平成 19 年 4 月 22 日

平成 18 年度「宇宙環境下における生殖・継世代研究の展開」活動報告書

代表者 東京大学大学院総合文化研究科 奥野誠

1. 構成メンバ

氏名	所属
奥野誠	東京大学大学院総合文化研究科 広域科学専攻
石島純夫	東京工業大学 大学院生命理工学研究科
稲葉和男	筑波大学下田臨海実験センター
上村慎治	東京大学大学院総合文化研究科 広域科学専攻
久保田俊一郎	東京大学大学院総合文化研究科 広域科学専攻
清水 強	諏訪マタニティークリニック 附属清水宇宙生理学研究所
堂前雅史	和光大学人間関係学部人間関係学科
中村健一	県立広島大学 生命環境学部 環境科学科
浜口幸久	東京工業大学大学院生命理工学研究科
藤ノ木政勝	獨協医科大学生理学(生体制御)
最上善広	お茶の水女子大学 理学部 生物学科
渡辺明彦	山形大学理学部生物学教室
安部宏之	東北大学 先進医工学研究機構生命機能科学分野

2. 本年度 WG 会合開催実績

平成 18 年 12 月 25 日に東京大学駒場キャンパスにおいて下記のようなシンポジウムを行った。

宇宙環境下における生殖・継世代研究の展開 2006 年 12 月 25 日

15:00 上村慎治 有害宇宙線の生物試料への影響を調べる手法の試み

15:30 安部宏之 微小重力環境の影響を評価するための単一細胞ミトコンドリア機能解析システム

16:00 石島純夫 日欧米の妊婦配偶者精

液の検査法と性状

16:30 稲葉和男 新たな宇宙実験モデル生物系としてのホヤ

17:00 清水 強 ヒトの生殖に関連する諸問題について

17:30 総合討論

内容の要旨は以下の通りである。

有害宇宙線の生物試料への影響を調べる手法の試み 上村慎治

宇宙環境での種々の生命活動を考えると、地球上とは異なり極めて高いエネルギーの宇宙線(高エネルギー電磁波、粒子線)にされされる危険性が極めて高い。その影響は、蓄積的な効果もあり、詳細な特性を調べる意義は大きい。これまでは個体レベル、あるいは、酵素活性などで放射線の照射の影響を調べる実験は行われてきたが、細胞生物学的な研究は手法上難しかった。細胞への宇宙線による局所的なダメージが、その後の活動や分裂・増殖にどのような影響を及ぼすかを調べるには、光学顕微鏡と放射線照射実験をうまく組み合わせる新しい手法の開発が不可欠であると考えている。ここでは、その様な顕微鏡開発の例を紹介する。合わせてウニ精子ベン毛への X 線照射実験の例も紹介する。

微小重力環境の影響を評価するための単一細胞ミトコンドリア機能解析システム

安部宏之

宇宙環境がミトコンドリア機能、最終的には生殖機能に対してどのような影響を与えるのか非常に興味深い。我々の計測システムは、単一細胞レベルで酸素消費能を指標にミトコンドリア機能や生殖細胞の品質を解析することが可能であり、宇宙環境での生殖機能の評価との関連で考察する。

日欧米の妊婦配偶者精液の検査法と性状

石島純夫

港誤用大学精子数の大幅な減少とのコペンハーゲン大スカケベックの報告を受けて行われた国際精液調査の報告が出そろった。世界共通のマニュアルでの調査とこのうたい文句とは裏腹に、日欧米で調査法に微妙な違いができて

しまい、したがって報告された精液性状も信頼できるものとはなっていない。正確な精液検査法と妊婦配偶者精液の正しい性状について報告したい。

新たな宇宙実験モデル生物系としてのホヤ 稲葉和男

ホヤはヒトと同じ脊索動物に属するが、その体制は極めて単純である。ゲノム解析、ポストゲノム解析も進み、また一世代の時間も短いことから、脊椎動物の成立を研究する新たなモデル生物として注目されている。また、幼生には脊索が形成され、幼生の運動器官が筋肉であること、管状の神経管を形成すること、脳胞の中に光と重力を感知する器官が存在することなど、宇宙環境において形態形成を調べる上で興味深い点も多い。今回は、ホヤの体制、生殖、発生の概略と、宇宙実験における可能性について概説する。

ヒトの生殖に関連する諸問題について

清水強

ヒトが宇宙環境で社会構築していくためには、セクシュアリティを考慮することがきわめて重要である。その場合、妊娠中の胎児と母体や外界との相互作用、乳児における授乳がその後の人格形成や社会形成に重要な役割を演じることが分かってきている。ヒト独特の対面授乳に対する重力の影響などについて考察する。

3. 活動目的

生殖は自己と同じ特性を持つ個体を複製し増殖させていくという、最も生物学的な現象のひとつであり、生物種の存続の鍵を握っているのみならず、進化とも大きな関わりを持っている。宇宙環境において地球型生物の生殖が可能であるのか、またはどのような影響を受けるのか、という問題は、宇宙への進出とそこでの長期滞在が視野に入りつつある現在、その重要性を増しつつある。一方現状では、ヒトを含む高等動物においてはせいぜい単世代での宇宙実験が行われているに過ぎず、長期間・継世代に亘る研究はほとんどなされていない。そこで将来のこの分野の研究展開を見据えて、この分野に携わる研究者が情報交換を頻繁に行い、横断的な活動ができる場をつくり、生殖と重力環境という基礎生物学的な課題のみならず、上記の問題点を検討し、その対策を提言できるような研究分野を確立し発展させることが重要な課題となる。本WGは広範な関連分野の研究者により、この課題に対処すること、さらには、具体的な宇宙実験の提案を含めた活動を行うことを目

的とする。

4. 活動内容

昨年度までと同様な研究討論会を開催した。そこではそこでは上記のプログラムのように5名の演者によって話題提供をしていただき、討論を行った。

生殖細胞レベルでは、精子の鞭毛に関する高エネルギー線による研究と、単一卵におけるミトコンドリア活性の測定について、宇宙での実験について議論した。また、ヒト精子の評価についての報告から、宇宙環境の及ぼす影響について議論し、宇宙飛行士において精子評価データがあるのか、調べることに、一つの研究目標として意義があるのではないかとということで、今後検討を進めることとなった。

また新たな宇宙実験モデル生物としてホヤが示唆された。ホヤは進化・系統分類的に重要な位置にあり、ゲノム解析も完了していることや飼育が比較的易しく、成長が早くその過程も変化に富むことから大変有望であると考えられる。これについては今後宇宙フォーラムの地上実験などに提案して行く方向で議論が進んだ。

ヒトが宇宙環境で長期間滞在する場合、重要な問題の一つが社会形成である。新しい環境に人間社会を構築していくためには、セクシュアリティを考慮することがきわめて重要な課題となる。その場合、乳児における授乳がその後の人格形成や社会形成に重要な役割を演じることが分かってきている。ヒト独特の対面授乳の意義、それが宇宙環境（長期間の微小重力）においてどのような影響を受けるかなどをさらに探求していく必要が指摘された。これはわがWGが扱うべき問題であるという認識で、今後の課題とすることを考えている。

5. 成果

原著論文(抜粋)

Requirement of the fixed end for spontaneous beating in flagella. Fujimura, M. and Okuno, M. J. Exp. Biol. 209; 1336-1343 (2006)

Microtubule sliding movement in Tilapia sperm flagellar Axoneme is regulated by Ca^{2+} /Calmodulin-dependent protein phosphorylation. Morita, M., Takemura, A., Nakajima, A. and Okuno, M. Cell Motil. Cytoskel. 63; 459-470 (2006)

Ap58: a novel in situ outer dynein arm-binding protein. Ogawa K, Inaba K. Biochem Biophys Res Commun. 343, 385-390

(2006).

Molecular characterization of Ciona sperm outer arm dynein reveals multiple components related to outer arm docking complex protein 2. Hozumi A, Satouh Y, Makino Y, Toda T, Ide H, Ogawa K, King SM, and Inaba K. *Cell Motil Cytoskel.* 63, 591-603 (2006).

Testosterone causes decrease in the content of skeletal muscle myosin. Kawada, S., Okuno, M., and Ishii, N. *Int. J. Sport and Health Sci.* 4; 44-48 (2006)

Ciliated cells differentiated from mouse embryonic stem cells. Nishimura, Y., Hamazaki, T. S., Komazaki, S., Kamimura, S., Okochi, H. & Asashima, M., *Stem Cells*, 24:1381-1388, (2006)

Oxygen consumption of cell suspension in a poly(dimethylsiloxane) (PDMS) micro-channel estimated by scanning electrochemical microscopy. Saito T, Wu C.-C., Shiku H, Yasukawa T, Yokoo M, Sasaki T, Abe H, Hoshi H, Matsue T *Analyst*, 131: 1006-1011. (2006)

The murine slaty mutation affects the morphology and maturation of melanosomes in the mouse melanocytes. Hirobe T, Abe H *Pigment Cell Res.*, 19: 454-459 (2006).

Oxygen permeability of surface-modified poly (dimethylsiloxane) characterized by scanning electrochemical microscopy. Shiku H, Saito T, Wu C-C, Yasukawa T, Yokoo M, Abe H, Matsue T, Yamada H, *Chemistry Letters*, 35:234-235 (2006).

Gravikinesis in Paramecium: Approach from the analysis on the swimming behavior of single cells. Takeda, T., Mogami, Y. and Baba, S.A. *Biol. Sci. Space*, 20, 44-47 (2006).

Cell proliferation of Paramecium tetraurelia on a slow rotating clinostat. Sawai, S., Mogami, Y. and Baba, S.A. *Adv. Space Res.*, In Press, Available online 23 Feb (2007) (doi:10.1016/j.asr.2007.02.23).

Heterogeneity and tissue specificity of tropomyosin isoforms obtained from four species of bivalves. Fujinoki M, Ueda M, Inoue T, Yasukawa N, Inoue R and Ishimoda-Takagi T. *Comp Biochem and Phys, Part B*, 143(4), 500-506 (2006)

Profiling of proteins phosphorylated or dephosphorylated during hyperactivation

via activation on hamster spermatozoa. Fujinoki M, Suzuki T, Takayama T, Shibahara H and Ohtake H. *Reprod Med and Biol*, 5, 123-135 (2006)

Proceedings など(抜粋)

宇宙環境下における生殖・継世代研究の展開-III 奥野誠 他 WG *Space Util. Res.* 23; 253-255 (2007)

マウスの成長における過重力の作用 小山一羊、竹井 元、奥野誠 *Space Util. Res.* 23; 250-252 (2007)

宇宙環境における保育行動 清水強 他 *Space Util. Res.* 23; 256-259 (2007)

変動重力に対する生物対流パターンへの応答 最上善広 他 *Space Util. Res.* 23; 335-338 (2007)

精子鞭毛運動とプロテオソーム、ゲノム情報と精子学 稲葉一男 新編精子学 東京大学出版会 (2006)

プロゲステロンによって引き起こされた精子超活性化に連動したタンパク質リン酸化の変動 藤ノ木政勝、野口崇夫、稲葉憲之 日本ヒトプロテオーム機構第4回大会 (2006)

競争的資金獲得・応募状況など(抜粋)

奥野誠 特定領域研究 局所阻害法による鞭毛運動形成機構の解明 (公募研究代表) 平成18年度

最上善広 基盤研究(C) 細胞増殖は重力の作用を受けるか - ゴウリムシの増殖に対する重力作用機構の詳細検討 (研究代表者) 平成18年度

最上善広 第8回 宇宙環境利用に関する公募地上研究 生物対流による時空間構造形成における重力効果の増幅発現 2, 6 25千円 平成18年度

稲葉一男 科学技術振興機構 バイオインフォマティクス推進事業 「ホヤプロテイン統合データベースの構築」(代表) 平成18~

上村慎治 独立行政法人科学技術振興機構(受託研究) レーザー暗視野顕微鏡を使った新しい振動解析システムの構築とモーター分子振動の解析 平成19年度