

環境適応の過去・現在・未来
生物学的側面から

酒井秋男

信州大・医学部・環境生理学教室

The Past, Present and Future of Environmental Adaptation
— the Biological Aspects —

Akio SAKAI

Department of Environmental Physiology Shinshu University School of Medicine, Matsumoto, Japan

1. はじめに

地球上にはさまざまな生物が分布・生存しているが、これらの生物は個々バラバラに生存しているのではなく、一定の法則のもとに生命活動を営んでいる。特に Charles Darwin による生物進化論が確立されて以来、現在の生物は全て、地球の歴史にともなう環境変化とともに進化し、現在にみられる如き多様性に富んだ生物相が出来上っているものと考えられる。なかでも人類は脳の発達、特に精神活動を中心とする高次神経機能の発達によって、生物界の中でも、他の全ての生物を征服し、ピラミットの頂点に位置している。従って、現生人類の環境適応能を考えるためには、現在までの進化過程を分析し、その上に立って適応の問題を解明するのが最も合理的な方法と考える。

大部分の生物は外界から栄養物と酸素を摂取し、その酸化反応のエネルギーを利用して生命維持を行っている以上、基本的には食物取と酸素摂取の両面からより合理的な方向へと適応・進化してきた。例えば、肺呼吸を行う動物の肺の構造についてみると、単なる袋状の構造をもつサンショウウオの肺から両生類→は虫類→は哺乳類の肺へと構造はより複雑かつ機能的となっており、この序列は生物の進化段階を反映している。また血液循環についてみても、魚類の1心室1心房の心臓から両生類や哺乳類の1心室2心房→は哺乳類や鳥類の2心室2心房へと変化し、肺循環と体循環を完全に分離することによって、最も能率的にガス交換のできる構造となっている。鳥類や哺乳類が恒温動物として外界の温度より高い一定の体温を保ち、また活発な

行動ができるのも、このような呼吸・循環器系の発達によっていると言っても過言ではない。また脳の発達程度も進化的序列と一致している。以上のように生物にとって、より高次の構造と機能を備えることは環境変化に対する適応能の増大を意味し、種(Species)の存続と繁栄に連なる。

一方、生物は個体維持と種族維持の両面によって種の存続と繁栄を行っている。個体維持は個々の生物の成長(Growth)の過程であり、種族維持は生殖によって次の世代へと引継がれて行く過程である。この両面の維持作用によって、生物は外界の環境に対して積極的に適応し、その存続と繁栄を可能なものとしている。従って環境適応の面からは、成長と変異(Variation)の研究は極めて重要と考える。

2. 環境と成長

一般に成長の過程はそれぞれの種に固有であると同時に変異性をもっている。そして成長の経過ならびにその結果としての形態は環境に対する適応の様式であり、同時に環境に対する働きかけの手段でもある。従って、成長過程にみられる変異性は環境要因に対して極めて具体的な対応を示す。例えば、北極圏のツンドラ地帯に生息するツンドラノウサギの成長は、冷温帯や温帯地域のノウサギ類と比較して著しく早熟で、成長率が高く、大型となる。この成長にみられる差は、北極のツンドラ地方における短い夏と、冬の寒さに対する適応として見事である。体が大型であることは相対的に体表面積を小さくし、生体側の熱放散の調整とし

て適応的意義が高い。また、ペルーのアンデス地方の海拔4000～5500mの高地民族は低地住民と比較して、体重、身長、座高などは著しく小さい。しかし、胸囲だけは低地住民より著しく大で、北米の白人よりも大きい。この成長にみられる外部形態の違いは、高地の hypoxia および栄養条件が、体の一般的成長を抑制するのに対し、胸部の著しい成長は高地の低酸素環境に対する積極的な適応としての成長パターンの変化と解釈できる。この様に成長の様式は環境変化と密接に関係していると言うことができる（宮尾，1978）。

3. 高所環境に対する適応

ここでは著者らが今まで研究してきた心臓の大きさ、特に右心室肥大の問題を中心に述べる。高所環境下に生活するヒトの心臓の大きさについては、1944年 Kerwin が高地住民について調査し、平地住民と比較して明らかに大きいことを見出して以来、Recavaren & Arias-Stella らの研究によって、この心肥大は主として右心室壁の肥大によっていることが明らかにされた。その後、同方面の幾つかの報告により、ヒトについては勿論のこと、モルモット、ウサギ、イヌ、ヒツジ、ブタ、ウツなどの動物についても同様に右心肥大が認められることが明らかとなり、今では高所にみられる右心室肥大は定説とみなされている。実際著者らも高所環境下に生息している野生小哺乳類（ヒメネズミ）を捕獲し、調べたところ、高所では明らかに右心室肥大の存在することが確認された。そして、この右心室肥大発現の機序に関しては、低酸素環境（hypoxia）による肺血管の収縮を主要因とする解釈が

一般である。しかし、同様な右心室肥大は、季節別には夏季の個体よりも冬季の個体にみられ、また生息地の緯度によるちがいを検討すると、より北方の寒い地方に生息する個体程右心肥大であることが明らかとなった。この結果は低酸素環境下でなくても右心室肥大のみられることを意味し、先の低酸素による肺血管の収縮を主要因とする解釈と矛盾する。そこで共通に惹起する現象として、赤血球数の増加（Ht 値の増加）を上げることができる。赤血球数は、高所環境下では勿論のこと季節別には冬の個体程、緯度のちがいで北方の寒い地方のもの程多く、Ht 値も高い。さらに、この Ht 値と右心室肥大との間にはいずれの環境下でも共に高い相関がみられる。この結果は、環境変化に対応した血液性状の変化（Ht 値の増加など）が2次的に右心室肥大を惹起していることを示唆するものである。以上の現象を実験的に確かめるために、緬羊を用いて寒冷および低圧環境曝露、Ht の増加などが循環動態に及ぼす影響を検討した。その結果、高所にみられる右心室肥大は、低酸素性肺血管の収縮に伴う肺動脈圧の上昇、Ht 値増大に伴う肺動脈圧の上昇などが総合的に影響し、右心室肥大を惹起させていることが明らかとなった。

以上の如く高所環境下では、右心室肥大、肺高血圧、赤血球数の増加など、生命維持のために基本的要求である酸素摂取のための器官にその適応的变化がみられることは明らかである。そして、その適応的变化にも限度があり、それぞれの環境に対して最適値が存在することも明らかである。

（1984年9月11日受付）

