

低圧低酸素環境下でのカイコの成長

筑波大&JAXA 橋本博文、帝塚山大 中山 伸、JAXA 山下雅道、宇宙農業サロン

Growth of Silkworm under Hypobaric Hypoxia Conditions

Hirofumi Hashimoto*, Shin Nakayama, Masamichi Yamashita, Space Agriculture Saloon

*Grad. School of System & Information Eng., Univ. of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8573

E-Mail: hhashi@kz.tsukuba.ac.jp

Abstract: In order to investigate of a possibility of utilizing silkworm for the space agriculture, rearing of silkworms under hypobaric hypoxia conditions was attempted. The main aim is to research influence of low total pressure and hypoxia condition on silkworm. In the case of hypobaric hypoxia conditions without atmospheric control, hypoxia conditions did not affect growth of silkworms. The growth under total pressure of 20kPa is slightly rapid. But with atmospheric control, both low total pressure conditions and hypoxia conditions affect growth. The former result is contradictory to the latter one.

Key words; Silkworm, Space Agriculture, Hypobaric Hypoxia Condition

はじめに

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¹⁾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²⁾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³⁾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。

実験方法

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、図 1 に示すような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。本実験で用いた各容器の気体条件および容器環境条件を表 1 に示す。A, B

は純酸素で圧力を変えたもの、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。これらの条件の中で、全圧と酸素分圧の同異の組み合わせを表 2 に示す。これらのグループの成長を比較することにより、成長が悪くなる原因を解明できるはずである。

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、図 2 のように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 個体の平均を求める。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。



Fig.1 Vacuum vessels for rearing silkworm under low pressure.

Table 1 Seven Hypobaric Hypoxia Conditions.

	Total	O ₂	N ₂	Other Conditions
A	10	10	0	
B	20	20	0	
C	20	10	10	
D	100	10	90	
E	100	20	80	Control (Closed)
F	100	20	80	Control (Open)
G	100	20	80	Control (Plastic)

Unit: kPa

Table 2 Combinations of same or different for total pressure and oxygen partial pressure.

	Total	O ₂	Conditions	
I	Different	Same	A, C, D	B, E
II	Same	Different	B, C	D, E



Fig. 2 Silkworms under low pressure condition.

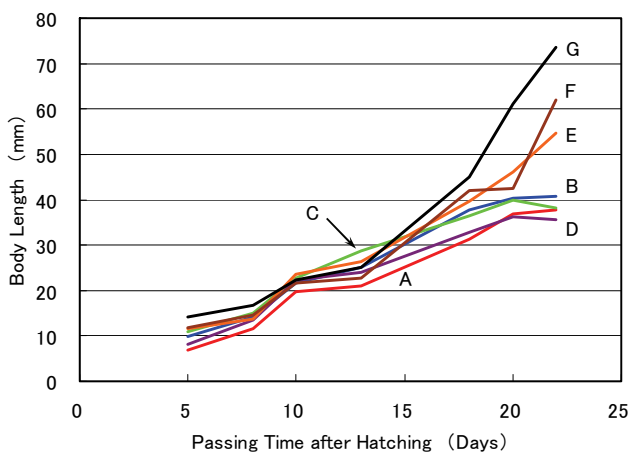


Fig. 3 Growth of silkworms under seven conditions.

実験結果と考察

実験結果を図3に示す。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。表2のタイプIでは、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。タイプIIでは、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、タイプIの酸素分圧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、タイプIIの全圧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、この説明は今後の課題である。

参考文献

- 1) 山下雅道, 他; 宇宙農業構想の基本骨格, 宇宙利用シンポジウム (第22回), pp333-336 (2006).
- 2) Goto, E., Arai, Y. and Omasa, K.; Growth and development of higher plants under hypobaric conditions, SAE: Proc. of 32nd ICES, CD-ROM 2002-01-2439 (2002).
- 3) 橋本博文, 他; カイコの低圧飼育に関する研究, 宇宙利用シンポジウム (第23回), pp400-401 (2007).