

低圧低酸素環境下でのカイコの研究

Study of Silkworm under Hypobaric Hypoxia Conditions

橋本 博文 [1]

Hirofumi Hashimoto[1]

[1] 筑波大 & JAXA

[1] Tsukuba Univ. & JAXA

火星生命探査では孤立した宇宙での長期滞在が必須であり、食糧の自給や物質の再利用も考えなければならない。これらの閉鎖生命維持システムを広く議論する宇宙農業サロンが提案する火星での物質循環システムでは、カイコを組み込むことが検討されている。カイコはマユからの絹糸の生産のみならず、優良な動物性たんぱく源としても期待されている。また、宇宙農業では農場となる温室ドームの構造を簡略化するために、その内部を低圧に維持することが求められている。いくつかの植物については、純酸素 10kPa の条件で栽培し収穫できることが確かめられているが、動物についてはほとんど明らかにされていない。特にカイコについては、数千年の家畜化されてきた歴史もあり、その生態は詳しく知られているが、宇宙農業で利用するような低圧環境に対する耐性については情報が乏しい。そこで、純酸素 10kPa の条件でカイコの飼育を試みたが、継続的な飼育は困難であるため、短期的な成長段階の生存しか確認できず、コントロールに比して成長が悪いということしかわからなかった。今回は飼育法を改良し、ふ化後 3 週間程度の継続飼育に成功した。さらに、成長が悪くなる原因が物理的な低圧（全圧が低圧である）環境か、あるいは低酸素環境なのかがわかるように、異なる全圧と酸素分圧の組み合わせ環境下で飼育し、その成長を比較したので報告する。

実験条件は全部で 7 種類（A~G）ある。低圧飼育を実現するために、ステンレス製の真空容器等を用い、内部の気体をさまざまな圧力と組成になるように調整した。A, B は純酸素で圧力がそれぞれ 10kPa、20kPa、C, D は酸素と窒素の混合気体でそれぞれの混合比を変えたもので、C は酸素 10kPa + 窒素 10kPa、D は酸素 10kPa + 窒素 90kPa になっている。さらに、気体の圧力と容器の密閉性の影響、およびステンレス製容器の影響を見るために、3 種類の大気コントロール E, F, G を用意した。E と F は同じステンレス容器だが、バルブにより E は密閉され、F は開放されている。また、金属容器であることから熱伝導性の影響も考慮し、プラスチックコンテナによる開放飼育系を F とした。容器の上部はアクリルフランジで内部を観察できるので、写真撮影することによりカイコの体長を測定し、各環境条件の中で 10 個体中上位 5 個体の平均を求め、この平均体長を成長量として評価することにする。これらを 27 に設定された大型インキュベータにふ化前から入れ、飼育を開始する。

飼育実験の結果、ふ化後 15 日目まではあまり有意な差はないが、それ以降、差が広がり、22 日目では明らかに A~D の低圧低酸素群が E~G のコントロール群よりも成長が悪いことがわかる。一般に、カイコは成長段階の後半に成長量が大きくなるが、その伸びが、低圧低酸素群では見られない。A~D の低圧低酸素群の中では、全過程を通して B, C が A, D よりも少し成長が早い。酸素分圧 10kPa で等しい A, C, D が比較できるが、全圧 20kPa の C だけが少し成長がよい。B, C の全圧がともに 20kPa で等しいがあまり差はない。これらのことから、酸素分圧による影響は少なく、全圧が 20kPa の場合のみ僅差ではあるが、成長がよいといえる。E~G のコントロール群の中では、やはりプラスチックコンテナで育てた開放飼育系 G が一番成長がよい。この次に、バルブ開放されたステンレス製容器の F で、一番成長が遅いのが密閉されたステンレス製容器コントロールの E となっている。F と G では容器が金属、プラスチックの違いがあり、熱伝導と熱容量が大きな金属容器よりもプラスチックの断熱性の高い容器の方がカイコの飼育に適していることを示している。E と F では、系の密閉、開放という大きな違いがある。系が密閉されていると容器内部の気体中の水蒸気が常に飽和に近い状態にあり、温度が低い金属部に結露しやすい。その反面、エサからは水分が蒸発し乾燥し、非常に水分が局在化した状態になりやすい。その環境がカイコの生育に悪影響をおよぼし、成長を妨げる要因になると考えられる。このことは、単に E と F の差を生み出しているだけではなく、小さな密閉容器で飼育実験を行うことの困難さを表している。A~D の低圧低酸素群にコントロール E を含めて結果を見ると、酸素分圧 20kPa の B, E では、圧倒的に E の成長がよく、全圧の影響が大きいことがわかる。また、全圧 100kPa の D, E でも圧倒的に E の成長がよく、こちらでは酸素分圧の影響が大きく出ていると考えられる。このように、低圧低酸素群だけで見た場合の結果と矛盾があり、この解明は今後の課題である。