

## 高圧医学—その過去・現在及び未来

東京医科歯科大学医学部衛生学教室

北 博 正  
(KITA HIROMASA)

### は じ め に

高圧医学と私とのかかわりあいは、医学生時代、病因学で緒方知三郎教授から潜水夫病、潜函病の発生機転を、衛生学の田宮猛雄教授から職業病としての予防法、治療法を、さらに物療内科の真鍋嘉一郎教授から臨床的なことを学んだことにはじまる。当時は関東大震災の復興時代で隅田川に多くの架橋工事が潜函工法で行なわれ、物療内科が潜函病の予防、治療を担当し、医学的業績も数多く出されていた時代で先生方の関心も深かったのであろう。また現場の見学等により、同時代の他の学校の医学生や若い医師にくらべて当時の私のこの領域の知識はかなり深かったものと信じている。

支那事変がはじまって間もなく陸軍に召集された私は他の病院から転送されて来た診断不名の患者が潜水夫病であることを明らかにしたことがあるが、これはベテラン潜水夫で作業中、赤紙が来たのであわてて急浮上して罹患したがフカシのひまもなく直ちに入隊、立派な体格だったため詐病とまちがえられ、ひどい目にあったそうであるが、治療タンクもないので、実家に近い陸軍の温泉病院に送り、ここで温泉・物理療法のほか、自分の潜水具をとりよせ、潜水をくりかえし、フカシを試みたが、ついに全治に至らなかった。これが私の症例第1号である。

終戦となり、当時、陸軍の戦時研究で成層圏飛行の低圧環境下における人体機能をしらべていた私は命がけて行った貴重なデータを軍の命令で焼却、実験設備もスクラップ化され、しばし呆然としていたが、終戦後、労働基準法が制定され、労働安全衛生規則の高気圧下の労働の項についてお手伝いすることになり、低圧から高圧に転向したが、方法論や物の考え方にはかなり共通したところがあり、容易に高圧医学の道に入ることができたのは幸いであった。

戦後の土工事には潜函工法が大幅に採用されたが、晴海埠頭の潜函工事は私の教室にとっては貴重な研究の場となった。一方、わが国の周辺から東南アジアの海域にかけて沈船引揚げのサルベージ作業やアラフラ海のシロチヨウガイ採取のための大勢の潜水夫の遠征があり、これに伴って事故も多く、種々助言するようになったが、これが労働者の高気圧障害防止規則の制定にわれわれが主力メンバーとして参画するきっかけとなった。

さらに海洋開発技術協会から海洋科学技術センターに引継がれたシートピア計画による海底居住実験への参加とつながって来ている。

## 過 去

人間が高圧に曝露した最初の経験は、太古から行われて来た息こらえ潜水であって、その昔アレキサンダー大王が潜鐘を用いて海底居住を試みたという伝説がある。

ヘルメット潜水具による他給気式潜水や潜函工法は前世紀の初期に登場し、高圧の人体に及ぼす影響が、医学、生理学的にとりあげられたのは、約1世紀ほどの昔にさかのぼる。

高圧医学に携さわる者なら誰でも Paul Bert (1833-1886) がその元祖と考えるであろうが、彼自身その大著 *La Pression barométrique*<sup>1)</sup> の中に多数の既発表の報告を引用しており、彼はそのときまでの高圧医学に関する知識を集大成し、さらに彼の創意に富んだ実験成績をまとめているのである。

事実、私の手許にある Montpellier の医師 M. E. Bertin の "圧縮空気浴の利用と効果に関する臨床的研究"<sup>2)</sup> (276 p 1855年) は現在の OHP に相当する領域を扱っており、当時この方面の創始者である E. Tabarié が 1832 年来試み、そのころすでにヨーロッパに16基あった高圧治療タンクの成績をまとめたもので、適応症として、呼吸器疾患、咯血耳疾患無声症等をあげているが、当時は高圧空気浴は今日の OHP のようにブームであった。この場合、興味深いのは、単に高圧の持続的曝露だけでなく、高圧 ↔ 常圧、さらに高圧 ↔ 低圧を反覆した方が効果があると記していることで、波動的加減圧は人工呼吸に応用し得るとして、今日の "鉄の肺" のフィディアに一脉通じるもののあることは面白い。戦後しばらくしてソ連で行われていた、脊髄液を穿刺して出したり入れたりするパンピング療法にも似ているようである。

しかし Paul Bert の 1000 頁にも及ぶ大著は何といても高圧医学の最も重要な古典であると同時に、今日なお示唆に富んだ必読の書とされている。彼は有名な生理学者 Claude Bernard (1813-1878) の門下で彼の後継者であるが、本書の出版されたころは、フランスは激変期で、帝制、共和制、さらに第二帝制と政体も目まぐるしく変り、普仏戦争でパリは包囲され、ついに敗戦、コミューンの騒動があるなどひどい時代であったが、この間にこのような大著を世に出したということは誠に驚くばかりである。さらに包囲下のパリを軽気球で脱出した共和派の Gambetta (1838-1882) が主班となった内閣には文相として入閣し、さらにインドシナの總督となって活躍中、赤痢で客死するという変った経歴の人物である。

彼が気圧生理学に手を染めたのは、友人で富裕な医師 Jourdanet がメキシコ旅行の際、

自ら経験し、また見聞した高山病から気圧生理学に興味を持ち、スポンサーとなったからである。本書は低・高圧両部とも既発表の業績をまとめ、さらに自らの実験成績を記載しているが、まさに実験の神様というべき創意に満ちた方法をいろいろ使っている。たとえば減圧時の血液内気泡形成を観察するのに、体がまだ透明なウナギの稚魚を使ったりしている。また高高圧の場合の $O_2$ と $CO_2$ 中毒を認め、前者はストリキニンやフェノールに似た作用機序で痙攣を主徴（Bert効果）とすること、また血液中の気体はDaltonの法則による単なる溶解現象であることを認めている。

彼の記載のうち、注目されるのはつぎのようなものである。

- (1) 動物実験や潜水夫、潜函夫の事故例から急速減圧による障害の原因は純物理化学的なもので、減圧は緩徐に且つ段階的に行うべきとしているが、具体的な減圧表はHaldane（後出）まで登場していない。
- (2) これらの原因は血液ガスの遊離で、その主成分が $N_2$ であることを分析証明し、胎盤や胎児の血管にも気泡が出現し、これらは静脈中に空気を注射した場合と同じ結果となるとしているが、空気またはガス栓塞という表現は使っていない。
- (3)  $O_2$ 中毒予防のためには、高圧空気の $O_2$ 分圧を少なくすることを唱えているが、現在の深深度潜水で実用されている。
- (4) 減圧時に組織、体液に発生する気泡の主成分が $N_2$ であることから、 $N_2$ の代りに $H_2$ を用いた $H_2 + O_2$ 混合気体を利用することを示唆しているが、当持Heはまだ発見されなかったことを考えると卓見というべきである。もちろん、この混合気体は爆発の危険のあることは広く知られているが、混合比が一定の範囲外では爆発がおこらないことを充分知っていたにちがいない。
- (5) 減圧症発生時に正に気泡雑音が聴取されたら直ちに $O_2$ 吸入または再加圧をすすめているが、これは最近流行のDoppler現象で減圧症の早期発見に利用しようという試みに似ている。本書中の図を見るとヘルメット潜水具や潜函は現在のものと殆んど変わっていない上、ヘルメットを外して、現在のマスク式潜水具の萌芽ともいえるものも登場している。また動物実験用の12気圧のタンクや人体用の低高圧タンクも登場しているが、加圧ポンプを動かすのに小型の蒸気機関を使っており、実験用の $O_2$ は水を一次電池によって電気分解して採取しており、想像もつかないほどの困難に打ち勝って研究を推進している。

彼はまた海水中に無限に溶存している $O_2$ に着目し、現在の人工鰓を予見している。このように彼の業績は高圧医学を学ぶ上で、きわめて貴重で且つ示唆に富んだもので、必読の書というべきであろう。

次に登場するのは1908年に発表された英国の生理学者 Haldane (1860-1936)らの"高圧病の予防"<sup>3)</sup>に関する100頁余りの大論文で、ここではじめて減圧表と再圧治療タンクが登場し、ヤギの急速減圧の際の脊髓模断面の気泡形成の図(417頁のFig. 7)は内外の関係文献に転載につく転載で関係者にとってはおなじみのものである。この論文に続いて"肥満者が減圧症に感受性が大きいことから、高気圧作業には不適格であることを教えている。"<sup>4)</sup>

わが国の最初の注目すべき報告は暉峻(1889~1966 労働科学研究所の創立者)の"海女とその労働"<sup>5)</sup>(1932年)である。この論文は海女の生態、潜水方式、潜降、浮上速度、時間、ガス交換、潜水眼鏡等、多方面にわたって検討し、とくに熟練海女(ふなど)独得の潜水方式から、重鐘の助けにより潜降時間を、また命綱を母船の滑車で急速に引きあげることにより浮上速度を短縮し、総時間潜水のうち在底時間は自力で潜降、浮上する場合よりはるかに延長されて、潜水効率が上がることを紹介し、学界から注目され、1965年、わが国で国際生理学会が開催された際、関連国際シンポジウムとして"日本の海女と息こらえ潜水の生理学"が行なわれたが、海女が外国の学者から注目されたのは、その潜水方式が独得であるほか、潜水中には無重力に近い状態となり、宇宙旅行の際の人体影響を研究する際の手がかりを得るためであったろう。

このように高圧医学では主として潜水が問題となっていたが、潜函でも高圧曝露による障害が多発する。潜水が個人乃至は小人数で、どちらかといえば僻地というべきところで行なわれるのに対し、潜函はかなりの規模の作業現場で行なわれるため、医学の眼が届きやすい。このため、種々の医学的報告もあるが、最も注目すべきは松藤らの報告<sup>6)</sup>(1949年)である。これは1938~1944年に行なわれた関門鉄道トンネル工事の際の減圧症の疫学的研究を主としたもので、戦時の要請にこたえ、延350万人を投入した突貫工事であったが、戦時中のため、詳細は知らされていなかった。このうち減圧症罹患者は延1,372名であった。これを1904~'09年のEast River Penn の海底トンネル工事の際の患者3,692名や1903~07年のHudson-Manhattan 海底トンネルの1,573名にくらべると、患者数はかなり多いようにみえるが、罹患者率でみると関門トンネルでは両者にくらべて1桁も少ない、わずか0.04%に止まっており、まことにすばらしい成績で、これは戦時下の苛酷な状況下に徹底した予防対策が奏功したもので、医学が参加したため、このような世界に誇るべき成績がうまれたのであるが、高圧医学の関係者にもあまり知られていないので、とくに紹介する次第である。

## 現 在

ここでは戦後から現在までを扱うことにする。戦後わが国の高圧医学に関連して注目すべき出来事は、労働基準法の制定、さらにこれによる労働安全衛生規則、引続き高気圧障害防止規則が公布されたことでこれに関連して潜水、潜函作業者の資質向上が行なわれるようになった。とくに障害防止規則には戦後のこの領域の研究成果が多数もりこまれており、臨床医家もこの方面に目をむけるきっかけとなった。

一方、1960年代にBoeremaらがOHPを創めると、わが国でも多くの臨床家がこれにとびついた(実は100年前にO<sub>2</sub>の代りに空気を用いた療法が流行したことは前述のとおり)そして10年余前に本学会が発足し、OHPは毎年、学会を賑わしている。OHPも新しい治療法がうまれたときに、よくみられるように、はじめは多くの疾病に応用されたが、そのうち段々収束して、真に適応のある疾病のみを扱うようになって来た。OHPの絶対的適応症としては減圧症やCO中毒、嫌気性菌感染症、火傷、イレウス等があげられているが、他の疾患については必ずしも絶対的とはいえないようである。ただ癌については現在、適当な治療法がないため、外科療法、放射線療法、薬物療法に併用することは見込みがありそうである。

これまでの臨床応用では動物実験等の基礎的データの集積が少なく、理論的裏付けに乏しく、説得力が弱いと感ずるのは私が臨床家でないためだろうか、対照のとり方についても問題がありそうである。

このような波に乗って各地の医療施設にタンクが設置されたが、これらが十分に機能する前に、火災事故で犠牲者が出るなどでOHPの発展に水をさす結果となったことは残念だったが、反省の機会を与えられたと思われる。結局あちこちのタンクは眠ってしまったものが多く、場所ふさぎの厄介物と化していることもあるという。これには専門の医師の不足、オペレーターの貧弱な処遇、看護婦の入函拒否等の人的要因も大きく働いている。たとえば東京都内で常時使えるタンクは都立広尾病院に1基あるにすぎないといわれているが、これも病院改築のため撤去され、暫らく使えないといわれている有様である。

しかし、OHPは救急医療のため不可欠なもので、少くとも府県単位乃至は大都市単位に常時稼働状態にあるタンク(物的にも人的にも)を整備する方が、現在のようにあちこちに休眠状態のもの(多くは1人用)が多いのにくらべれば効率がよいのではなからうか。

深深度・長時間潜水乃至は海底居住も現在の大きな話題となっている。これは従来の空気潜水ではO<sub>2</sub>中毒、N<sub>2</sub>麻酔等の危険があるのをO<sub>2</sub>+He混合気体を呼吸ガスとして用いるヘリウム潜水(Paul Bertは100年前にHeの代りにH<sub>2</sub>を用いることを提唱した)、またこの

ような深いところに長時間滞在すれば、それだけ気体は溶け込んで、減圧症を防止するためには、減圧時間を著るしく延長しなければならず、これでは仕事にならない。ところが気体は無限に体にとけこむわけではなく、ある点で飽和に達することがわかったので、飽和後は理論的にはいくら長時間高圧下に滞在しても、減圧時間には変りはないという考えの許に開発された飽和潜水、この二つを併用することによって、海底居住、乃至は目的から正確に言えば、長時間、深深所での作業が可能となった。この方式は現在、米・仏等の潜水先進国をはじめ、わが国でも採用されより深く、より長く海底に滞在しようという研究が活発に行なわれている。これはいうまでもなく海洋開発の国際競争の一環である。

## 将 来

科学・技術の進歩の著しい現在、将来を予測することは大変難しい。とくに高圧医学らのように新しい分野では、一寸した新発見をきっかけにがらりと様相が変わってしまう可能性が強い。

OHP は癌の治療においては適確なものがあらわれない限り、その一翼を荷うことになるだろう。また老人性ボケが脳動脈の硬化による脳細胞の anoxia が主因であると考えれば OHP は根治治療はできないまでも、一過性の改善を期待し得るのではあるまいか。

潜水は水産業のほか、土木工事その他のためにも今後も行なわれようが、潜水具、潜水方式の改善も著るしく、水深 200m まではコマーシャル・ベースで行ない得るものと予想している。とくにわが国では潜水は重要なことで一層の研究を必要とするが、とかくハード・ウェアのみが先行し、ソフト・ウェアがずっとおくれるという通弊は打破する必要がある、本学会はその推進力となることを期待する。

最近問題となっている船上減圧法は事故が多く評判が悪いが、タンクの構造の人間工学的な検討、減圧方式等を改善し、指導を充分に行なえば、減圧症を予防し、作業効率をたかめ零細な潜水企業は助かるので、この生活の知恵ともいべき新しい方式を発展させてやりたい。これはシートピア計画の海底居住実験の母船上の D.D.C. (Deck Decompression Chamber) と似た発想のもので、こちらの経験も応用できる。

最後に海洋開発と高圧医学の関係について触れておく。石油ショック以来、石油資源が皆無とあってよいわが国の困り方は御存じのとおりで、さらにほかの資源も乏しく、今後海洋開発を重視せねばならなくなって来たが、これは諸外国も同様で先進国はどこも海洋開発をナショナル・プロジェクトの一つにかかげて活発に研究を進めている。

わが国の場合は従来の水産業については国際的な制約が段々厳しくなりつつある今日、蛋白質

源を確保し、食糧問題解決に寄与しなければならない。

また前記の海底油田開発のほか、海底に豊富に存在するマンガン団塊その他の鉱物資源の確保も重要な課題である。また本四架橋のような土木工事も高圧医学の応援なしにはできないことである。

もちろん、このような場合、人間が直接出むかず無人的に機器を利用することが望ましいが、どうしても人間が直接現場に行くことも避けられない。このために開発されたのが飽和潜水とヘリウム潜水で、前者は人体が高圧に曝露した場合、環境気体が体組織に溶けこむのに胞和現象があり、滞在時間がいくら長くても、減圧時間は一定であるということに応用したもので、後者は高圧空気に長時間曝露すれば、 $O_2$  中毒、 $N_2$  麻酔、 $CO_2$  中毒等の危険があるので水深 $\leftrightarrow$ 気圧担当に $O_2$  の $\%$ を少なくし(分圧としては1気圧空気の場合とほぼ同じとする)、また $N_2$  の代わりにHeを用い $O_2 + He (+N_2)$  混合気体を利用する方式で、もちろんHeが熱伝導度が大であるため寒冷作用が強いこと、密度が小さいため音声に変調をきたし通話が困難なことなどの欠点があるが、最近かなり技術的に対策が講ぜられるようになり、この両者併用方式が現在の主流となり、将来も引続き利用されることになるだろう。

しかし、Heはわが国にはなく、全部米国から輸入しており、しかもすこぶる高価で、現場では回収困難で、またいつ輸入がとまるかも知れない。ここでPaul Bertの示唆した $N_2$  の代わりに $H_2$  を使うことはわが国では緊急課題であろう。 $H_2 + O_2$  混合気体の爆発の危険は混合比の問題で、深海潜水のように $O_2$  の比率がうんと小さい場合にはその危険はない。

もちろん $H_2$  の毒性、熱伝導度、通話障害等について慎重な基礎実験を必要とするが、後二者については、Heでの経験が大いに役立つであろう。

文 献

- 1) Bert, Paul: La Pression barométrique, Recherches de la Physiologie expérimentale, pp 1178, 1878, Paris
- 2) Bertin, M.E.: Etude clinique de l'Emploi et des Effets du Bain d' Air comprimé pp 276, 1855, Paris
- 3) Boycott, A.E., Damant, G.C.C. and Haldane, J.S.: The Prevention of Compressed-Air Illness, J. of Hyg. 1908, 8:342-443
- 4) ditto: Experiments on the Influence of Fatness on Susceptibility to Caisson Disease, J. of Hyg. 1908 8:445-456
- 5) Teruoka, G.: Die Ama und ihre Arbeit, Arbeitsphysiologie, 1932, 5:239-251
- 6) 松藤元他: 高気圧作業の衛生学的研究, pp112 (厚生科学叢刊第11輯) 1949 創元社