

## ●シンポジウム：高圧・低圧で発症する減圧症について

## 航空機による減圧症 — Altitude Decompression Sickness —

緒方克彦\*<sup>1)</sup> 井手祐一\*<sup>1)</sup> 草野浩幸\*<sup>2)</sup>

キーワード：航空減圧症，航空生理訓練，高圧酸素治療

### 1. はじめに

潜水時に生ずる減圧症 (Caisson's Disease) についての記載は、旧く1841年にM.Trigerが人類初めての減圧症例を発表したことに始まるが、航空機や気球に登場した際に起こる航空減圧症については漸く1917年にいたって、Yandell & Hendersonが指摘したのが始まりとされている。航空機や気球の発達と考え併せてみても、その存在が明らかになるのに時間を要したのは、第1に異常気圧症候群、低酸素症、急減圧による外傷など多彩な症候群が同時発生しやすいこと、第2に高高度・高速の航空機等の中で減圧症は様々な航空事故や計器の異常とともに発生し、当事者が症状を自覚するいとまもないということ、第3に症状の多くは飛行中にのみ体験される一過性のものであることなどがその理由として考えられる。現代でも航空減圧症の発症例はその報告が極端に少なく実態が掴みにくいのだが、前述の理由に加えて航空機等の搭乗員はキャリアを重ねることを要求されるため、軽微な症状や地上で消失する一過性

の症状ではなかなか訴えない事も指摘されている<sup>1)</sup>。

このような状況から、我が国でも過去報告された症例を除くと全体像が不明な航空減圧症について纏めることは意義のあることと考える。航空機の実飛行における症例、低圧チャンバー内での航空生理訓練における症例と分けて報告・検討したい。

### 2. 航空機等と低圧医学

#### 1) 気球，航空機の発達と低温・低酸素症

1783年9月10日フランスのモンゴルフィエ兄弟が動物を乗せ、同年10月15日同じくフランスのピエートル・ドゥ・ロジェが人間を乗せての熱空気気球飛行に成功して以来、人類の低圧医学の歴史が始まった。1804年3人のイタリア人飛行家による高度6,000mの気球飛行時に低酸素症・凍傷症状を認めているほか、1903年ライト兄弟がノースカロライナ州キティーホークで人類初の動力付き飛行機の飛行に成功した後、1917年航空減圧症の可能性が指摘されると(前述)、急速に低酸素症及び減圧症への対策が検討されるようになる。低酸素症には酸素マスク、減圧症には与圧服が開発されることとなった。

#### 2) 機内高度が身体に与える影響

気球の時代には低温、低圧、低酸素が対象であった航空医学は、飛行機の時代になって速度、加速度、空間識の問題が加わり、現代のような長時間飛行、大型旅客機、高性能戦闘機の時代に入ってから、時差やヒューマン・ファクター等の新

#### Keywords :

Altitude decompression sickness  
Physiological training  
Hyperbaric oxygen therapy

\*1) 自衛隊中央病院精神科

\*2) 防衛医科大学校第1内科

表 1 航空減圧症の分類

Altitude Terminology
· Bends : pain in the bowels of lower extremities
· Chokes : dyspnea, peculiar choking sensation
· Neurologic DCS :
-spinal cord form :
numbness, paresthesia, weakness or paralysis
-brain form : headache, visual disturbance
· Circulatory manifestations : following
-development of chokes
-severe bends
-severe neurologic impairment
· Skin bends : pruritus, formication

たな問題も発生している。にも関わらず、現在も減圧症と低酸素症は航空医学の重要課題の一分野であるし、この両者は依然として隣接した問題である。つまり航空機が上昇すると高度約2,000 ft～8,000 ft程度でも中耳、副鼻腔や胃腸等の気体が膨張し私たちに低圧を教えてくれるが、低酸素症が出現するのは高度15,000 ft、減圧症状が出現するのは少なくとも18,000 ftからといわれていた。しかし最近の研究では静脈気泡塞栓 (VGE) に着目すると高度15,000 ftからでもその発生があると指摘されており<sup>2)</sup>、低酸素症・減圧症が殆ど同時に発症するという誠に厄介な現象を呈している。そのほか航空機内では通常低湿度となり、口腔・咽喉部異常感や空咳を生じやすいこと、戦闘機では重装備のための関節痛と誤認されやすいこと<sup>3)</sup>等が、減圧症の自覚がなされにくい理由となっている。

### 3. 航空減圧症の発生、症状と分類

#### 1) 減圧症の症状と分類

潜水病における症状がダイバーの交わす言葉に由来することや、航空減圧症では症状の発生が異なること等の理由により、航空減圧症では潜水病における分類と異なり、次のように分類されている(表1)。

航空減圧症においてはBendsは最も一般的な症状であり、通常DCS全体の65～70%を占めている。同様にChokesは2%以下、Neurologic DCSでは5～7%である。ただし、Spinal cord formは

潜水病に多く航空減圧症では少ないのに対し、Brain formは航空減圧症では比較的認められるが潜水病では稀ではないものの余り認められない症状であるが、その理由は未だ判然としていない。そのほかに重症例としてChokes, Severe bends, Severe neurologic impairmentに続発して起こるCirculatory manifestations, 軽症型で一過性であればさほど治療を要しないSkin bends等に分けられている<sup>4)</sup>。

### 4. 我が国で発生した減圧症

#### 1) 発生状況

航空機内で発生した事例を3例、低圧チャンパー内での発生状況の分析及びその事例を3例紹介する。

##### (1) 航空機内における発生

##### 〈A-1〉

状況：F-15J型戦闘機が天候偵察のため高度22,000 ftから7,000 ftまで下降し、訓練のため7,000 ftから31,000 ftまで再上昇しようとした。高度30,000 ftに達した時、熱感、全身の重い感じ、視界の狭窄を感じたため、キャビンプレッシャーを点検したところ30,000 ftを示していた。キャノピー・コントロール・ハンドルが正常に作動せず、キャビン内が非加圧状態となったことが原因であった。

対応：急降下するまで熱感等を自覚していたが、急降下後は意識しなかったという。低酸素症及び軽症Bendsの疑いがあったが、着陸には回

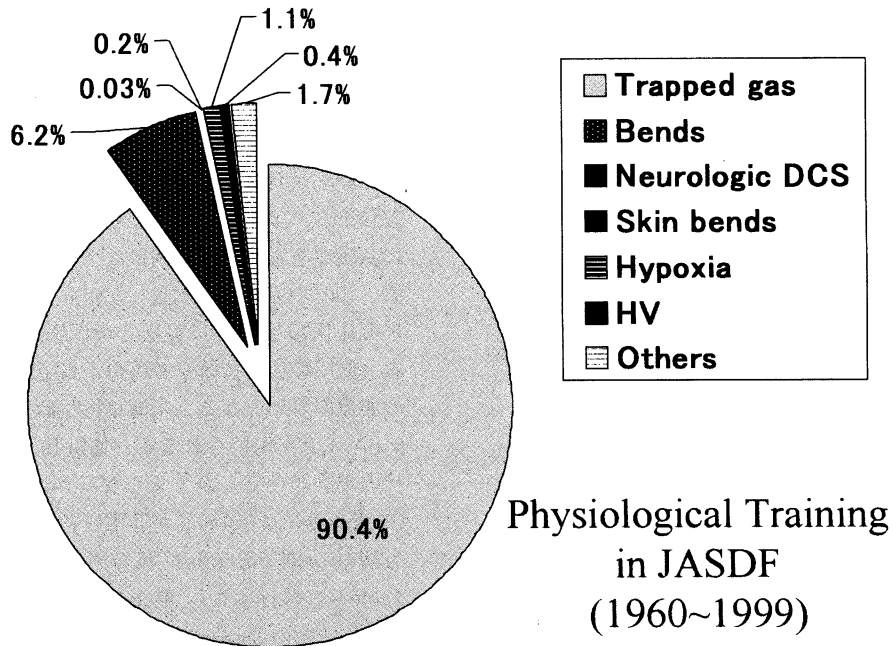


図1 低圧訓練時に発生した異常者の分類と比率

復していたため経過観察にとどめた。

〈A-2〉

状況：米海兵隊パイロット。高度22,000 ftを飛行中、与圧装置の故障により、6,000 ft相当圧から急激に環境圧22,000 ftに暴露され、緊急着陸を行ったところ、着陸後、数分で胸痛及び労作時の息切れを生じた。

対応：直ちに航空医官の診察を受け、胸部レントゲン写真を撮影するも、気胸・胸水は認められず、皮下気腫等も認められなかったため、肺減圧症と診断された。自衛隊江田島病院にて、米海軍再圧治療表 Table 6 を用いて治療を行い、治癒した。

〈A-3〉

状況：米海兵隊パイロット。高度33,000 ftを飛行中に与圧装置の異常で、10,000 ft相当圧から26,000～28,000 ft相当まで減圧し、その後着陸したが四肢の痛みを生じた。

対策：医官の診察の結果、神経学的には異常を認めなかったためI型減圧症と診断し、Table 5 に従って再圧治療を実施し、治癒した<sup>5)</sup>。

(2) 低圧チャンバーにおける発生

航空自衛隊におけるパイロット等要員に対する航空生理訓練として行われている低圧チャンバーの際に発生した航空減圧症の状況を図1と表2に示す。1960～1999年度の40年間に行われた総数30,763件の被訓練者のうち、減圧症と思われる症例が243件、その内訳はBends 236件、Neurologic DCS 6件、Skin bends 1件であった。重症者は1名もいなかったが、経過観察のみの症例1例と海自・潜水医学実験隊にて再圧治療を実施した症例が2例あるので紹介する。

〈B-1〉

状況：52歳男性、輸送器のパイロット。休暇中に沖縄で3日間スキューバダイビングなどを楽しんだ後、翌日に航空生理訓練を受けたところ、22,000 ftにて右鎖骨下部周囲に蟻が這いずり回るような皮膚異常知覚を自覚したため、訓練を中断し医官の診察を受けた。

対応：低圧チャンバー降下後、急速に症状が改善し、血液ガス・肺機能・胸部Xpいずれも異常所見を認めないため、職場医官に連絡し、経過観察

表2 低圧訓練時に発生した異常者数 (航空医学実験隊)

JASDF Physiological Training (1960～1999)			
		(Trainee 30763)	
Trapped gas	3468	11.27 %	
Bends	236		
DCS Neurologic	6	0.93 %	
Skin bends	1		
Hypoxia	40	0.14 %	
HV	17	0.06 %	
Others	64	0.21 %	

にとどめた。

〈B-2〉

状況：訓練の前日、寒風の中できなりの激しい運動を行った。30,000 ftのflight終了後、左肩に関節が重い感じと鋭い痛みを自覚した。

対応：航空医官の診察にて潜水医学実験隊受診を勧められ、医官診察の後、米海軍再圧治療表Table 5を用いて治療を実施し、症状は軽快した。

## 2) 航空減圧症の発生可能性

実際の航空機の飛行高度と機内高度の関係はどうか。通常旅客機と自衛隊輸送機では十分な与圧がなされており、機内高度が8,000 ftまで上昇することはないといつてよい。また戦闘機でも機内高度20,000 ft程度までの運用が主であり、滞在時間も極めて短時間であることを考えると、現在の航空機の運行状況では官民ともに航空減圧症の発生は考えにくいということになる<sup>6)</sup>。実際には、運輸省事故調査報告書で減圧症の報告は1件(実際には航空性中耳炎)のみであり、自衛隊においても本事例A-1, 1件のみであった。

前述のような事例をふまえて考えると、航空減圧症の発生に関しては航空機においては主として次に述べる(1)が、低圧チャンパーで行われる航空生理訓練では主として(2)の要因が考えられる。

### (1) 航空機内環境における要因

機内与圧の故障, 事故, 急減圧

→事例A群の原因

### (2) 搭乗者の生活環境における要因

高圧から低圧環境への短時日での移動, 反復する低圧環境, 激しい運動に引き続くフライト

→事例B群の原因

## 5. 航空減圧症の対応策

### 1) 航空減圧症発生時の対応と治療

航空減圧症が発生した際に、まず行うことは飛行高度を降下させることである。通常航空運航時に急減圧が発生した場合はまず12,000 ft程度まで急降下し、その後は徐々に高度を下げていく。次に減圧症を思わせる症例には、安静及び全身の保温、100% O<sub>2</sub>吸入を処置しながら、着陸後速やかに高圧医療機関等に後送り専門医の診察を受ける。減圧症状が持続する場合、高圧治療タンクでの加療の対象となる。米海軍再圧治療表Table 5, 6, 6A, 4, 7が用いられるが、通常Bendsのみの症状の場合Table 5が、またNeurologic DCSや、Chokes等にはTable 6が適用される(Table 5上, 当初10分間でBends症状の消失しないものにはTable 6に移行する)。航空減圧症の治療として米空軍修正版のTable 5と6を図2に掲げる。

### 2) 航空減圧症の予防

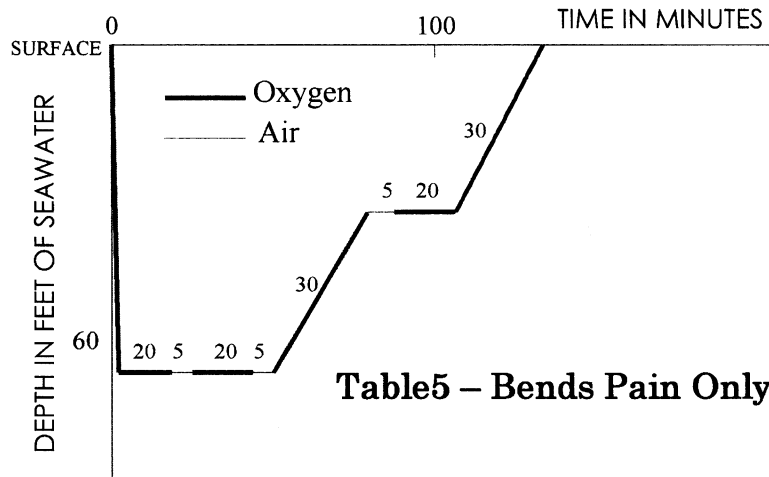
航空減圧症を促進する因子について、表3に示す<sup>4)</sup>。このうち到達高度や高高度への反復曝露については航空機内の機内与圧とその維持管理が最も重要であることは言うまでもない。しかし減圧症は不意に、かつ忍び寄るように発現する症状である。ダイビングや激しい運動の後24時間はフライトしない、外傷後や喫煙後の低圧チャンパー訓練は控える、また発症時の対処要領等、減圧症、低酸素症状についての事前教育を搭乗員に徹底しておくことで、本人の減圧症促進因子を未然に防ぎ、乗客等の患者発生時にも早期の適切な対処を促すことができる。また機内高度20,000 ftに達する戦闘機においてはフライト前に約30分程度の脱窒素を行うことが有効である。

## 6. おわりに

今回は航空減圧症に関して、症状と分類、事例と分析、処置と予防等について、過去の発表文も併せて報告した。

最後に本稿を終えるにあたり、執筆の機会を与えていただいた毛利元彦学会長、教育指導を頂いた大岩弘典先生、また資料を提供していただいた運輸省・事故調査委員会、航空自衛隊・航空安全管理隊に心より謝意を表する。

Standard United States Navy Treatment Table 5



Standard United States Navy Treatment Table 6

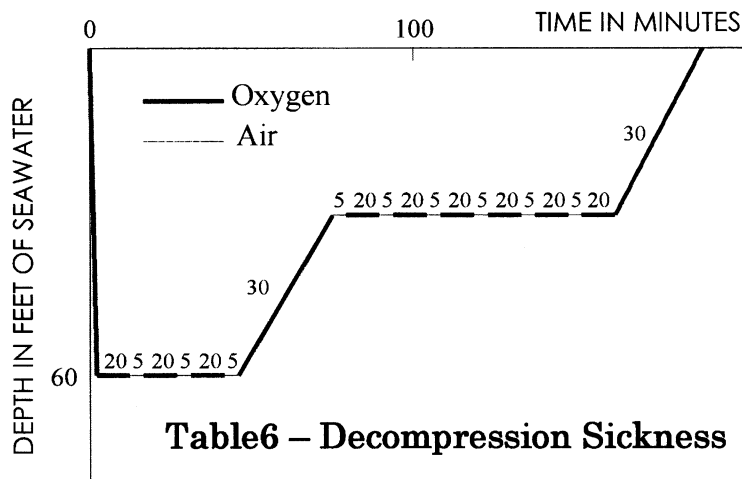


図2 米海軍再圧治療表(米空軍修正版)

表3 航空減圧症の発生を促進する要因

Predisposing Factors of Altitude DCS

1. Altitude Attained
2. Previous Exposure to Altitude
3. Flying Following Diving
4. Age
5. Exercise
6. Injury to Joints
7. Obesity

【参考文献】

- 1) Marvin T. Ryles, M.B., Ch.B., and Andrew A. Pilmanis, M.S., Ph.D. : The initial signs and symptoms of altitude decompression sickness. Aviat Space Environ Med 67(10) : 983-989, 1996
- 2) James T. Webb, M.S., Ph.D., Andrew A. Pilmanis, M.S., Ph.D. : Breathing 100% oxygen compared with 50% oxygen:50% nitrogen reduces altitude-induced venous gas emboli. Aviat Space Environ Med 64(9) : 808-812, 1993

- 3) James T. Webb, M.S., Ph.D., Andrew A. Pilmanis, M.S., Ph.D., Nandini Kannan, M.A., Ph.D., and Robert M. Olson, M.D., Ph.D. : The effect of staged decompression while breathing 100% oxygen on altitude decompression sickness. *Aviat Space Environ Med* 71(7) : 692-698, 2000
- 4) Richard D. Heimbach, Paul J. Sheffield : Predisposing Factors, Decompression Sickness and Pulmonary Overpressure Accidents Chapter 7, 132-162 *Fundamentals of Aerospace Medicine* by Roy L. DeHart, M.D., M.P.H., M.S.I.A. Philadelphia 1985 Lea & Febinger
- 5) 草野浩幸, 池田知純, 永吉広和 : 自衛隊江田島病院において再圧治療を実施した米軍人の航空減圧症の2例. *防衛衛生* 41(別冊) : 44, 1994
- 6) 航空医学実験隊航空生理訓練科〈第14表〉 : 各機種との与圧開始高度と与圧値. *航空生理訓練* 31-33

(日本宇宙航空環境医学会総会との合同シンポジウムより)