

平成 20 年 3 月 27 日

平成 19 年度「水産学の宇宙生物科学への応用展開」活動報告書

東京海洋大学 海洋科学部 海洋生物資源学科 竹内 俊郎

1. 構成メンバー

氏名	所属
竹内俊郎	東京海洋大学 海洋科学部
小川廣男	東京海洋大学 海洋科学部
佐藤秀一	東京海洋大学 海洋科学部
羽曾部正豪	東京海洋大学 海洋科学部
吉崎悟朗	東京海洋大学 海洋科学部
遠藤雅人	東京海洋大学 海洋科学部
落合芳博	東京大学大学院 農学生命科学研究科
寺井 稔	大妻女子大 社会情報学部
内田直行	日本大学 生物資源科学部
清本正人	お茶の水女子大学 湾岸生物教育研究 センター
黒谷明美	JAXA/ISAS
大森克徳	JAXA/ISAS

2. 本年度 WG 会合開催実績

(1) 第 1 回メール会議:

平成 20 年 3 月 10 日

3. 活動目的

本ワーキンググループ (WG) は宇宙 (月面および火星等を含む) における魚介類の生産を前提とし、水産科学的手法を駆使した宇宙実験を重ねることにより宇宙水産養殖の方法論を確立することを目指す。宇宙水産学という学問分野の創設につながる先駆

的な研究課題を精力的に提案することを目的とする。

宇宙における食用魚の生産が本 WG の究極目標であるが、現時点では水生生物実験装置のモデル生物に選定されているメダカおよびゼブラフィッシュを材料とした宇宙実験を計画し、宇宙水産養殖の方法論を確立することを目指す。それ以外の魚類や無脊椎動物についてはフリーライヤ等を用いた、比較的短期間かつ小規模の宇宙実験実施を目指す。

宇宙実験にはこれまで実に様々な水棲生物が使われてきた。現在も ISS/「きぼう」に水棲生物実験装置が搭載されることが検討されており、実験生物としての水棲生物の重要性は広く世界に認知されている。しかし、宇宙における水棲生物実験の大部分は重力生物学等の宇宙生物科学あるいは宇宙医学に焦点を絞ったものであり、水棲生物そのものを宇宙で利用することに言及する研究は少ない。水棲生物は宇宙における生命維持技術において炭素再生循環の一部、すなわち CO₂ や有機廃棄物を食料に変換することに利用できる。今後は米国新宇宙計画の影響により有人宇宙探査関連の研究が推進されると予想され、宇宙医学や生命維持技術研究の重要性が高まるものと思われる。

一方、「食」という明確な目的を持つ総合的な学問である水産学は、近年、とくにライフサイエンスとバイオテクノロジーを融合した分野において目覚ましい発展が見られている。例えばゲノム解析やタンパク質構造解析をはじめ、遺伝子導入を応用した育種技術、微量有用成分の検出、環境制御による生物制御技術等々において格段の進歩を遂げている。これらの地上で

培った水産科学的な視点と手法を宇宙実験に応用することで、将来の宇宙水産養殖のための基礎データを取得できるばかりでなく、これまで検出されなかった生命現象の発見や生物科学の新たなアプローチの提唱等、科学の発展に寄与することができると思う。

4. 活動内容

本年度 WG は諸般の事情によりメール会議を行うこととした。内容は最近の水産生物を用いた微小重力実験の状況調査報告を行うとともに小型回収衛星へ搭載するスモールペイロードを用いた実験の具体的なアイデアについて検討を行った。

まず、水産生物を用いた微小重力実験の状況調査に関しての以下の調査結果が報告された。

1) ドイツの Dr. Ralf Anken らのチームがスウェーデンの小型ロケットを用いたティラピアの行動観察実験を2月に行った。本実験はティラピア *Oreochromis mossambicus* を観察用の装置に収容し、小型ロケットで打ち上げて行動を観察するものであり、約6分間の微小重力環境下での観察が可能であった。その後、地上に落下したペイロードを回収した。

2) 小浜水産高校堀田浩司教諭が JAXA に依頼されて生産したミジンコ *Daphnia pulex* 耐久卵が「きぼう船内保管室」とともにスペースシャトルエンデバーで3月11日に打ち上げられた。「きぼう船内保管室」は現在国際宇宙ステーションに取り付けられ、耐久卵は半年後、地上へ戻されて教育に利用される予定である。なお、今回使用した耐久卵の孵化条件の検討について本 WG メンバー遠藤雅人助教(東京海洋大学)と共同で行うこととしている。

次に小型衛星搭載型スモールペイロードの検討については本年1月に大森克徳主任研究員(JAXA)から、現在の状況下では ISS/「きぼう」におけ

る実験提案よりも回収衛星によるスモールペイロード実験の検討を進めたほうが、迅速な提案ができ、かつ実現性が高いとのご意見があり、今回はスモールペイロードを利用した実験について本 WG メンバーにアイデアを募った。

遠藤雅人助教(東京海洋大学)からは魚類体組成成分および飼育水の変化に及ぼす微小重力の影響についての提案がなされた。内容は次の通りである。微小重力下においては骨からのカルシウムの損出等のミネラル類の吸収排出機構が変化することが明らかになっている。しかし、この骨および筋細胞の変化やその変化と魚類の栄養吸収や物質排出の関連性、さらには飼育水に対してどのような影響を及ぼすかについての詳細な検討はなされていない。そこで、体長数 cm の小型魚類もしくは大型魚類の稚魚を用いて体組成の変化や水質への影響について調査する。スモールペイロードは人工肺付属の閉鎖循環式飼育システムを用いる。自動給餌をしながら数週間の飼育を行い、飼育終了後、ペイロードを回収する。サンプルの回収は飼育水については微小重力中で自動回収を行う。魚体については体組成成分測定用および組織観察用に分けてそれぞれ処理し、体組成成分と筋骨格系への影響を調査する。

また、落合芳博准教授(東京大学)からは微小重力下における死後の魚体の変化に関する研究提案がなされた。内容は次の通りである。生命が宇宙という特殊環境にいかに対応するかを明らかにすることは重要課題であるが、宇宙での滞在が実現された場合、必ず死という現象に遭遇することになる。そこで無重力空間において、小型魚類の各組織における死後変化がどのように進行するのかについて検討を加える。この検討は、宇宙における魚類の増養殖が実現された場合、収穫後の鮮度保持という難題解決にも

資することになると考えられる。具体的にはメダカ、ゼブラフィッシュなどの小型魚類およびトラフグなどの幼魚を用いて、これらの魚類を生きのままスモールペイロードに搬入する。微小重力下で頭部切断による即殺、あるいは水から取り上げて放置し、苦悶死させる。各試料から、皮膚、筋肉、肝臓、眼球などを摘出し、凍結保存する。死後1週間にわたり試料を蓄積する。その後、総菌数、タンパク質や脂質などの生体成分の分解の様子を、種々の生化学的手法により測定する。

以上、2案が提案された。今後は装置開発も含めた各アイデアの実現に向けた検討を進めていく。また、スモールペイロード研究分野の講師を招いて技術的な説明をしていただくことも検討している。

5. 成果

原著論文

遠藤雅人. 淡水循環式養殖システムにおける物質の蓄積とその利用. *Eco-Engineering*, **19**(3), 129-132, (2007) 査読なし

Kobayashi, S., Alimuddin, Morita, T., Miwa, M., Lu, J., Endo, M., Takeuchi, T. and Yoshizaki, G. Transgenic Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) over-expressing growth hormone show reduced ammonia excretion. *Aquaculture*, **270** (1-4), 427-435, (2007)

学会発表

遠藤雅人, 金丸誠一, 齋藤美里, 柿本夏紀, 竹内俊郎. 微小重力下におけるティラピアの姿勢保持と摂餌行動に関する研究. 2007 生態工学会年次大会: 2007 年 6 月 2-3 日

大久保裕加子, 遠藤雅人, 陸 君, 佐藤秀一, 竹内俊郎. スピルリナ飼料を用いた閉鎖循環式飼育における水質とティラピアの成長. 平成 19 年度日本水産学会秋季大会: 2007 年 9 月 25-28 日

遠藤雅人, 大久保裕加子, 陸 君, 佐藤秀

一, 竹内俊郎. スピルリナ飼料を用いたティラピアの閉鎖循環式飼育における物質収支. 平成 19 年度日本水産学会秋季大会: 2007 年 9 月 25-28 日

Masato Endo, Nitrogen and mineral budgets in a 189-day feeding experiment with tilapia *Oreochromis niloticus* in recirculating fish culture system. JSPS-NRCT International Symposium Joint Seminar, Sufficiency Economy Philosophy for the Sustained Development of Fishery: December 17-18, 2007

竹内俊郎, 遠藤雅人. 微小重力下におけるティラピアの遊泳と摂餌行動に関する研究. 宇宙利用シンポジウム(第二十四回): 2008 年 1 月 17-18 日

遠藤雅人, 柿本夏紀, 飯嶋真未, 竹内俊郎. 長期冷蔵保存したタマミジンコ耐久卵の孵化率および増殖能. 平成 20 年度日本水産学会春季大会: 2008 年 3 月 27-31 日

学位論文

森 裕一郎. 養魚廃棄物を用いた魚類初期餌料の生産に関する研究. 修士論文, 東京海洋大学, 東京. (2008)

競争的資金獲得状況

竹内俊郎, 佐藤秀一, 吉崎悟朗, 遠藤雅人. 科学技術振興調整費先端融合領域イノベーション創出拠点形成・H19-21 年度(文部科学省), 海域生物工学の戦略的イノベーション創出

竹内俊郎, 佐藤秀一, 吉崎悟朗, 遠藤雅人. 平成 18-23 年度 教育改革プログラム, 文部科学省, 海産食品の安全・安心に関する実践的教育研究の形成

競争的資金応募状況

竹内俊郎, 遠藤雅人. 科学研究費補助金 基盤研究(A)(一般)H20~H23, 新たな養殖魚の作出と飼育システムの開発
遠藤雅人. 科学研究費補助金若手研究(B)H20~H22, 海産魚養殖により環境中へ負荷される物質を利用した餌料生物の生産