

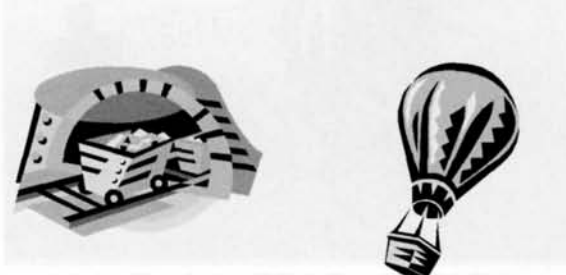
# パイロットのための航空医学

## 減圧症 (decompression sickness; DCS) : 異常気圧症候群 (Dysbarism)

～小さな泡粒は大きなトラブルの元～

(財)航空医学研究センター 三浦 靖彦

減圧症 (DCS) とは、体内に溶け込んでいた気体 (主に窒素) が低圧に暴露されることにより、液体から遊離して体内に泡粒 (気泡) を形成し、種々の病状を引き起こすものです。減圧症には高高度に曝されることにより起こるもの (高度減圧症) と、深部からの浮上により起こるもの (ダイビングや採掘現場) があります。減圧症が初めてケイソン病 (潜函病) として報告されたのは1841年で、炭鉱夫が作業中に筋肉痛とけいれんを起こしたことが報告されています。また、潜水服を着用しているにもかかわらず、潜水作業中に潜函病を起こした例も1869年に報告されています。一方、高度と関係した減圧症は、気球の発達とともに出現して来しました。1783年 Charles が初めて気球で有人飛行をしました。高度2750m まで上昇し、高々度での寒冷、降下時の耳痛を訴えたと記録されています。1804年には、Andreoli, Brasette, Zambecarri が、高度6000m まで上昇し、寒冷による凍傷、嘔気、意識喪失を体験しています。そして、1862年になると、Glaisher と Coxwell が、高度9450m (31,000ft) まで気球で上昇し、身体の変化を記録したことが、潜函病の原因究明・治療法の発展に寄与したといわれています。



### 高度によって引き起こされる減圧症 (高度減圧症)

高度減圧症は、高高度に上昇可能な気球や航空機が一般化してきた1930年代ごろから注目されるようになりました。航空機の進歩により、人間は、より高く、より早く飛行することが可能な時代になりました。現代の航空機は安全性・信頼性も格段に向上していますが、それでも高度に暴露されることは乗員・乗客にとってストレスであり、高度に関連した色々な問題が起っています。減圧症が報告されて150年が経過し、その存在は広く認知され、関連情報も集積されましたが、決して解決には至っていません。高度減圧症は未だに航空機利用者にとって危険なものなのです。



### 小さな泡粒

ヘンリーの法則によれば、液体にかかる圧力が低下すると、液体に溶け込むことのできる気体の量も減少します。清涼飲料水の栓を開けた時に、ガスのはじける音が聞こえ、泡が立つのを見ることがありますが、これは、栓を抜くことにより飲料水にかかっていた圧力が低下し、溶け込んでいた二酸化炭素が遊離してくる現象

を見ているのです。人体を構成している液体成分（血液や体液の中）には、大量の窒素が溶け込んでいます。与圧装置をもたない航空機での高高度飛行や、急激な減圧（機体の破損、与圧装置の故障など）の結果、人体が低圧に暴露されると、体内に溶け込んでいた窒素が遊離します。通常この遊離した窒素は肺から呼吸とともに排出されますが、窒素の遊離速度が速いと体内で泡粒が形成され、これに伴う種々の症状が出現します。



## 減圧症の症状と部位

窒素の泡粒化は体のどの部分で起こっても不

思議ではありませんが、肩、肘、膝、足首などの関節部分によく起こります。表1に、代表的な部分と症状を示します。ベンズとは、高度減圧症の60-70%で出現し、肩関節で最も頻繁に見られます。神経系統の症状としては頭痛や視力障害として発症し、減圧症の10-15%に出現します。皮膚の症状は10-15%の出現率と考えられています。また、チョークは2%以下の出現率とされ、めったに見ることはないようです。

## 治療法

関節や皮膚に起こった中等度のベンズの場合（網目様・大理石様の皮膚症状を除き）、高度を下けている間に消失することがほとんどですが、それでも医学的な評価は必要です。低空まで高度を下げてても症状が残る場合や、地上に降りたあとで再発する場合には直ちに高圧酸素療法を受ける必要があります（高圧の部屋で純酸素；100%の酸素を与える）。神経症状やチョーク、

表1 減圧症の部位および症状

名称	部位	主な症状
ベンズ (Bends)	肘・膝・肩・手首・足首などの大きな関節部分	窒素の気泡化による組織や血管の圧迫が原因と考えられている 限局した深部の痛み 鈍い痛みのことが多い
神経系の症状 (stagers)	脳	頭痛・運動障害・意識障害・視野狭窄等の視覚障害 めまい・はきけ・全身のけいれん
	脊髄	異常感覚（焼ける・刺す・チクチクした感覚）
	末梢神経	筋力低下・筋肉のけいれん
チョーク (Chokes)	肺（肺の血管内で気泡が発生）	胸痛（呼吸動作で増悪） 息切れ 咳
皮膚のベンズ (Skin Bends and Creeps)	皮膚に発生した気泡により痒み・痛みが出現	耳・顔面・首・腕・体幹の痒み 小さな虫が這うような異常感覚 網目様・大理石様の皮膚症状は肩・上体に痒みとともに出現 むくみ

網目様・大理石様の皮膚症状が出現した場合には必ず高圧酸素療法を行う必要があります。適切な治療を行わないと、致命的になりかねません。

## 純酸素（100%酸素）の吸入

高度減圧症の対策として最も有効と考えられているのは、高高度に暴露される前に純酸素を吸入しておくことです。酸素吸入を行うことにより体内の窒素を除去することができるのです（脱窒素）。高度を上昇させる前に30分間純酸素を吸入することにより、10-30分間の短期間であれば18000から43000ftの高度でも減圧症の発生を予防することができます。さらに、高度減圧症を完璧に予防したいのであれば、飛行中常に純酸素を吸入する必要があります。一方、脱窒素を行わずに、飛行中だけ純酸素を吸入しても、減圧症の危険性を減らすことはできないことを銘記しておいてください。ただし、純酸素の飛行前吸入は、高度減圧症の予防に非常に有効ですが、大掛かりな装置が必要で、安価なものでもありません。したがって、現在この予防法は戦闘機パイロットか宇宙飛行士にしか採用されていません。

## 減圧症を起こしやすい状態とは？

### 1. 高度

この高度以下であれば減圧症を起こさないという安全な高度というものはありません。スキューバダイビングをしていない健康人であれば、18000ft以下ではほとんど起こさず、18000-25000ftでも、あまり起こさないと考えられています。しかし、米国空軍の調査によると、25000ftフィート以下で起こったものも13%あったと報告されていますので、慢心してはいけません。暴露される高度が高いほど、減圧症発生の危険も大きくなります。18000ft以上になると、高度が増す分だけ減圧症の発生の危険性も高くなりますが、減圧症の症状の重篤さとの直線的な関連はないということを知っておかなく

てはなりません。

注：Pilot誌2002年11月号に低酸素症について解説していますが、減圧症を起こすよりはるかに低い高度から低酸素症は発生しますので、注意してください。

### 2. 繰り返しの暴露

18000ft以上の高度に、短時間の間に（数時間程度）繰り返し暴露されることも高度減圧症の発生の危険性を増す因子であることも忘れてください。

### 3. 上昇率

上昇率が大きければ大きいほど（早ければ早いほど）高度減圧症の発生の危険性も高くなります。18000ft以上の高度に急減圧されることは、同等の高度までゆっくりと到達することよりもはるかに危険です。

### 4. 滞在時間

18000ft以上の高度に暴露される時間が長いほど、高度減圧症の発生の危険性も高くなります。

### 5. 年齢

加齢と共に高度減圧症にかかる危険性が高くなるという報告があります。

### 6. 最近の怪我

関節や四肢に怪我をした直後はベンズを起こしやすいことが知られています。

### 7. 気温

寒冷に暴露されると高度減圧症を起こしやすいことが知られています。

### 8. 体型

体脂肪の多い人は高度減圧症の発生の危険性が高いといわれています。血液の供給の悪い脂肪組織内には、より多くの窒素が貯蔵されるという現象があるためです。通常体脂肪率は15%

程度ですが、この中に体全体に溶けている窒素(約1ℓ)の半分以上が貯蔵されています。したがって、体脂肪が増えるほど、体内に貯蔵される窒素の量も増えてしまいます。

## 9. 運動

高度18000ft以上における運動量が多いほど高度減圧症の発生の危険性も高くなります。

## 10. 飲酒

飲酒(二日酔いの影響も含む)により高度減圧症の発生の危険性は高くなります。

## 11. 飛行前のスキューバダイビング

スキューバダイビングでは高圧環境下で呼吸をすることになります。この状態では、体内に溶け込む窒素の量も増加します。深く潜るほど窒素の溶解量も増えます。山上の湖など高地で、ある深度のスキューバダイビングをすることは、海で同深度に潜水するよりも窒素溶解量は増加します。スキューバダイビング後に、体内に溶け込んだ過剰な窒素を排出するために十分な時間をおかない場合、5000ft以下でも高度減圧症を起こすことがあります。

### 高度減圧症にかかったら……

- 直ちに酸素マスクを着用し、純酸素を吸入する。
- 可能な限り早急に緊急降下し、着陸する。降下中に症状が消失したとしても、酸素吸入を続け、着陸して医師の診察を受けなくてはなりません。
- 関節の症状が出現した場合、痛みを和らげようとしてその関節を動かすという動作は逆効果ですから、絶対にしてはいけません。
- 着陸後は、航空医学または高圧酸素療法に詳しい医師の診察を受けなくてはなりません。減圧症という病態は一般の医師には理解しが

たい病態なのです。ですから、自分の身は自分で守るしかありません。

- 最終的な治療法は、高度に訓練されたスタッフがいる施設で高圧酸素療法を受けることです。
- 高度減圧症は、飛行中に発症せず、地上に降りてから発症することもありますので注意が必要です。

## 復習

- 与圧装置のない航空機で18000ft以上を飛行する際、高度減圧症の危険が常にあることを忘れてはいけません。飛行前にスキューバダイビングをした際には、これ以下の高度でも起こります。
- 高度減圧症の症状を十分に理解し、あなた自身を含めた同乗者全員に注意を向けなくてはなりません。
- 与圧装置のない航空機で18000ft以上を飛行する前及び飛行後24時間は、不必要な運動は避けるべきです。
- 与圧装置の装備された航空機で飛行していても、何らかの原因で急減圧が起これば高度減圧症が発生する可能性があるため、安心してはいけません。
- もし飛行中に急減圧に遭遇した場合は、最低24時間は飛行を差し控えるべきです。高度減圧症は、後になって発生する場合もあるので、注意が必要です。もし、後になって症状が出現した場合、直ちに専門医の診察を受けるべきです。
- 飛行中に純酸素を吸入していたとしても、飛行前に脱窒素を行っていないのであれば、高度減圧症を予防することはできないことを銘

記しなくてはなりません。

- ・ 降下中に症状が消失したからといって安心してはいけません。あなたが高度減圧症に罹ったことは事実なので、速やかに専門医の診察を受けなくてはなりません。
- ・ 高度減圧症を起こしやすい状態にあると考えられるときは専門医から許可が出るまでの間は飛行してはいけません。
- ・ スキューバダイビング後最低24時間は飛行してはいけません。



- ・ 将来に備え、近隣にある高圧酸素療法を行える施設を確認しておくべきです。また、高圧酸素療法ができる施設だからといって、高度減圧症の治療に精通しているとは限りません。

したがって、十分な情報を入手しておく必要があります。

## 参 考

Altitude Decompression Sickness; Medical Facts for Pilots.

Publication AM-400-95/ 2

Written by: J. R. Brown and Melchor J. Antunano

Prepared by:

FAA Civil Aerospace medical Institute  
Aeromedical Education Division

U. S. Department of Transportation  
Federal Aviation Administration

Aviation Medicine. Third ed. J. Ernsting et al. edit. BUTTERWORTH HEINEMANN 社

臨床航空医学：上田泰 監修，（財）航空医学  
研究センター発行 鳳鳴堂書店

航空生理訓練（一般訓練）：航空医学実験隊  
航空生理訓練科

## 平成15年 5月30日公表 航空事故調査報告書（2003-3）

I アカギヘリコプター株式会社所属	JA6143
II 個人所属	JA008N
III エアフライトジャパン株式会社所属	JA5299
IV ホームビルド三河式トライクー G25型	超軽量動力機

詳細につきましては、航空・鉄道事故調査委員会ホームページ  
<http://www.motnet.go.jp/araic/aircraft/index.html> を参照下さい。