

## 哺乳類小動物を用いた宇宙生物学実験機会の展望

片平清昭(福島医大・医)、中野完(JAXA)、跡見順子(東大・総合文化)、石原昭彦(京大・人間環境)、大西武雄(奈良医大)、大平充宣(阪大・医)、奥野誠(東大・総合文化)、桑井康宏(東京医歯大・医歯学総合)、清水強(清水宇宙生理学研究所)、矢野昭起(北海道衛生研)、山崎将生(福島医大・医)、山下雅道(JAXA)

### The Prospect of Space Rodent Experiments

*Kiyooki Katahira (Fukushima Medical University), Tamotsu Nakano (JAXA), Yoriko Atomi (Tokyo University), Akihiko Ishihara (Kyoto University), Takeo Ohnishi (Nara Medical University), Yoshinobu Ohira (Osaka University), Makoto Okuno (Tokyo University), Yasuhiro Kumei (Tokyo Medical and Dental University), Tsuyoshi Shimizu (Shimizu Physiology Laboratory), Shoki Yano (Hokkaido Institute of Public Health), Masao Yamasak (Fukushima Medical University) and Masamichi Yamashita (JAXA)*

JAXA Tsukuba Space Center, Sengen 2-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8505  
E-Mail: nakano tamotsu@jaxa.jp

Abstract: All living organisms have evolved in Earth's gravity, but during Earth orbit or travel between planets, microgravity takes over. Environment on orbit including reduced gravity, particularly over the long period, may affect living organisms seriously. It is essential to identify, to understand, to manage the health risks and finally to reduce its effects to acceptable levels for ensuring crew safety, health, and performance during and after spaceflight. In fact, solutions to medical problems have rarely come from human research alone. Using an integrated approach of animal, cell, and human research can accelerate discovery. From the point of view, NASA had continued to ensure appropriate funding for implementation of high priority facilities, such as the animal habitats and 2.5m-Centrifuge. Nevertheless, the developments of those facility had been canceled on September, 2005. Since the promises of scientific yield from the ISS would be consequently severely compromised without the 2.5m-Centrifuge and NASA's advanced animal habitat, an alternative facility must be developed and be available for all ISS partners. In order to acquire the opportunities of space animal experiment for Japanese researchers continually, and to contribute the space biology, we have been seeking suitable space experiment platforms including not only the ISS but also biosatellites. Currently, the possibility of collaboration between Japan and Russia has been examined in respect to the participation of Japanese researchers in rodent space experiment on the Russian Biosatellite "Bion" or "Foton".

*Key words;* 2.5m-Centrifuge, Rodents, Long-term manned space mission, Space Experiment Platform, Biosatellite, Bion, Foton,

有人火星ミッション計画を今後文字通り、軌道に乗せるためには、“宇宙飛行デコンディショニング (spaceflight deconditioning)” と呼ばれる無重力の影響で起きる生理学的諸問題を事前に解決する手段を獲得しておく必要がある。その達成される見込みが立って初めて、有人火星ミッション計画が概念検討レベル上、具体化するからである。そのために企画されたものこそ、国際宇宙ステーション (International Space Station: ISS) における生物学研究の中核施設と位置づけられた 2.5m セントリフュージ施設であった。げっ歯類飼育装置 (advanced animal habitat: AAH) を開発、搭載し、ヒトの個体

モデルとしての哺乳類実験動物を、無重力、低重力のそれぞれの環境で長期間飼育し、無重力、あるいは低重力環境長期被曝に伴って生じる骨や筋肉等の萎縮の進行を抑制する人工重力の必要最低限な大きさや作用頻度など、基礎データが取得される予定であった。それらのデータが揃って初めて、ヒトを火星へ運ぶ宇宙船に要求される人工重力の環境条件を定めることができるためである。

人工的に作成する遠心力 (重力) の大きさは半径の長さ、回転数の二乗に比例するが、過去の研究結果、ヒトのヒューマンファクターや生理学的効果の見地から、回転数を 4rpm 以上にあげることは不適

切とされ、結果として 4rpm を最も高い回転数として維持した上で求める g 環境に対応して回転半径を変える方法が推奨されている。1g を 4rpm で人工的に作製する場合、回転半径は～56m となり、それは当然、宇宙船全体の長さに影響を及ぼし、全長は～130m もしくはそれ以上となる。一方、3/8g(火星の重力)を 4rpm で人工的に作製する場合、回転半径は～22m、全長は～64m で足りることとなる。人工重力の要求されるレベルが大きくなるほど、トラスは大きな構造重量を持ち、それを支えるためにより強い強度もまた求められ、合わせて電気ケーブルの重量も増え、居住区モジュールの重量もその高い g を支えるために増大し、結果、機体や燃料の重量がかさみ、すなわち開発予算がさらに増大することが余儀なくされるのである。

宇宙飛行デコンディショニングの進行を防ぐ下限の“重力閾値”を明らかにすることが火星有人ミッション成立の基本である理由がここにある。有人火星ミッションに向けて建設される宇宙船の基本構造の青写真を得るには、ISS に代表される低地球軌道プラットフォーム上で長期間、無重力、低重力環境でラットなど哺乳類実験動物を飼育し、影響を調べられる施設が存在が不可欠なものである。一方ではまた、長期間、火星の 3/8g で生存した場合、低い重力環境によりどのようなデコンディショニングが発生するのか、またその場合の対処作はいかにすれば達成されるのか、これも事前に検証しておくことが必要がある。これらの研究に対応し、必ず成果をもたらすことが 2.5m セントリフュージ施設の持つ大きな科学的価値であった。

2004 年 1 月に米国ブッシュ大統領の新宇宙政策が発表されて後、NASA 内において ISS 開発計画の抜本的な見直しが進行し、2005 年には 2.5m セントリフュージ施設の開発中止の可能性が再三報道されることとなった。米国、日本や世界各国の宇宙生物学コミュニティは当施設の宇宙生物学研究における重要性を訴え、計画継続の要望を再三行ったが、同年 9 月、NASA においてそれら施設の開発中止が正式に決定された。

宇宙生物科学分野においては、今後とも同様の実験研究を可能とする施設の開発、利用が求められる。そのため、本 WG において各国の宇宙機関の同等の機能を持つ装置の開発動向に関する調査、装置機能に関する情報取得、並びにそれらの共同利用に関する調整業務を続けている。現在、2007 年秋に打ち上げ予定のロシアの生物学衛星“Bion”を利用したげっ歯類宇宙実験が計画されいている情報を入手し、今後本 WG メンバーを含む日本人研究者グル

ープによる協力の可能性、その参加形態等について積極的に調整を進めている。