

## フリーフライヤー等の早期飛行手段を利用した小型魚類の宇宙生物学研究

大森 克徳(JAXA)、青木 康展(国立環境研)、石岡 憲昭(JAXA)、井尻 憲一(東大)、内田 智子(MHI)、加藤 聖(金沢大)、工藤 明(東工大)、黒谷 明美(JAXA)、河野 靖(MHI)、小林 麻己人(筑波大)、高野 吉郎(東京医歯大)、武田 洋幸(東大)、田中 利男(三重大)、谷村 俊介(江ノ島マリンコーポレーション)、田丸 浩(三重大)、柄内 新(北大)、永松 愛子、夏井坂 誠、西川 和香(JAXA)、馬場 昭次(お茶大)、藤本 信義、益川 充代、村上 敬司(JAXA)、最上 義広(お茶大)、山下 雅道(JAXA)

### Space biology of small fish utilizing a free-flyer

*Katsunori Omori, Yasunobu Aoki, Noriaki Ishioka, Kenichi Ijiri, Satoko Uchida, Satoru Kato, Akira Kudo, Akemi Kurotani, Yasushi Kono, Makoto Kobayashi, Yoshiro Takano, Hiroyuki Takeda, Toshio Tanaka, Shunsuke Tanimura, Yutaka Tamaru, Shin Tochiuchi, Aiko Nagamatsu, Makoto Natsuisaka, Waka Nishikawa, Shoji Baba, Nobuyoshi Fujimoto, Mitsuyo Masukawa, Keiji Murakami, Yoshihiro Mogami, and Masamichi Yamashita*

Corresponding to: Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2-1-1, Sengen, Tsukuba, Ibaraki, 305-8505

E-Mail: omori.katsunori@jaxa.jp

Abstract: Recently, small fish such as Medaka, Zebra fishes and so on are well known as the model animals widely used in the field of genetics, development, and medical studies. We have been studying the research plan using the aquatic model animals to examine the influence on the vertebrate in space environment in this working group.

#### 1. 本WGの目的

本WGは平成16年度選定WG「フリーフライヤー等の早期飛行手段を利用した重力生物学研究－(特に水棲生物実験を主体として)－」を継続・発展させたものである。

小型魚類は哺乳動物と相性の高い脳神経系、内分泌系、循環器系、免疫系などを有し、微小重力環境下の飼育が小動物と比較して容易である上に、多産性、世代時間の短さなどの特徴を持つ宇宙実験に適した動物モデルである。わが国においても既にメダカや金魚を用いた宇宙実験が実施されており、地上においても小型魚類の重力生物学について継続的な研究が行われている。

一方、水棲生物実験装置の開発・運用に関して、わが国はFMPT(鯉)、IML-2(メダカ、金魚、イモリ)、ニューロラブ(ガマアンコウ)等、優れた実績を有しているばかりでなく、現在もメダカ、ゼブラフィッシュ、アフリカツメガエルをモデル生物に選定し、ISS/JEM

搭載のための水棲生物実験装置の技術研究を推進している。

しかし、スペースシャトルの運用は再開されつつあるものの、宇宙実験の機会是非常に限られており、そのことが小型魚類を用いた重力生物学研究の進展において大きな障害となっている。そこで本WGでは技術研究の成果を最大限に活用し、将来的にはISS搭載水棲生物実験装置の利用を想定に置いた上で、先ず早期に実現できる具体的研究テーマを創生して、フリーフライヤー等を利用した実験機会にアプライすることを目的とした活動を行う。対象生物はモデル生物のメダカおよびゼブラフィッシュに限定するが、研究分野は限定せず、可能な限りサンプルシェアを行って、少ない実験機会で最高の研究成果を得ることを目標とする。

#### 2. 本年度の活動

2-1 宇宙におけるメダカ骨代謝プロジェクトとの協調  
昨年度の本WG活動により、平成18年9月打上予

定の中国フリーフライヤーを利用した宇宙実験において、「宇宙におけるメダカ骨代謝」プロジェクトが研究テーマ候補として採択されたことを受け、本年度は本プロジェクトに向けた準備を活動の中心とする計画であった。

すなわち、「宇宙におけるメダカ骨代謝」サンプルで使用しない部位を利用した実験計画を立案し、それにむけた予備実験等を実施する予定していた。そのために実験のコンフィグレーション、メダカの搭載個体数等の情報収集を行ったが、打ち上げリソースの大幅削減により宇宙におけるメダカ骨代謝プロジェクトが中止になることが昨年10月に明らかとなった。

そのため活動方針を次年度以降の飛行機会に対応することに切り替えた。

## 2-2 装置構想

今後のフリーフライヤー実験を想定し、様々な規模の実験に対応するために、数種類の装置構想を作成した。詳細は本シンポジウムの別の講演において紹介される。

## 2-3 研究テーマ

フリーフライヤー実験における研究テーマ候補として現在のところ以下のものがある。今後、想定される実験機会への適合性を考慮し、研究テーマの具体化を図る。

### ・宇宙放射線被ばくの生物影響

遺伝子導入ゼブラフィッシュを用いて、宇宙放射線被ばくによりどの程度の頻度で脊椎動物体内に突然変異が発生するかを明らかにし、発ガンなどの健康リスク評価に必要なデータを得る。

### ・重力応答遺伝子クラスターとゲノム機構

骨、筋肉組織等における重力応答遺伝子クラスターを特定、ゲノム機構を解明し、筋萎縮、骨粗しょう症等宇宙特有の疾患の発症メカニズムを解明する。

### ・微小重力下での骨リモデリング

骨リモデリングのモデル系として、メダカ歯のリモデリングの過程に微小重力が及ぼす影響を調べ、骨形成と重力の関連を分子的に解明する。

### ・微小重力下での発生・成長

微小重力で発生、成長したメダカ前庭器官の変化を

把握し、宇宙でのライフサイクル実験、人類の宇宙進出のための基礎データを得る

### ・重力の役割とクリティカルポイント

宇宙でのメダカの初期発生、形態形成、稚魚の行動を遺伝子動態、遺伝子産物や代謝系の変化から解析し、重力の役割とクリティカルポイントの有無を明らかにする。

### ・無重力下における成熟ゼブラフィッシュの視神経損傷後の網膜-視蓋連絡の特異性

微小重力における成熟ゼブラフィッシュの視神経再生を形態学、生化学、行動学的手法から解析し、神経再生に重力がいかに関与しているかを明らかにする。

## 3. 今後の予定

宇宙環境利用について、JEMの第二期利用の方向性が議論されているが、本WGは宇宙実験における小型魚類の有用性を主張し、JEMでの長期飼育、観察、軌道上での試料採取が可能な水棲生物実験装置を要望していくつもりである。

ISSから大型セントリフュージ施設が削られ、ESAもマウス飼育装置の搭載をやめることとした現在、軌道上施設において飼育可能な脊椎動物は、人間（宇宙飛行士）を別とすれば、我々が研究対象としているメダカ、ゼブラフィッシュを中核とする小型水棲動物のみである。

今後の国際宇宙計画が、有人惑星探査の方向性をより強く打ち出すとしても人間以外の脊椎実験動物による研究成果は必須である。

危惧される軌道上重力対照実験についても、既に打ち上げのKUBIK(ESA)、または完成し打ち上げを待っている装置(EMCS,BIOLAB:ESA, CBEF:JAXA)に、小型ではあるがセントリフュージを有しており、メダカのレベルの小型水棲動物ならば十分重力対照実験に対応できる。これらは18回のシャトルフライトでの打ち上げ予定の装置であり、2010年における利用が見込めるものである。

ただし、小型セントリフュージを用いたときのコリオリ力等の生理学的影響については調査中である。なお、生理学的影響を回避するために、ヒトでは半径56m、

ラットでは直径 2.5m、マウスでは直径 80cm の遠心機が設計されてきた。小型魚類は体長 3cm 程度と小型であるため、例えば直径 35cm の CBEF 附属セントリフュージでも生理学的影響を回避できるのではないかと期待している。

なお、現在の WG はフリーフライヤ利用に限定した WG となっているため、本 WG は一度解散し、「宇宙におけるメダカ骨代謝」WG のように、テーマ毎に WG を立てることを検討している。それぞれの WG で ISS 利用を目指すのか、フリーフライヤ利用が目的であるのかを決定する。

今後は複数の WG に分割されることになるが、適宜、水棲生物関連 WG の合同会合を開催し、連携を保ちながら WG 活動を開催したいと考えている。

#### 4. 研究班 WG 体制

・ 代表者

大森克徳(JAXA)

・ WG 構成員

青木康展(国立環境研)、石岡憲昭(JAXA)、井尻憲一(東大)、内田智子(MHI)、加藤聖(金沢大)、工藤明(東工大)、黒谷明美(JAXA)、河野靖(MHI)、小林麻己人(筑波大)、高野吉郎(東京医歯大)、武田洋幸(東大)、田中利男(三重大)、谷村俊介(江ノ島マリンコーポレーション)、田丸浩(三重大)、柄内新(北大)、永松愛子、夏井坂誠、西川和香(JAXA)、馬場昭次(お茶大)、藤本信義、益川充代、村上敬司(JAXA)、最上義広(お茶大)、山下雅道(JAXA)

(五十音順、敬称略)