

宇宙環境下における生殖・継世代研究の展開—Ⅲ

奥野誠（東京大学・総合文化）、石島純夫（東京工大・生命理工）、稲葉一男（筑波大・下田臨海実験センター）、上村慎治（東京大学・総合文化）、久保田俊一郎（東京大学・総合文化）、清水 強（清水宇宙生理学研究所）、堂前雅史（和光大学・人間関係）、中村健一（県立広島大学・生命環境）
 浜口幸久（東京工大・生命理工）、藤ノ木政勝（独協医大・生理）、最上善広（お茶大・生物）、渡辺明彦（山形大学・生物）

Studies on Reproduction and Continuity of Life under the Space Environment - Ⅲ

Makoto Okuno^{1*}, Sumio Ishijima², Kazuo Inaba³, Shinnji Kamimura¹, Shunnichiro Kubota¹, Tsuyoshi Shimizu⁴, Masashi Dohmae⁵, Kennichi Nakamura⁶, Yukihisa Hamaguchi², Masakatu Fujinoki⁷, Yoshihiro Mogami⁸, and Akihiko Watanabe⁹

¹Dept. Life Sci., Grad. Sch. Arts Sci., Univ. Tokyo, Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8902 *E-Mail: cokuno@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp. ²Grad. Sch. Biosci. Biotech., Tokyo Inst. Technol., ³Shimoda Marine Res Ctr, Univ. Tsukuba, ⁴Shimizu Lab. Space Physiol., ⁵Dept. Human Relat., Wako Univ., ⁶Dept. Environ. Sci., Pref. Univ. Hiroshima, ⁷Dept. Regulat. Physiol., Dokkyo Med. Univ., ⁸Dept. Adv. Biosci., Ochanomizu Univ., ⁹Dept. Biol., Yamagata Univ.

Abstract: We organized a working group for studying the reproduction and continuity of life under the space environment. The aim of our project is to get deep insight into the effect of space environment, especially the effects of gravity for long period of time, on reproduction. We discussed mainly two projects following this year. The first one was assessment of sperm quality. For human reproduction in space, the sperm quality of astronauts is one of the important factors. We noticed that it was necessary to progress the research about the effect of space environment on male reproductivity, sperm quality. We also discussed about *Ciona intestinalis*, as a new model animal for space biology. This animal has excellent features for the space experiments, such as relatively short life cycle, completed genome project, belonging to phylum Chordata that is close to vertebrate and so on. We move ahead on these proposals as the new project.

Key words; reproduction, hyper gravity, sperm quality, *Ciona intestinalis*

我々が立ち上げた研究班「宇宙環境下における生殖・継世代研究の展開」は本年度で3年目を迎えた。昨年度のメンバーである石島純夫（東京工大・生命理工）、奥野誠（東京大・総合文化）、上村慎治（東京大・総合文化）、清水 強（清水宇宙生理学研究所）、堂前雅史（和光大・人間関係）、中村健一（県立広島大・生命環境）浜口幸久（東京工大・生命理工）、藤ノ木政勝（独協医大、生理）、最上善広（お茶大・理）、渡辺明彦（山形大・生物）に稲葉一男（筑波大学下田臨海実験センター）を新メンバーとして加え活動している。

宇宙環境下において生物種を維持存続させるためには、個々の生物個体の維持は無論のことであるが、生殖が円滑に行われなければならない。地球型の生物の生殖において、重力がどのような関わりを持っているのか、宇宙環境で生殖が可能なのかという問題は大変興味深いものである。さらに宇宙進出が現実のものになりつつある現在、宇宙環境下にお

ける種の維持は長期的な展望において重要な課題であり、それには生殖の問題を避けて通ることはできない。

本ワーキンググループは、宇宙環境が様々な生物の生殖にどのような作用を及ぼすかを明らかにするための宇宙実験を提案し、実現する。さらにその成果を基に宇宙での長期間滞在が可能な生態系確立に向けた提言をすることを目標としている。このような観点から、具体的には重力環境が①生殖細胞形成、②受精と発生、③性を含む生殖行動、④再生、⑤生殖期間と寿命などにおいてどのように作用するかを様々な生物（動物）種で調べる。そのなかから、宇宙実験に適当なモデル動物を選び、宇宙実験を目指した共同研究体制を構築していきたいと考えている。

以上のようなこのワーキンググループの趣旨に添って、本年度は昨年と同様な談話・検討会を12月25日にもった。そのプログラムは以下のような

ものであった。

- 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
- 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
- 石島純夫 日欧米の妊婦配偶者精液の検査法と性状
- 稲葉和男 新たな宇宙実験モデル生物系としてのホヤ
- 清水 強 ヒトの生殖に関連する諸問題について総合討論

その中で、本ワーキンググループとして取り上げるべき重要なテーマとされ、議論されたものについて以下に述べる。

宇宙環境下でのヒトの生殖に関して男性側からみて妊孕性に重要なことは精液の質である。しかし、倫理的な問題もあり、宇宙飛行士の精液検査についてはきちんとした報告がないのが現状である。しかし石島の報告によれば、現在、精子もしくは精液の質が近年低下しているなどの社会的問題として取り上げられているが、現実ではそれらの評価に関してはきわめて不十分で万国共通の基準すらない。

そこで技師間、技師自身の測定誤差を15%以内にするためには、

1. 精子濃度測定について
厚さ20マイクロのマイクロセルを使う。(血球算定盤では操作が複雑で、15%を達成できず)
2. 運動測定
WHOのA, B, C, D法では技師間での基準の違いにより、15%は達成できない。CASA (Computer assisted sperm assesment) などの使用を推奨。
3. 運動率
CASAを用いる。マイクロセルでも同じ結果。

という共通の手法で評価すべきである。現在は様々な方法がとられており、誤差が大きすぎる。また、精液の基準値としては、Table 1のようになる。そのような基準の下で、厳格に評価し比較する必要がある。

本グループとしては、宇宙飛行士の精液検査の学問的重要性を認め、その情報が得られるか、もし得られるのであれば、石島の提案する検査基準と照らしあわせ、宇宙環境の影響を検討する。またこのようなデータがなければ、石島が提案する基準に則った客観的方法で今後データを取ることを働きかけ、宇宙での生殖研究に有用な資料としていきたいと考えている。

	Normal Shape	Concentration	Motility
	(%)	(x10 ⁶ /ml)	(%)
Fertility	9	13.5	32
Sterility	12	48	63

Numbers for fertility: 696, for sterility: 765.
Shape is assessed by Kruger method.
Sperm displaying any movement of the flagellum is counted as motile one.

稲葉は新たな宇宙実験モデル生物としてホヤを提案した。ホヤ (ユウレイボヤ、*Ciona intestinalis*) の写真を Fig. 1 に示す。ホヤは脊索動物の一種であり、脊椎動物に近い。宇宙実験では脊椎動物としてメダカやカエルが用いられてきた。しかしそれ以下ではウニ、昆虫、線虫などがあげられるが、脊椎動物との間の動物がなかった。その点でホヤは貴重な存在であるといえる。のホヤの特徴としては以下のような点があげられる。

- ◆ヒトと同じ脊索動物
- ◆脊索動物の原型、単純な体制
- ◆初期発生の細胞系譜が確立
- ◆幼生には眼点、平衡器、神経系、筋肉系
- ◆幼生期における走光性、重力走性
- ◆変態、成体器官機能
- ◆1世代が短く、2-3ヶ月で生殖可能個体
- ◆室内完全閉鎖系飼育が可能
- ◆ゲノム、ポストゲノム情報や技術が進行

まずヒトに近い脊索動物であり、今までのモデル生物ではない進化的な位置にある点の特徴である。また一世代が高等な動物のとしては短く、継世代実験が比較的容易である。生殖に関しては、雌雄同体であること、精子は顕著な走化性を示すこと、受精後変態までに1日もかからないほど発生が早いことなどの特徴がある。またサイズの的にも数cmと小さく、動物種として上位にあるが体制が比較的単純で分かりやすいことやゲノム解析が完了しており、遺伝情報が豊富であることなどがあげられよう。これらのことから生殖研究のモデル生物として大変優れていると考えられる。本ワーキンググループとしてはさらに検討を加え、今後の新たな宇宙実験を提案していきたいと考えている。

Table 1 Standard of semen quality

新たな宇宙実験モデル生物系としてのホヤ

稲葉一男（筑波大学下田臨海実験センター）

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。

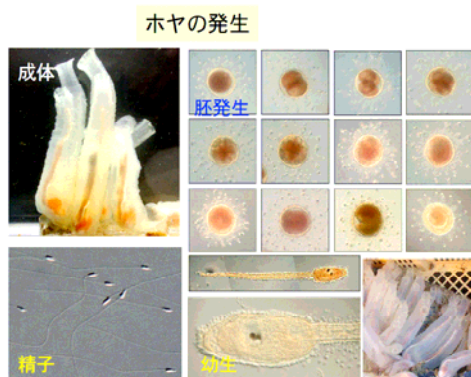


Fig.1 Sea squirt, *Ciona intestinalis*, is assumed to be an excellent model animal for space reproduction biology.

談話・検討会では、他に上村が精子の構造と運動の解析について、X線を用いた新しい方法について、清水が人の成長にとって、授乳保育の重要性を説いた。また今回は、安部宏之氏（東北大学先進医工学研究機構）に来ていただき、卵などの単一細胞で代謝活性を測る新しい方法について検討した。

今後は上述した、宇宙環境の精子に及ぼす影響の評価研究、新しいモデル生物としてのホヤの検討に加えて、げっ歯類を用いた宇宙での生殖生物学研究についてグループ内でさらに検討を加え、宇宙実験レベルまでもって行きたいと考えている。