

## 第9章

### STS-107 教育ミッション JUSTSAP-STARs、メダカの宇宙実験の背景

東京都立日比谷高等学校

臼田 浩一

#### はじめに

お茶の水大学の新堀さんが実施した STS-107 教育ミッション JUSTSAP-STARs、メダカの宇宙実験の成立にはいくつかのめぐり合わせと背景がありました。

今回の計画は、実験テーマが初めにあるのではなく、宇宙環境でどのような実験が可能かを研究者ではなく学生や生徒が考えそれを実現させるものでした。何も面識もない人々が集まり、計画立案・実施のために、学生・生徒の興味や意欲を持続させる忍耐を強いるものでした。学生や生徒が最終的にはスペースシャトルコロンビア号で実験ができることは大変なことです。研究者でもスペースシャトルを使える人はわずかだと思います。学生・生徒の意欲を実現させるという教育での意義があったのです。シャトルでの実験の詳しい報告やその後の展開はお茶の水大学の新堀さんによります。この報告書では、STS-107 教育ミッションに至った経緯や裏手に入る諸問題を中心に記します。私自身もこのミッションでの所属は東京都立小山台高等学校でした。皆さんご存知のようにコロンビア号は事故で失われ大変悲しい事態となりましたが、特に新堀さん自身は著しく成長し、多くの力がやどったことと思います。計画を立案し、実施することはすばらしいことです。

#### 経緯

私が JUSTSAP 微小重力実験ワーキンググループのオンライン応募申請を 2000 年 1 月に知り、小山台高校の生物班（部活動）の生徒に提示しました。（1）宇宙実験に関する基礎的な質問 10 題。（2）JUSTSAP-STARs 実験で調べたい動物試料の提案と提案理由。（3）宇宙でやってみたい実験の提案あるいは宇宙で可能で地上で不可能なこと。（4）貴方にとって宇宙の魅力。（5）21 世紀に世界が共同で進めなければならないこと。以上が応募の要件であることを示したのです。私の予想以上に、生徒 5 名が応募の意志を示し計画をもってきました。このとき私は「出すだけ出してみよう」程度の考えでした。そう簡単に宇宙実験ができるとは思わなかったのです。しかし、アイデアを頭でめぐらせるのは生徒にとって重要なことだと確信していました。

副研究者に選定された増田君は、「エビの平衡感覚と行動の観察」を提案しました。微小重力中で平衡砂は作用するか。平衡砂の代わりに砂鉄を取り込ませたエビを磁石を敷いた水槽に入れ、磁石が重量力の代わりに得るかを平衡砂なしの個体や通常個体と比較検討する。さらに、エビは平衡砂だけで平衡感覚を維持しているか、視覚は平衡感覚に関係ないか。これらを図解してありました。

当時生物班班長の原田君は、「タナゴの産卵行動の観察」を提案しました。タナゴは二枚貝に卵を産むという特殊な性質をもっている。この産卵行動を宇宙の微小重力下で行えるか。貝はゴムなど弾力なあるもので水槽に固定するものとそうでないものを用意し違いを

観察する。また、地球上で産卵された卵を貝に入れて、卵が傷つかないようにして宇宙に運び、稚魚の成長と重力の関係を調べる。成功すれば養殖させ飼料とすることができる。タナゴは食べることができるので将来の宇宙ステーションでの食料として利用の可能性につながる。というものでした。他にも、「ミミズの発生と増殖、宇宙ステーションでの家畜の大量生産メカニズム確立のモデル」、「タニシやサザエの歯舌の食痕による摂食行動の観察」、「重力の違いによる宇宙メダカの性質の観察」がありました。

2000年4月 JSUP の HP に選考結果が発表されました。59名の応募があり、主研究者に新堀さん、副研究者として増田君、神原君が選ばれました。HP には「・・・提案実験の実現性の評価を一応の基準とするとともに、特に実験そのものの起承転結、さらには提案者の実験に対する興味の度合いを大きな考慮因子としました。・・・主研究者と副研究者は11月の JUSTSAP ハワイ会議に参加・・・連携研究者は学校単位としてインターネット網を利用・・・」とありました。私は、選考されるとは思わず、びっくりしました。学校の体制を整えなければならなくなったからです。生徒の自発性によるものとは言うものの、主研究者との調整、実験の再度の計画、学校全体への説明等、他の学校の担当の先生同様対応に悩みました。

## 教育ミッション

2000年（平成12年）4月19日、日米科学技術宇宙応用プログラム・微小重力実験ワーキンググループ日本側代表の小田原修先生（東京工業大学大学院教授）より、小山台高等学校長宛に正式な文書が着ました。初めての試みなので、以下に要点を記します。

『・・・主研究者1名、副研究者2名、連携研究者9名を選びましたところ、貴校で教育指導を受けている増田芳雄君（2年生）は副研究者の一人として参加・・・研究者のプログラムへの参加形態の概要は以下のごとくであります。

主研究者：

- ・ 実験計画作成や試料の準備など宇宙実験の実現へ向けて、中心的な役割を果たす。
- ・ 本年11月の JUSTSAP ハワイ会議に参加し、本プログラムについては発表するとともに日米の研究者や有識者と情報および意見の交換をする。
- ・ 最終実験準備及び打ち上げにあたって、米国宇宙センターに赴き対応する。
- ・ 実験実施期間中、実験の推移を把握するとともに、双方向情報通信のリーダーを務める。
- ・ 実験終了後の報告書の作成及びその報告などを、中心的な立場で対応する。

副研究者：

- ・ 実験計画作成や試料の準備など宇宙実験に実施に向けて、主研究者に協力するとともに、自らの提案試料も搭載される場合は、その実験遂行に向けて中心的役割を果たす。
- ・ 本年11月の JUSTSAP ハワイ会議に参加し、日米の研究者や有識者と情報及び意見を交換する。
- ・ 実験実施期間中、実験の推移を把握するとともに、双方向情報通信に積極的に参加し、実験状況について意見交換する。

その他学校への連絡として、・・実際の増田君の本プログラム遂行に向けて教育指導も含め、先生のご協力が必要であります。本選考結果の通知に伴い、貴校の生物科の臼田浩一先生には御理解いただけていると思います。従いまして、臼田先生および他のご支援いただける先生方にもご協力をお願いいたしたく存じます。・・・』

どのような実験か、増田君が提案したものがすぐにシャトルの中でできるものではない。お金はどうなるか。増田君は打ち上げ予定（2001年1月11日）時には2年だが、延期があるとどうなるか。主研究者の実験内容はシャトルでできるのか。学生実験を越えている。しかし、あくまでも主体は学生や生徒である。学校としての協力はどれくらいのものか。それぞれの学校で担当教官は把握しているのであろうか。

### 初期の実験計画

2000年6月23日に、JSUPの会議室で第1回の研究者会議がありました。研究者の新堀真紀さん・増田芳雄君・神原啓輔君、アドバイザーとして最上義広先生（お茶の水大学）・臼田（小山台高校）・板見谷雄樹（北嶺中学高等学校）小田原先生他が参加し、研究の進め方、研究テーマの検討などが話し合われました。この時、打ち上げは2001年5月に延期されていました。実施可能な実験、スペースハブ社の実験器具を用いることから主研究者のテーマと材料を中心に計画が進みました。以下に主研究者の新堀さんが初期に提案した一部を記してみましよう。

「地球で生活する生き物にとって、重力は最も大きな影響を与える要素である。そのため地球上のほとんど全ての生き物に、重力を感知するための器官が体に備わっている。脊椎動物では、内耳の耳石器官で重力を感知するが・・宇宙では、重力依存的な感覚器官からの刺激が全くなくなるために、感覚が混乱し・・耳石が形成される時期から宇宙環境にさらされたら・・脳が耳石からの情報を全く受けない場合、地上で発生したものと比べ違いが出るのではないかと考えた。実験装置が小型の水槽であることで・・宇宙空間において発生が可能である事が証明されているメダカの胚を用いて実験を提案したいと思う・・・」  
神原君は「カレイ幼魚と稚魚の観察」で魚類を題材に、幼魚の変態と重力関係・体色変化・泳ぎ方を調べることを提案していました。小山台高校の増田君も耳石のことを提案していました。ここで研究テーマの統一性が確認でき、メダカの卵を用いた宇宙実験として、微小重力下でのメダカの行動の観察中心に行うことになったのです。準備の項目として次のようなことがあげられました。

- 1) 実験動物：親メダカは入れずに卵のみとする。
- 2) メダカの卵の系統
- 3) 適合性実験  
親メダカの観察：産卵の誘発、産卵行動と産卵の様子の観察  
卵の観察：何度で何日 軌道上でふ化するよう卵のふ化率、最適な藻と卵の比  
稚魚の観察：何日間餌なしで生きられるか。
- 4) 実験装置の検討：光条件・温度 CO<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>の状態

- 5) 実験条件の決定：シャトル内の温度・シャトル搭載何日前に卵を入れるか
- 6) 軌道上実験計画：地上での設定・観察項目・チェンバーの温度記録・画像データ
- 7) 地上対照実験計画：装置・体制
- 8) 実験終了後のこと

主研究者の新堀さんがこの会議後、学部から大学院まで続く仕事として実験計画を練り、予備実験をして、米国のスペースハブ社と調整し、副研究者らに指示を出していくことになりました。小山台高校でも増田君を中心にして生物班がメダカの飼育・採卵・発生の観察することになりました。

しかし、小山台高校には冷房がなく夏場の水温管理が困難でした。

2000年11月13日～18日に、ハワイで STS-107 教育ミッション JUSTSAP-STARs の会議があり、小田原先生、新堀さん・増田君・神原君が出席し、他国の学生 STS-107 実験の意見交換をしました。その後、新堀さんは米国に何度か渡り、実験器具の調整、材料の調達・調整を行いました。

### 打ち上げ延期と気力保持

スペースシャトルコロンビア号の打ち上げは、2001年5月から7月に、さらに秋へ延期されました。また、2001年9月11日にテロがあり、コロンビア号の機体不良と合わせ2002年7月へと再度延期されました。新堀さんは継続研究として大学院へとつながる方法で研究を続けました。増田君は大学入試への対応で同じ生物班の後輩の難波君へ仕事を引き継ぎました。神原君は中高一貫校なので継続です。この当たりの1年は苦悩しておりました。つまり、実験計画の修正と連絡（生物班がお茶の水大学に出向いたり、新堀さんが小山台高校へ来られたり）、飼育条件の確立による産卵・ふ化の成功ができましたが、度重なる延期により連携校では参加を取りやめるところがあったりしたのです。

これは仕方がないことです。

2002年7月に再び11月に打ち上げ延期と聞き、私と生物班の生徒は「またか」と思うと同時に、これは、冬になり温度管理がし易くチャンスだと思いました。小山台高校では生物班の班長が難波君から小池君に代わりました。

この実験もまた引き継がれたのです。2002年10月にインターネットの双方向のテストを兼ねて、小田原先生を中心として丸ビルセミナーで宇宙実験のデモンストレーションを行いました。丸ビル（新堀さん） 小山台高校（小池君） 北海道（神原君） 沖縄（沖縄尚学中学）を結んだのです。地上対照実験装置も新堀さんから届き、小山台高校や神原君のところでも地上対照用メダカの卵の採集もでき準備が整ってきました。連携校には名古屋の業者から卵が届けられることになりました。2年近く延期がありその間の気力の保持が大切でしたが、生物実験はそんなものかもしれません。

11月下旬の打ち上げ予定が、またもや延期で2003年1月になりました。慣れたものですが、NASA の、状況をインターネットで見るとこの1月打ち上げは、行きそうな様子でした。冬休みは正月を返上して、生徒たちはメダカの飼育と採卵・発生を行いました。

メダカは一度生み始めると1ヶ月弱は続くのですが、その後、生まなくなるのです。したがって、小山台高校では3系統の飼育水槽を2002年秋から用意しました。

2003年1月16日打ち上げとなりました。1月24日にはテレビ会議システムを導入して、NASA(向井千秋さん) アリゾナのパラゴン(新堀さん) 小山台高校(難波君・小池君) 北海道(神原君)と状況の分析と情報交換をしました。また、インターネットで多数の連携校と情報交換をしました。しかし、残念なことに、スペースシャトル帰還の2月2日に事故が起きたのです。

### 顕著に思えた稚魚の行動

スペースシャトルの実験と同時進行での地上対照実験の観察記録より一部記します。

「まず、メダカの行動として、光が当たっている状態では、ネストの上方に集まっていて、光を切ると散開し、一度上の下も関係なく移動してから、また少しずつ上方に集まる行動が見られた。次に、1月27日前後にカビが発生してからメダカの遊泳スピードと活力が低下し、明らかな体力の低下が見られた。28日になると、生き残った2匹はほぼ体力がないように見られ、カビが発生時よりネスト内にはびこっていた。」

飼育環境：明暗条件 午前5時 ON 午後9時 OFF、温度  $26.5 \pm 1$ 、装置に入れた卵の数4個(A:1月10日採卵の卵1個は21日にふ化(11日) B:1月10日採卵の卵1個は22日にふ化(12日) C・D:1月12日採卵の卵2個は22日にふ化(10日))でした。残念ながら、1月29日に4個体とも存在が確認できなくなっていました。一方、麦粒とメッシュは完全にカビに覆われていました。カビの繁殖は、温度設定が高すぎたものと考えられます。

### まとめ

教育ミッションとしてのまとめを簡単にしておきます。一番重要なことは、これは学生実験・生徒実験であるということです。研究者から見れば、シャトルというあまりにも大きなチャンスですが微小重力という環境を利用した学生による実験であるということです。しかも、実際はものすごく状況を整えるのが難しい実験であるということです。新堀さんもこの実験で何が見られるのかを考えるのに苦労したことでしょう。重力以外を同じにした対照実験をアメリカと日本では厳密にはできないこと。生きたメダカの卵を調整しておくことの難しさがあります。

第二に、時間とのあつれき。シャトルの打ち上げ延期は半端ではないことです。生徒自身だけでなく、アドバイザー(指導者)も数年の単位では入れ代わりがあることです。しかし、このたびの実験では、新堀さんが大学から大学院の研究へつなげたため宇宙実験として成立しました。今後も、実験に専念できる主研究者が必要です。他の生徒は個人ベースでも可能でしょう。

第三に、生物の実験の難しさがあります。生物を自分で飼育し、産卵をコントロールし、時間のずれも克服することは個人ベースでできる範囲を越えることがあります。今回の神

原君の状況つまり、継代飼育できている状態は素晴らしいものです。生物実験の難しさと面白さはここにあるのではないのでしょうか。実験がうまくいかないからといってそれで終わりではないのです。研究者・学生が置かれた状況が許す限り、執念深く続けることが重要です。

最後に、最上先生・板見谷先生・小田原先生が黒子に徹していたことが重要でした。今後の展開へのヒントは、このような教育プログラムを運営する場合は、黒子の連絡を密にすることだと思います。経済的に許されるのであれば、この例のように大きなチャンスを生徒や学生にも与えることは、次世代に夢をもたせる事として意味あることだと思います。これぞ教育のゆとりではないのでしょうか。