. Masson, Paris, 1878. (Barometric pressure; Researches in experimental physiology. translated by Hitchcock, M.A. and F.A. Hitchcock. College Book Co., Columbus, Ohio, 1943.)
- 5) Bertin, E.: Étude clinique de l'emploi et des effets du bain d'air comprimé dans le traitement de diverses maladies. J.B. Bailliére, Paris, 1855.
- 6) Boerema, I., J.A. Kroll, N.G. Meyne, E. Lokin, B. Kroon and J.W. Huiskes: High atmospheric pressure as an aid to cardiac surgery. *Arch. Chir. Neerl.* 8: 193-211, 1956.
- 7) Boerema, I.: An operating room with high atmospheric pressure. *Surgery* 49: 291-298, 1961.
- 8) Boerema, I.: Opening. In: Clinical Application of Hyperbaric Oxygen. (Proceedings of the First International Congress.) eds. by Boerema, I., W.H. Brummelkamp and N.G. Meijne, Elsevier Pub. Co., Amsterdam, pp. 1-6, 1964.

- 9) Bourne, G. and R.G. Smith: The value of intravenous and intraperitoneal administration of oxygen. *Amer. J. Physiol.* 82: 328-334, 1927.
- 10) Brown, I.W., Jr., R.L. Fuson, F.M. Mauney and W.W. Smith: Hyperbaric oxygenation (Hybaroxia): Current status, possibilities and limitations. In: *Advances in Surgery*. Vol. I. ed. by Welch, C.E., Year Book Med. Pub., Chicago, Ill., pp. 285-349, 1965.
- 11) Brown, I.W., Jr. and W.W. Smith: General safety features in chamber design and operation. *Hyperbaric Oxygenation*. ed. by Whipple, H.E., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 117: 801-813, 1965.
- 12) Brummelkamp, W.H., J. Hogendijk and I. Boerema: Treatment of anaerobic infections (clostridial myositis) by drenching the tissues with oxygen under high atmospheric pressure. *Surgery* 49: 299-302, 1961.
- 13) Bureau of Investigation: The Cunningham "Tank Treatment". The alleged value of compressed air in the treatment of diabetes mellitus, pernicious anemia and carcinoma. *J. Amer. Med. Assoc.* 90: 1494-1496, 1928.
- 14) Churchill-Davidson, I., C. Sanger and R.H. Thomlinson: High - pressure oxygen and radiotherapy. *Lancet* 1: 1091-1095, 1955.
- 15) Corning, J.L.: The use of compressed air in conjunction with medicinal solutions in the treatment of nervous and mental affections. Being a new system of cerebro-spinal therapeutics. *Med. Record* 40: 225-232, 1891.
- 16) Cross, F.S. and O.H. Wangensteen: The effect of increased atmospheric pressures on the viability of the bowel wall and the absorption of gas in closed-loop obstructions. *Surg. Forum* 4 (38th Congress): 111-116, 1953.
- 17) Cunningham, O.J.: Oxygen therapy by means of compressed air. *Anesth. & Analg.* 6: 64-66, 1927.
- 18) Davis, R.H.: Deep diving and under-water rescue. II. *J. Roy. Soc. Arts* 82: 1049-1065, 1934.
- 19) Dick, M.: The respiratory and circulatory responses to intravenous oxygen and their relation to anoxemia. *Amer. J. Physiol.* 127: 228-231, 1939.
- 20) Fontaine, J.A.: Emploi chirurgical de l'air comprimé. *Un Medic.* 28: 448, 1879.
- 21) Forlanini, C.: Brevissimi cenni sull' aeroterapia e sullo stabilimento medicopneumatico di Milano. *Gazz. med. lombarda. Ser. 7 (2)*: 371, 385, 397, 405, 1875.
- 22) Fryer, D. I.: Evolution of concepts in the etiology of bends. *Aerospace Med.* 39: 1058-1061, 1968.
- 23) Gärtner, G.: Über intravenöse Sauerstoffinfusionen. *Wien. klin. Wschr.* 15: 691-697 und 727-731, 1902.
- 24) Gray, L.H., A.D. Conger, M. Ebert, S. Hornsey and O.C.A. Scott: The concentration of oxygen dissolved in tissues at the time of irradiation as a factor in radiotherapy. *Brit. J. Radiol.* 26: 638-648, 1953.
- 25) Jacobson, J.H., II, J.H.C. Morsch and L. Rendell - Baker: The historical perspective of hyperbaric therapy. In: *Clinical Application of Hyperbaric Oxygen*. (Proceedings of the First International Congress.) eds. by Boerema, I., W.H. Brummelkamp and N.G. Meijne, Elsevier Pub. Co., Amsterdam, pp. 7-19, 1964.
- 26) Jourdanet, D.: Influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme. G. Masson, Paris, 1875.
- 27) Junod, V.T.: Recherches sur les effets physiologiques et thérapeutiques de la compression et de la raréfaction de l'air, tant sur le corps que sur les membres isolés. *Ann. gen. de Med.* II. 9: 157-172, 1835.
- 28) Lavoisier, A.L.: Sur les altérations qui arrivent à l'air dans plusieurs circonstances où se trouvent les hommes réunis en société. *Mémoires de Médecine en Histoire de la Société de Médecine* 5: 569. (1782-1783. read in 1785).
- 29) Lazarus: Das pneumatische Kabinet des jüdischen Krankenhauses zu Berlin. *Gesundheits-Ingenieur* 7(2): 40-43, 1884.
- 30) Liebig, G.v.: Die Anwendung der pneumatischen Kammern bei Herzleiden. *Deutsch. med. Wschr.* 14: 1066-1068, 1888.
- 31) Pravaz: Mémoire sur l'application du bain d'air comprimé au traitement des affections tuberculeuses, des hémorragies capillaires et des surdités catarrhales. *Bull. Acad. Roy. Med. (Paris)*. 2: 985-997, 1837-1838.
- 32) Singh, I.: Intravenous injection of oxygen with the animal under ordinary and increased atmospheric pressure. *J. Physiol. (London)*. 84: 315-322, 1935.
- 33) Singh, I. and M.J. Shah: Intravenous injection of oxygen under normal atmospheric pressure. *Lancet* 1: 922-923, 1940.
- 34) Smith, G. and G.R. Sharp: Treatment of carbon-monoxide poisoning with oxygen under pressure. (Preliminary communication). *Lan-*

- cet 2:905-906, 1960.
- 35) Tabarié, E.: Recherches sur les effets des variations dans la pression atmospherique à la surface du corps. C.R. Acad. Sci. (Paris). 6: 896, 1838.
 - 36) Thomson, R.M., C.P. Yaglou and A.B. Van Woert: A pressure chamber installation for studying the physiologic effects of pressure varying from six to sixty pounds per square inch absolute. J. Industr. Hygiene 14: 57-68, 1932.
 - 37) Triger: Mémoire sur un appareil à air comprimé, pour le percement des puits de mine et autres travaux, sous eaux et dans les sables submergés. C.R. Acad. Sci. (Paris). 13: 884-896, 1841.
 - 38) Triger: Lettre à M. Arago. Comptes rendus de l'Académie des sciences. 20: 445-449, 1845.
 - 39) Williams, C.T.: The compressed air bath and its uses in the treatment of disease. I. Brit. Med. J.: 769-772, 1885.
 - 40) Yarbrough, O.D. and A.R. Behnke: The treatment of compressed air illness utilizing oxygen. J. Industr. Hyg. Toxicol. 21: 213-218, 1939.
 - 41) 栗野章彦: XI. 高気圧手術室の安全対策について, 高圧酸素療法. 恩地 裕, 吉矢生人, 吉川 清, 太田宗夫 (共著). 永井書店, 大阪, pp.104-128, 1967.
 - 42) 古田昭一, 高木忠信, 呉 大順, 粟根康行, 佐藤富蔵, 若杉文吉, 中川安房, 稲田 豊, 山村秀夫: 高圧手術室及び高圧回復室の研究. (第16回日本胸部外科学会総会 (1963)一般演題). 日本胸部外科学会雑誌 12: 495-497, 1964.
 - 43) 古田昭一, 高木忠信, 呉 大順, 佐藤富蔵, 山本俊一: 高圧酸素療法の臨床応用(2). 臨牀外科 21: 579-589, 1966.
 - 44) 日本高気圧環境医学会安全対策委員会: 高気圧酸素治療の安全基準. 医科器械学雑誌 39: 795-809, 1969.
 - 45) 日本高気圧環境医学会: 高気圧酸素治療の安全基準. 日本高気圧環境医学会雑誌 26: 85-99, 1991.
 - 46) 小川鼎三: 医学の歴史. 中公新書 39. 中央公論社, 東京, pp.82-83, p.198, 1964.
 - 47) 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. 医科器械学雑誌 38: 782-792, 1968.
 - 48) 榊原欣作: わが国における高気圧酸素治療の回顧と展望. 日本高気圧環境医学会雑誌 21: 21-40, 1986.
 - 49) 榊原欣作: 高気圧酸素治療中の火災事故について. 日本高気圧環境医学会雑誌 24: 185-199, 1989.
 - 50) 榊原欣作: 高気圧治療装置の最近の進歩. 医科器械学 61: 308-322, 1991.
 - 51) 鈴木 一, 斎藤春雄, 新津勝宏, 金谷春之, 池田嘉光, 渡辺幹夫, 島崎吉夫: SMON に対する高圧酸素療法について(第3報). 日本高気圧環境医学会雑誌 6: 80-82, 1972.
 - 52) 戸塚七郎(訳): 問題集. 32. 耳に関する諸問題 (5). アリストテレス全集 11. 出 隆 (監修). 山本光雄 (編). 榊岩波書店, 東京, pp.445-446, 1968.
 - 53) 和田寿郎, 池田敏夫, 鎌田幸一: 高圧酸素療法. 医学のあゆみ 49: 354-357, 1964.