

低酸素症

(財)航空医学研究センター 研究・指導部部长

医学博士 三浦 靖彦

1999年10月26日(火)15時0分、全世界に衝撃が走りました。

プロゴルファーとして世界的に有名なペイン・スチュワート(42歳)の自家用ジェット機「リアジェット35」が、サウスダコタ州北東部で墜落し、スチュワートを含む乗客3人、乗員2人の5人全員が死亡しました。米連邦航空局(FAA)などによると、スチュワートの乗ったジェット機はフロリダ州オーランド国際空港を出発。目的地のテキサス州ダラスに向かう途中、同機から「ゲインズビルを通過している」との連絡があったのを最後に地上との交信を絶ち、北西に大きく進路を変え、サウスダコタ州北部のミナ町の草原に墜落したそうです。

FAAの要請で緊急出動したF16戦闘機のパイロットは「ジェット機は高度1万3000メートルで飛行。窓には霜が付き、無線の呼びかけに一切応答がなかった」と証言したそうです。このため、何らかの原因で気圧維持装置が故障し、操縦士を含む全員が意識を失い、同機は自動操

縦装置で約4時間飛び続けたあと、燃料切れで墜落したとみられています。

この事故は、与圧装置の故障、つまり、低酸素症の恐ろしさを我々に深く印象付けました。今回は、「低酸素症」について、お話をさせていただきます。

はじめに

呼吸は、人間にとって、最も自動化された運動のひとつで、通常一日に1万回以上の呼吸をしています。我々は一回の呼吸で二つのことを行っています。つまり、呼吸により、二酸化炭素を排出し、酸素を体内に取り入れているのですが、この二つのことは、絶妙なバランスの上に成立しています。運動やストレスは、体内の二酸化炭素の生成を増やすため、これを排出するために、呼吸は速くなり、二次的に酸素の摂取量も増加します。

空気中の酸素濃度自身は18,000ftでも海面レベルと同等なのですが、重力の影響により、例えば海拔18,000ftにおける酸素分圧は約1/2に減少します(表1)。この時、がんばって呼吸数を増やしたり、深呼吸をしてみても全く効果は期待できません。逆に、呼吸のバランスを崩すことにより、二酸化炭素濃度が低くなりすぎることによる弊害すら出てくる可能性もあります(過呼吸症候群)。

この解決法はいたって簡単であり、多くのパイロットにはお馴染みのものですが、補助酸素(機内与圧を含む)を利用することです。米国防91.211では、酸素装置なしで12,500-14,000



表 1. 高度による酸素分圧の変化 (Torr)

	大気の PaO ₂	肺胞の PaO ₂	動脈血中の PaO ₂
0 ft (海面レベル)	148	103	95
8,000 (0.75気圧)	108	64	56
15,000	80	44.7	37
18,000	69	39.5	32
20,000	63	36.5	29
22,000	57	33.2	
25,000	49	30	

ft を飛行する場合は30分以内にとどめること、また、機内高度が14,000ft 以上になる場合は、直ちに酸素を使用しなくてはいけないことが記されています。安全策をとるならば、10,000ft 以上を飛行する場合は、補助酸素を使用すべきでしょう。特に視覚は低酸素に敏感なため、夜間飛行で6,000ft 以上を飛行する際には補助酸素を使用することが推奨されています。補助酸素は、必要な酸素を供給するだけでなく、体内の二酸化炭素の濃度を適性に維持することにも寄与します。

低酸素

とても残念なことに、我々の体は低酸素状態の初期症状の確かな兆候というものを感知してくれません。したがって、低酸素の症状を知るためには、特別な訓練を受けなくてはなりません。特に、脳は一番最初に低酸素による影響を受ける部位で、通常、判断力の低下として現れます（つまり、自分が低酸素状態に陥っているという判断も鈍ってしまいます）。

低圧チャンバーを使用したテストによると、一部の人は低酸素状態になると、多幸感（とても具合が良く、幸福な気分）が出現するといいます。たとえば、自分の名前をうまく書けなくなったり、トランプをうまくシャッフルできなくなっても、「体調はとてもよい」と感じているようです。これが、低酸素症を早期に自覚することを困難にしている大きな要因なのです。つまり、大切な初期症状を隠し、「何かおかしい、非常に危険だ！」という感覚を麻痺させてしまうのです。

「高々度に行くほど、一呼吸あたりの酸素の量は低下してゆくことを忘れてはいけません。天候の良い時に、雲の上や、山間部を飛行する時はさほどの高さを感じません。特に、平地を飛行することの多いパイロットは気をつけなくてはなりません。」

低酸素症の症状

低酸素に対する症状は個人によって異なります。したがって、低圧チャンバーを利用し、実体験しておくことが、最も効果的とされています（図1）。これによって、微妙な体調の変化を、低酸素症の手がかりとできるようになります。低酸素症の症状が発現する順序も個人によって異なります。呼吸数の増加、頭痛、めま

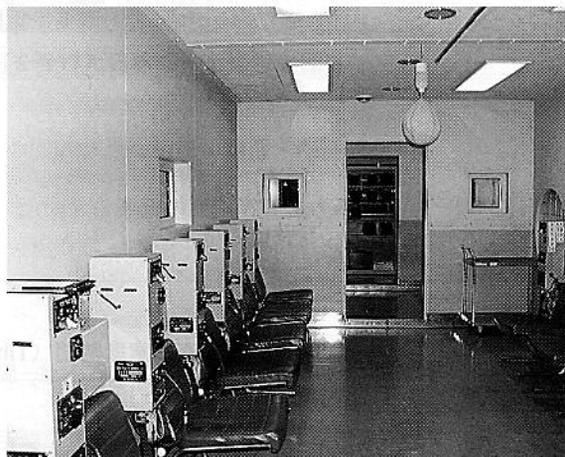


図1. 低圧訓練用チャンバー(写真提供: 航空自衛隊) 熟練したトレーナの指導の下に低圧チャンバーを利用した訓練を行うことにより、低酸素症を体験できる。わが国においては、利用可能な施設が少ないため、入念な事前調整が必要と思われる。

い、チクチクする感じ、熱感、発汗、統合失調、判断力の低下、視野狭窄、多幸感などが出現します（表2、3）。早期に発見して対処しないと、致命的になります。

低酸素症の対処法

上記症状などから低酸素症が疑われた場合には直ちに以下の処置を行う必要があります。

①酸素装置の点検と酸素吸入

装置の故障か否かをチェックし、速やかに酸素吸入を行う。

民間旅客機の場合、機内高度が12,000ftを超えると酸素マスクが自動的に出てきます。

②直ちに安全高度に降下（10,000ft以下）。

③着陸。

安全高度で十分な時間（15分以上）飛行し、低酸素の症状が回復してから着陸を行う。

低酸素症が発現してから、意識を喪失するまでの時間を、「有効意識時間：Time of Useful Consciousness, TUC」といいます。表4でも明らかなように、高度が増すごとにTUCは短くなりますので、高々度における酸素装置や与圧装置の故障は、きわめて短時間で致命的となることを覚えておきましょう。

[ですから、決して補助酸素なしに山を飛んで越えようとはしないで下さい。体に変調を感じ始めたら、すぐに引き返しましょう。もし、幸せな気分になってきたら……もう遅すぎます。すぐに補助酸素を使用しましょう。]

表2. 症状から見た高度分類

高度の分類 (ft)	特 徴
不関域 (0 - 10,000)	夜間視力は約4,000ftから低下する。
代償域 (10,000 - 15,000)	呼吸・心拍数の増加（代償機能により、短時間であれば症状は発現しない。）
障害域 (15,000 - 20,000)	種々の循環器症状・中枢神経症状が出現する。
危険域 (20,000以上)	意識喪失・ショックなどがおこり、放置すれば生命に危険が生じる。

表3. 低酸素症の症状

自 覚 症 状	他 覚 的 症 状
熱感・発汗	呼吸・心拍数の増加
疲労感	チアノーゼ（口唇・爪が紫色になる）
頭重感・頭痛・めまい	知能活動の低下
視力の低下	反応時間の遅延
判断力・計算能力の低下	手指等の協調運動の障害
言語能力低下	けいれん・意識混濁
多幸感	意識喪失

表4. 有効意識時間（Time of Useful Consciousness）

10,000~15,000ft	1時間以内
18,000	30分
20,000	5~10分
25,000	2~3分
30,000	90秒
35,000	45秒
40,000	30秒
50,000	10秒

喫煙と低酸素

喫煙と飛行の組み合わせの危険性についての貴重な体験談があります。軽量単発機で13,500ftを飛行中、喫煙をしたところ、次に気がついた瞬間には、機体がきりもみ状に降下していましたが、幸い機体を立て直すのに十分な高度があったということです。これは、喫煙により、血液中の酸素が、一酸化炭素に置き換わってしまったために低酸素状態に陥り、失神してしまったものと考えられます。

嫌煙運動は主にタバコの発がん性、つまりタールの成分のところで論じられていますが、航空分野では他の成分、つまり一酸化炭素を重視しなくてはなりません。血液の赤血球の中には、ヘモグロビンが含まれており、これが酸素と結合することにより、体の隅々まで酸素を運搬しています。しかし、一酸化炭素は、酸素の210倍もヘモグロビンとの結合親和性が高いため、喫煙をすることにより、ヘモグロビンと結合していた酸素は一酸化炭素に置き換わってしまい、相対的な低酸素状態になってしまうのです。実験によると、5,000ftの高度が、喫煙者にとっては10,000ftに相当するとも言われています。

[操縦中の喫煙は、低酸素症を起こし、急減圧などの緊急時の判断力等の低下につながる可能性があるのです。FAAは1976年から商業用民間航空機の乗員に対して、飛行中のコックピットでの禁煙だけでなく、フライト8時間前からの喫煙禁止を勧告しています。]

参考文献：

HYPOXIA; The higher you fly...the less air in the sky. Medical Facts for Pilots; AM-400-91/1, Aeromedical Education Division, FAA Civil Aeromedical Institute

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

航空医学と安全：東謙一・土屋正興 共著，鳳文書林出版販売

航空生理訓練（一般訓練）：航空医学実験隊 航空生理訓練科