

## 登山と寒冷

柳沢昭夫

高い所に登るほど、気圧が低下するが、同時に気温も低くなる。登山は、低圧、低温下のスポーツである。よく知られているように、日本付近の緯度では、100 m登るごとに、約0.6℃気温は低下する。つまり、海拔3,000 m級の山岳では、0 m付近より約18℃低い。

ことに、冬の北アルプス主稜線では-20℃～-30℃になることが多い。当然のことながらヒマラヤ等の高所では、寒さは厳しく、冬期ヒマラヤでは、4,000～5,000 m付近のベースキャンプでさえ-30℃にも及ぶ。

風は、体熱を奪う要因で、通常、風速1 m/秒につき、約1℃気温が下ることと同じと言われている。冬の北アルプスを例にとると、季節風の影響で主稜線では10～20 m/秒の強風日が多い。理屈でいえば、実際の気温より、10～20℃低い気温に対処することになる。また、冬のチョモランマ北壁にアタックしたチームの話によれば、ジェットストリームの影響で、寒気と風は、想像を超えたすざましいものであったと聞く。もちろん、そうした環境に対応するための特殊な衣類や装備を開発し、使用しても、強風の日には行動不能であったと聞いている。

寒冷な環境下では、濡れた衣服を身に付けている場合、あるいは大気中の湿度も、身体にダメージを与える大きな要因になる。大気中の水蒸気量は、気温の低下と共に飽和水蒸気量が下がるので、水蒸気の絶対量そのものは低くなるが、湿度そのものは、特に降雪中はおそらく100%に近いだろう。同様に、飽和水蒸気量が低いので、テント、雪洞など居住環境では、水蒸気は、たやすく飽和状態を超え、余分な水分は水滴や霜となって衣服や寝具を湿らす。そうした生活空間はもとより、雪や雨、あるいは激しい登山活動による発汗で湿った衣類、濡れた身体から気化する水分はぼう大な体熱を奪う。想像するに、条件が劣悪な場合は、行動中と同じ位のエネルギーが消費されているのではないだろうか。その上、テントや雪洞内は、ある種の、密封された空間である。したがって、空間の水分が飽和状態であれば、気化水分はまた水滴となって、衣類や寝具を湿らす。冬山ではテントや雪洞の壁や天井がべっとりと湿る経験を誰もが持っているだろう。そして、ストーブの燃焼を停止したとたん急激に冷え込み、空気中の水分や衣類、寝具にしび込んだ水分は再凍結する。

さらに、低圧環境下における運動は、厳しい呼吸をとまなうので呼吸筋が消費する大きなエネルギーの外に、呼気とともに体外に排出される水分に併って一緒に持ち出すエネルギーは相当な量になるのではないだろうか。大気中の水蒸気量はどうかであれ、体内からの水分で補充され、肺胞内の空気は湿度100%の飽和状態である。そうした空気が、呼気とともに排出され、再び吸入された空気は、また飽和状態まで湿らされるので、呼吸が激しくなればなるほど、体内から失なわれる水分とともに、

ぼう大なエネルギーを喪失してゆく。

こうした、寒冷、高湿度、風、低圧環境の条件は、単なる運動として消費されるエネルギー以上に、奪いとられる体熱に対する十分な対策が必要となる。高所登山では、ともすれば高所順応、つまり低圧環境にいかに対応するかを中心に考えやすいが、ここでは、奪いとられる体熱、ことに寒さにどう対応するかを考えてみたい。

経験的ではあるが、厳冬期よりも、晩秋や初冬の山の方が寒いなあと感じることが多い。むしろ、ピバークの際など、厳冬期の方が寒気が厳しいにもかかわらず、しのぎやすいとさえ感じることがある。また、わずか3～4日の冬山登山であっても、下山後、特に就寝時、暖かさを感じることも多い。ときとして暑く、寝苦しいとさえ思うことがある。こうした現象は体が寒さに適応したからではないだろうか。

故郷の信州とここ富山では、おおよそ8℃位信州の方が低温であるが、富山に住んだ年は非常に暖かい所と思ったし、事実、かなり薄着で過ごすこともできたが、2年目からは非常に寒く思うし、子供達の薄着姿を見ると、なにか耐寒性に違いがあるように思える。

多数の研修会参加者の中には、同条件下で手先の冷たさを訴える者と、そうでない者が確かにいるように思われる。これも、寒冷に適応できた者とそうでない者の差であろうか。

一度凍傷に犯された者は、再び凍傷にかかりやすいといわれるが、凍傷の経験者は、末梢の皮膚温の低下が確かにはいやいように思われる。こうしたことは、寒冷にさらされたとき、凍傷経験者はそうでない者より、防衛機能が素速く働いて、皮膚温をさげ、警告を出すのか、また、産熱活動に素速くはいるのか、あるいはその逆なのか、つまり寒冷に適応しやすいのか、逆にしにくいのか、非常に興味ある現象である。

一般に、生存限界は、酵素、タンパクなどの生存限界より狭く、酵素の変性、不活性化等の限界、あるいは細胞レベルでは、カリウムやナトリウムイオンの細胞膜からの漏出やATP（アデノシン3リン酸—身体活動のエネルギー源）の合成ができなくなる前に、中枢神経系の統合機能が故障して死亡するといわれている。人間は環境が変化しても、身体内部の恒常性を維持する調節機能が働く。つまり、体温、血糖、体液の電解質濃度などを一定に保つ調節機能が働いて、内部の恒常性を維持するが、この機能も限界を超えると内部の恒常性を維持できなくなる。寒冷下では、体幹内部の恒常性を維持することに重点が置かれ、むしろ血液は体熱を運搬しているので末梢部は、皮膚や皮下組織の血流量がいちじるしく減少し、体熱の放散を防ぐ。その結果、末梢の皮膚温は10℃付近まで下がるといわれている。

寒さにさらされて起きる最初の反応は、皮膚血管の収縮とふるえによる産熱活動である。伸筋、屈筋がともに収縮と弛緩を繰り返し、基礎代謝量の2～5倍の熱を生み出すと言われている。しかし、ふるえによる産熱は、比較的からだの表面に近いところで行なわれ、手足の末梢部分への血流が増加

する上、皮膚表面近くの空気を動かすので対流を促進し、放熱が大きく、最も効率的な産熱活動とは言い難い。事実、ある程度寒さになれば、ふるえによる産熱活動に取って変わる非ふるえ産熱活動に進む。この変化に重要な役割をはたすのは、内分泌腺で、関係するホルモンの分泌が増加し、寒冷に対する適応を進め、新しい定常状態が成立すると、ホルモンの分泌は正常にもどる。

寒冷時、産熱亢進に重要だと考えられる甲状腺ホルモンは、寒さにさらされて1～2週間で最大の分泌活動を行い、4～8週間でしだいに正常にもどる。副腎皮質ホルモンも同様な活動形態を取るといわれている。ことにノルアドレナリンは、交感神経に作用し、末梢血管を収縮させるとともに、貯蔵脂肪を分解し、遊離脂肪酸の血中への放出作用をうながし、体熱の発生を増加させる。

乳酸脱水素酵素（LDH）にはH型とM型があり、H型は好気性代謝に、M型は嫌気性代謝にそれぞれ機能する。寒冷に適応すると組織活動はしだいに好気性の代謝に移行するといわれている。

夏やせ、あるいは天高く馬肥ゆる秋などと言われ、気温の高いときほど食物の摂取量は減少し、低いときには摂取量が増大する。一般に、寒いときは脂肪食を好み、脂肪は耐寒性の増大に有利であると考えられる。つまり、寒冷に対する産熱活動に脂肪が利用される。脂肪組織には、白色と褐色の2種の組織があり、単なる断熱組織としてあるだけでなく、褐色脂肪組織は白色組織に比べて血管や神経分布が豊富で、活発な代謝が行われ、寒冷時の体温調整に大きな役割をはたす。褐色脂肪組織には大量のノルアドレナリンが含まれており、ノルアドレナリンが脂肪組織の代謝を高め産熱効果を大きくする。

体温は、環境の温度変化に対応して産熱と放熱のバランスを取って一定に保たれる。寒冷下では、代謝を亢進して産熱量を増加する機能と環境と身体中心部との間の断熱性を増し、放熱をおさえる機能を持つ。仮に、産熱だけに体温の維持をたよると、極端な低温下ではぼう大なエネルギーが必要になる。しかも必要なだけの熱を生みだすことができない。したがって、寒冷下では産熱機能が亢進するだけでなく、末梢血管が収縮し、血流が減少し、体熱の放散を防ぐ断熱層を形成する。皮下脂肪層はこうした断熱効果を高めるが、逆に暑いときは皮膚血管が拡張し、脂肪層を通して皮膚表面の血流量が増加する。このとき脂肪層は、放熱のさまたげにならない。

体温を保持するために、寒冷下では代謝が亢進するが、最大代謝量は基礎代謝量の約10倍で、その約75%は筋活動によって生みだされる。寒冷に対する最初の反応であるふるえによる産熱でも、およそ基礎代謝量の2～5倍の熱を生みだすといわれている。ついで非ふるえ産熱機能が亢進し、体内で脂肪の燃焼が増加する。寒冷になれた者の方が、そうでない者よりも脂肪の燃焼を産熱に利用している。ちょうどトレーニングを積んだ者は、そうでない者よりも脂肪を利用しやすいのと同様である。

#### 寒冷と障害

寒冷にさらされ、全身が冷却されると、末梢血管に強い収縮があらわれ、血液の粘性が上昇する。さらに冷却が続くと、体温が低下し、それにともなって心機能が衰弱する。幹動脈でなんとか保もた

れていた血流が減少し、血圧は急激に低下する。直腸温で30～27℃まで下がると意識を喪失するといわれている。やがて、心拍数、呼吸数ともに減少し、死に至る。同じ寒冷でも、大気より冷水にさらされると分子量の関係で、冷却が大きく急速に低体温症を引き起こす。

酸素の消費量は、寒冷下では急速に増加し、30～40分後には安静時の5～6倍になる。同様に、肝臓のグリコーゲンが放出され、血糖値は正常値より4倍も上昇する。しかし、低体温が長びくと血糖値は低下する。

体温の低下とともに動脈血及び静脈血の酸素含有量はすこし増加するが、血液の酸素量が増えても、血液から細胞へ移行しにくくなるので、組織への酸素供給量が増加するわけではない。

寒冷が呼吸中枢に影響して呼吸不全や循環障害が起きると、血中のCO<sub>2</sub>が急速に増加しアチドーゼ（血液が酸性に傾くこと）を引き起こす。血漿が酸性にかたむくことは、酸素とヘモグロビンの親和性が低下し、毛細血管の血流と透過性がよくなる側面も持つ。

凍死にいたるおそれのある障害は心臓と呼吸機能の障害である。そうした場合、酸素吸入をはじめ、人工的に循環と呼吸を保持することが極めて大切である。

低体温により、カリウム／ナトリウム比の低下と呼吸障害による酸素欠乏により様々な障害があらわれるが、特に心筋に酸素が欠乏し、電解質のバランスがくずれると心室細動が起きる。低体温による呼吸筋の硬直が、さらに酸素欠乏を助長する。状態が悪化すると毛細血管の透過性と体液の<sup>しん</sup>滲透圧の変化により、肺水腫をはじめ、全身に浮腫が見られると言われている。

凍傷は、寒冷が最大の要因であるが、濡れた衣類を身に付けていたり、シュタイクアイゼンの締め過ぎなど局所的な圧迫による循環の阻害がそれを助長する。また、酸素不足による体液の電解質のバランスの崩壊、ヘモグロビンの増加や脱水による滲透圧の変化が一層助長する。

寒冷では、末梢血管が収縮し、血流が減少するので、局所の冷却をいっそう速めることになる。皮膚温、約15℃で酸素欠乏によるチアノーゼがあらわれ、約10℃で赤紫色になり、それ以下では明るいピンク色になると言われている。これは、低体温によりヘモグロビンと酸素の親和性が増すことと、組織の酸素消費量の減少により、血液の酸素含有量が増加し、それがすけて見えるからである。

10℃以下になると、しびれ、触覚と痛覚がなくなる。時間の経過とともに、小血管の透過性が増大し、血漿及び赤血球が組織に浸出する。やがて、小血管内で赤血球がかたまり血流障害が起こる。その結果、組織は酸素不足により壊死に至る。一方、細胞間に氷が形成されると細胞内の水分を引き出す。そのため細胞内の電解質とタンパクの濃度が上昇し、タンパクが凝固し損傷する。

#### 寒冷対策

寒冷に対処する第1は、暖かい衣服を着用することである。基本は、風をさえぎることと動かない空気を着ること、つまり対流による熱伝導を防げれば、空気は非常に優れた断熱素材である。羽毛やウール製品は、閉じ込めた空気含有量の多い素材である。帽子は、最近わずらわしいのか被らない人

が多いが、頭髪で保護されているとはいえ、頭部の冷却は相当のダメージを与えることもある。暖かい空気は衣服の中を上昇し、首のまわりから逃げてゆくので、ヤッケのフードを被ったり、首にスカーフをまくなどは効果的な保温対策である。きゅうくつな靴はさけ、靴下や手袋類は、できるかぎり乾いた物を着用する。凍傷の要因の多くは、靴が小さかったり、ひもの締め過ぎで血行を阻害していたり、手袋や靴下が湿っているときに、寒冷や強風にさらされた場合である。ことに、冬期の岩壁登はんは、長時間小さなホールドに立ち続けて確保することが多く、寒冷にさらされるうえ行動による産熱がないので、手足の冷たさはもちろん、非常に寒い。手袋は濡れ易いのでスベアを十分に用意したり、靴ひもの締め過ぎなどに細心の注意がいる。もちろん、暖かい衣類が必要だが、身体の動きをできるだけ防げないものでなければならない。衣服や装備を研究、工夫することは大事なことだが、最も基本的で大切なことは、寒冷に対処する身体を準備することも大切なことである。

寒冷下の長時間運動はぼう大なエネルギーが必要になる。十分な食事を取ることに栄養がきたよりがちな長期の海外登山では、不足する栄養素を、例えば、ビタミンCやEの類は錠剤を活用してでも十分に補給したい。ビタミン類は、補助酵素的な役割を果たすので不足は致命的でさえありうる。短期間の山行ならば、ハイカーボン食（炭水化物食）を活用することは一理あるが、長期間の遠征ではバランスの取れた食事を十分食べることが最も大事である。脂肪食は好ましくないとか、ハイキャンプ食のエネルギー不足はやむ得ないとかの意見もあろうが、食事の摂取能力にはかぎりがあるので、まず基本には、毎日の栄養補給を十分に行うことを前提にして、その上で、食欲減退やハイキャンプ食での不足をどう解決するかを考えるべきである。

高所登山、特に、ポーラーメソッドで展開する場合は、トランスポート量の関係があって、ハイキャンプ食のカロリーが不足勝ちになる。また、ハイキャンプでは食欲が低下し、必要カロリーを摂取できない側面もある。他の競技スポーツ者の摂取量と比べると、一般に登山者の食物摂取量は少ないように思える。日頃のトレーニングが不足し、沢山食べる食習慣が身に付いていないのではないだろうか。1日5,000calの摂取はできないので、ハイキャンプは、その半分位の食糧計画でよいのではないかと考えることもできる。しかし理想的には、十分な栄養補給が必要である。高所の影響で食欲不振、睡眠不足、疲労の蓄積等いわゆる衰退現象が見られるが、こうした現象を少しでも防ぐため、居住環境を快適にし、適切なローテーションやタクティクスの組立、補給と休養の十分な条件を整えることが登山の成功につながるのではないだろうか。言うなれば、遠征食をできるだけ日常食に近付ける努力が必要だと思う。その上で軽量化を図り、保存性を高める工夫をする。最近では、軽量化のみ重視する傾向にあるが、根本的には順応とともに衰退を防ぐポイントは栄養摂取と休養の問題が重要である。とは言え、短期速攻型登山はこの限りでなく、軽量化が疲労や衰退を防ぐ上で最優先条項かも知れない。軽量化は、結局できるだけ無駄な部分を取りさることと、食物中の水分を抜くことにつきる。ただし、総合的に考えないと、ある部分での軽量化ができて、それを補うために他のところで重量

が増加すれば意味がない。不十分な食事を覚悟の上での軽量化によるスピード優先のメリットより、担荷力をつけ、適切な食糧計画による重量増加の方が総合的にはメリットが大きいかも知れない。

一定量のカロリーを確保し、なお栄養がかたよらないためには、消化系に負担が多いからと避ける人も多いが、脂肪やたん白分の多い食事でもかまわないと思う。

寒冷はまた、高所の影響と相乗して電解質のバランスを崩しやすい。したがって、水分の摂取は非常に大切になる。お茶、コーヒー、スポーツドリンク、スープなど水分摂取に心掛けたい。

一方、低圧、寒冷環境に適応するには、基本的には身体的条件による。したがって、トレーニングを積み重ね、心肺機能を向上させることが基本になる。ことに酸素の取り込み口にあたる呼吸機能を中心に、取り入れた酸素を輸送する心機能を強化し、毛細血管の発達、あるいは細胞レベルでの酸素の取り込み能力を高める持久的トレーニングが基本的で、しかも、最も重要な課題になる。こうした機能は、短期間のトレーニングでは意味をなさない。長期的展望のもとに科学的トレーニングを継続してはじめて身に付けることができる。多くの経験を積み、総合的な判断力を養い、技術の向上を図るのは大切なことである。それとともに、心肺循環系機能の向上を図るハードなトレーニングを日常化しなければ、経験の積み重ねだけでは、新しい課題の解決する方向性を見出すことはできない。ことに海外遠征ともなると、事大主義に構えて、準備期間中、長いときには1～2年もの間、準備会、装備、食糧の調達、渉外や雑用に追われ、山行はおろか、トレーニングさえ満足に実施せずに出かけるチームさえある。最も大切な事は、登山者のレベルアップを図ることである。伸び盛りのクライマーにとって、どんなに優れた遠征であろうと、大義名分であろうと、一年間の山行とトレーニングを棒に振ってまで参加する意義のある遠征はありえない。大遠征隊であろうと、全国からの選抜チームであろうと、諸準備は無駄を省き、スマートに行きたいものである。装備や食糧の準備も大変なことであるが、それに追われてしまうと、諸準備こそが遠征であると錯覚さえ起こしかねない。

独断かも知れないが、クライマーが力をつけて行くのは、冬期登はんの実践と日頃のトレーニングである。しかしながら、それから遠ざかった遠征クライマーが多いのも今日の現実かも知れない。長期的展望のもとにマラソンの中山選手のようなハードトレーニングと激しい登はん活動を積み重ねて遠征を組みたいと願うのは、決して私一人ではないだろう。