

f. 宇宙環境利用科学研究系

II -2-f-1

半導体Si及びSi基希釈合金の無容器浮遊溶融凝固

教授 栗林一彦 大学院学生 村田博明

SiはCPUやmemoryと言った多くの電子部品に使用されており産業上重要な半導体である。近年、莫大な設備投資を伴う単結晶インゴットの大口径化に替わって、表面積の優位性の観点から、直径1mm程度の球状単結晶Siの表面に集積回路を形成する試みがなされている。球状試料を大量生産する方法としてDrop tubeの利用が挙げられる。無容器環境下で凝固させるこの方法での単結晶作成条件はまだ明確になったとは言い難い。そこで本研究では、電磁浮遊炉を用いた基礎実験に加えて、ドロップチューブを用いた単結晶作成実験を試み、アルゴンガス雰囲気下、低過冷度で核生成させることにより直径1mm程度の試料において2, 3の粗大粒を有する試料が得られている。

II -2-f-2

過冷凝固における共晶組織形成

教授 栗林一彦 招聘研究員 李 明軍

一方向凝固における共晶組織形成は古くから実験及び理論的に検証されてきた。しかしながら、過冷凝固に関しては、実験的にも理論的にも完全に理解されたとは言い難い。本研究では、電磁浮遊炉及びガスジェット音波浮遊炉を用いて共晶系の過冷凝固実験を行い、過冷融液からの共晶組織形成について考察した。

II -2-f-3

ドロップチューブによる永久磁石Fe-Nd-B系の準安定相に関する研究

教授 栗林一彦 JSPS特別研究員 小澤俊平 特別共同利用研究員 杉山 卓
東海大・工 神保 至

Nd-Fe-B磁石は現在最も高性能な永久磁石として知られている。この磁石の高い磁気特性は、Nd₂Fe₁₄Bハード磁石相に起因するが、これは包晶反応によって生成するため、通常の溶解凝固では初晶が残存し、Nd-Fe-B磁石のハード磁気特性を低下させる問題がある。本研究では、ドロップチューブを用いた無容器凝固プロセスによって、Nd-Fe-B合金を過冷凝固させ、初晶を全く含まない合金の作製に成功している。

II -2-f-4

環境半導体β-FeSi₂の高速形成

教授 栗林一彦 JSPS特別研究員 小澤俊平 大学院学生 山本晃司

今日使用されている化合物半導体の多くは、Ga, As, In等の毒性が強く資源的枯渇の可能性が高い元素が使用されているものがほとんどである。環境半導体β-FeSi₂は、これらの問題を含まない元素から構成されるために従来の化合物半導体に変わる新世代の半導体材料として注目されている。β相は高温で安定な共晶相α-Fe₂Si₅とε-FeSiとの包析反応により構成されることから、反応には2相界面における固相拡散が伴う。そのため通常の凝固法では凝固後に数時間から数十時間のアニールが必要とされている。本研究では、ドロップチューブを用いた無容器凝固プロセスにより、α相とε相を微細に分散させることにより、短時間でβ相形成を達成した。

II -2-f-5

急速凝固プロセスによる準安定ガーネット相の形成

教授 栗林一彦 助手 長汐晃輔 都立科技大 日比谷孟俊

イットリウム鉄ガーネットに代表される希土類鉄ガーネットは、光ファイバ網分岐部における戻り光を遮断する光アイソレータとして用いられている。この希土類鉄ガーネットの高性能化が光ファイバ通信の高品質化につながる。そのためには、イオン半径の大きいLa~Ndのガーネット相を形成させることが考えられるが、酸素イオンで

形成される12面体位置に入ることができないため、安定相として存在しない。そこで本研究では、ガス音波浮遊装置にスプラット急冷装置を組み合わせることにより、過冷した融液を急冷することにより、安定相として存在しない希土類鉄ガーネットを生成させることを試みた。この手法を用いることにより、安定相として存在しないNd₁Sm₂Fe₅O₁₂組成において、準安定的にガーネット相を形成することに成功している。

II-2-f-6

脳神経系の宇宙環境感受応答の分子メカニズムと神経細胞保護機構の解明

教授 石岡憲昭 助手 東端 晃

重力変化や宇宙放射線をストレス刺激ととらえ、そのストレス感受と応答機構から神経系の防御機構のメカニズムを解明することを目的として、以下のような方法に基づいて研究を遂行する。(1) 重力変化や放射線照射のストレス負荷した種々の神経系培養細胞におけるPPIase活性の変化を測定する。活性は、Fischer等の方法に基づき各部位の抽出液中のPPIase活性をキモトリプシンとその合成基質を用いた間接的比色法により測定する。(2) 免疫抑制剤を培養液に投与して培養した細胞におよび照射後に免疫抑制剤を培養液に投与した細胞について(1)と同様にPPIase活性を測定し、その変化を解析する。(3) ストレス負荷及び非負荷の細胞中のタンパク質を2次元電気泳動法とウエスタンブロット法により分析する。ウエスタンブロットには、抗リン酸化セリン抗体および抗リン酸化チロシン抗体を用い細胞内応答に関わるタンパク質群の動態を解析する。(4) ストレス負荷細胞の全RNAを分離精製し、cDNAの合成とPCR法を基にしたディファレンシャルディスプレイ法、DNAアレイ法により遺伝子変化を分析し、機能発現遺伝子の同定とその解析を行う。

II-2-f-7

C. elegans の初期発生、神経系発達に及ぼす微小重力影響とそのメカニズム

教授 石岡憲昭 助手 東端 晃

神経軸索の伸長は細胞外に存在する因子や細胞間相互作用による多様なガイダンスシグナルによって起きており、そのガイダンスシグナルの分子伝達は、低分子量Gタンパク質のRhoファミリーが中心的役割を担っているアクチン細胞骨格の構築と再構成を含む細胞内のシグナル伝達系タンパク質によって行なわれる。最近Rho-guanine nucleotide exchange factor (GEF) Trioファミリーの研究からTrioタンパク質は神経軸索と神経細胞の移動に不可欠な役割を担っていること、さらに神経系構築だけでなく成体の神経システムの再構築に必要であることが明らかになってきている。さらに、G $\alpha_{12/13}$ を介する経路も軸策ガイダンスやアポトーシス、走化性などいろいろな基本的細胞機能を担っていることが示唆されている。C. elegans にはTrio様UNC-73タンパク質やGEF相同体のCeRhoGEFsおよびG $\alpha_{12/13}$ 相同体であるgpa-12が存在し、これらのタンパク質が胚発生と神経機能に関与していることが明らかになってきている。このような背景から、宇宙環境下でC. elegans における遺伝子やタンパク質に発現変化が現れるか、その結果生体にどのような変化をもたらすかをG $\alpha_{12/13}$ -RhoGEFのシグナル伝達系を中心に解析する。

II-2-f-8

圏外生命探査と生命の起源・進化

教授 山下雅道 横浜国大 小林憲正

地球外の天体上での生命探査により、異なる原理による生命が可能であるか、あるいは地球型の生命の原理がどれほどの普遍性をもっているかを明らかにする圏外生物学の研究計画を立案している。特に、生命体を構成する生体分子を選択的に高感度で検出する方法を探査において利用できるかについてシステム概念を検討している。

II -2-f-9

重力にかかわる動物の生理と適応

教授 山下雅道 島根大 内藤富夫

重力をはじめとする惑星としての地球の環境が生物の進化においてどのような選択圧として働いてきたかを、動物個体の生理現象への重力の作用や、異なる環境に曝露したときの適応過程のありさまから明らかにしている。動物が水中から陸上へと棲息域を拡大したときに、重力は動物にその体重をささえながら移動運動する能力を要求し、また重力情報を感じて行動するといったさまざまなはたらきを与えた。両生類は陸上に進出した初めての脊椎動物であり、重力生物学の格好の研究対象となっている。両生類の幼生とその変態過程などと重力の関係について、分子生物学的な手法適用の可能性を検討するなどしている。

II -2-f-10

植物の形態や成長と重力などの地球環境

教授 山下雅道 日本女子大 中村輝子 筑波大 富田香織

植物に対する重力の支配は、一度根をはやすと移動できない植物にとって大きなものがある。根や茎の成長やその形態形成に重力が強くからんでいることはよく知られている。花は送粉動物と共進化してきているが、その形態に上下のあるものがあり、重力や光の情報によってその形態を決めている。重力にかかわる植物の適応戦略について、さまざまな観点から研究している。

II -2-f-11

閉鎖生態系生命維持-宇宙農業の概念研究

教授 山下雅道 総技研 中島 厚 東京薬科大 大島泰郎

長期間の宇宙での有人活動を実現するための宇宙農業について、生物的な要素による物質循環再利用の概念を構想している。廃棄物を肥料に変換し再び栽培植物を再生するのに、微生物生態系による堆肥化技術を応用することの適合性を調べたりして、システムの設計やその安定性を評価している。

II -2-f-12

拡散現象のモデル研究

教授 依田眞一 助手 正木匡彦

微小重力環境を用いて高精度に測定される拡散係数を用いて、液体構造と拡散現象との関連をコンピューターシミュレーションを用いて研究している。2003年度は、クラスターポテンシャルを用いた液体Geおよび液体Ge合金のシミュレーションを行い、拡散係数の算出や中性子散乱実験などによる液体構造との比較を行った。

II -2-f-13

静電浮遊法を用いた高融点金属等の熱物性計測

教授 依田眞一 助教授 石川毅彦 招聘研究員 パラディ P.F.

浮遊法により、従来の容器を用いる方法では測定困難な高融点金属やフッ化物の液体状態の熱物性値を、過冷却を含む広い温度範囲で高精度に測定する研究を進めている。得られた熱物性値は、鋳造や溶接といった加工プロセスを最適化する際に必要な数値シミュレーションの基礎データとして重要である。2003年度は、ルテニウムの密度・表面張力・粘性係数測定、タンタル、レニウム、フッ化カルシウムの密度測定に成功した。

II -2-f-14

生命の重力応答・機械的刺激応答の分子細胞学的機構

客員教授 跡見順子

抗重力筋の萎縮モデルとして後肢懸垂法を用い、骨格筋の不活動性萎縮にかかわる鍵タンパク質としてストレス

タンパク質 α B-クリスタリンを同定した。細胞骨格チューブリンおよび微小管とこのタンパク分子の相互作用を、生化学的解析・細胞動態の解析・細胞生物学的・分子生物学的解析により明らかにし、その細胞内機能を研究している。ストレッチや接着などの機械的刺激の重要性について解析系を作製しており、また運動適応（運動効果の獲得）機構解析の鍵分子としての α B-クリスタリンを含むストレスタンパク質の発現制御機構及び細胞内役割を研究している。

II-2-f-15

電磁力を利用した半導体結晶の溶液成長に関する研究

助教授 稲富裕光 特別共同利用研究員 菊池正則

微小重力環境を模擬する目的で、静磁場において半導体結晶の溶液成長を行い、成長時の結晶表面の形態変化に及ぼす成長条件及び対流そして成長カイネティクスの影響を調べている。GaPの溶液成長における成長界面のその場観察の結果、ステップカイネティクス係数を求め、その温度依存性から溶質が原子ステップに取り込まれる際のエネルギー障壁を求めることに成功した。

II-2-f-16

強静磁場を利用した高温融液中の拡散係数の高精度計測

助教授 稲富裕光 大学院学生 大西史倫

静磁場の利用により流れが強く抑制された状態を作り出して半導体や金属融液中の拡散係数を高精度に求め、その結果を元に液体構造の解明を目指している。Si-Ge, Pb-Sn融液中の相互拡散係数およびGeの自己拡散係数の温度依存性を求め、Pb-Snの場合では融点近傍で剛体球モデルに基づいた予測値と良く一致するが、Si-GeおよびGeの場合では予測値に比べて明らかに大きくなることを明らかにした。

II-2-f-17

高品質CdTeバルク結晶の育成に関する研究

助教授 稲富裕光 JSPS外国人特別研究員 王 躍

静磁場下でのCdTe結晶のTHM成長とその数値シミュレーションを行い、X線やガンマ線検出器用の高品質バルク結晶の育成を目指している。得られたCdTe結晶の成長界面形態は、磁場を印加しない場合は不安定化しセル状であったが、3テスラの均一静磁場を印加した場合には成長界面は平坦となったことから、対流を抑制することで高品質CdTe結晶を育成可能であることを示した。

II-2-f-18

動物の発生・形態形成と重力とのかかわりに関する研究

助教授 黒谷明美 目白大・人文科学 能村堆子 お茶の水女子大・理 清本正人

無セキツイ動物の発生および形態形成のメカニズムに重力がどのような役割を果たしているのかについて研究を行っている。とくに、胚発生過程における単離細胞の骨片形成に関与した培養系を用い、細胞内・細胞間での情報の伝達・統合にかかわる細胞骨格の動態、カルシウムの代謝、および関連するタンパク質の発現と重力の関係に着目した研究を行っている。棘皮動物ウニ16細胞期小割球による骨片形成の培養系を用いた実験では、遠心機による過重力および1軸のクリノスタットによる擬似微小重力のいずれの重力環境下でも骨片の成長が阻害されることがわかり、それにともなって、骨基質タンパク質の発現も抑えられていることが明らかになった。

II-2-f-19

海産動物の産卵・飼育条件の調査

助教授 黒谷明美 お茶の水女子大・理 清本正人

宇宙生物学実験で用いられる生物試料は、打上げの延期などスケジュールが定まらないことが多いため、一年中

使用できるような生物種であることが望ましいが、これまでの研究結果の蓄積や実験の経験を生かし、研究の目的に最適な伝統的な生物種を使うことも必要となる。発生および形態形成研究には、海産無セキツイ動物を使用するのが有効であるが、このような生物種には産卵シーズンが存在する。海産無セキツイ動物の中でも発生や形態形成の研究によく使われている棘皮動物ウニについて、実験室での周年の採卵・採精を可能とするために、その産卵シーズンを決定する要因の調査および最適な飼育方法の研究を行っている。飼育条件をさまざまに変えて、採卵・採精を行い、受精率、孵化率、骨片形成率、および生殖巣組織の顕微鏡観察により、ほぼ1年間にわたり卵や精子を使うことのできる詳細な飼育水温プロファイルが得られ、実際に材料の安定した利用が可能になった。

II -2-f-20

微小重力下での動物の挙動に関する研究

助教授 黒谷明美

両生類・魚類などのセキツイ動物や、さまざまな無セキツイ動物などを用い、微小重力下での挙動と1G下での生活パターンとの関係を調べる研究を行っている。今年度は重力環境を変えた実験を行う予備段階として、節足動物のウミホタルの飼育条件の調査および行動の1Gでの観察、軟体動物ハダカカメガイの飼育条件の調査などを行って基礎的なデータの取得を行った。

II -2-f-21

「宇宙」および「生物」を題材とした教育活動の方法の調査研究

助教授 黒谷明美

理科教育・科学教育において、そのきっかけ、テーマ、教材としての「宇宙」や「生物」という題材の有用性を探る調査研究を行っている。中学校、高校、大学などで依頼された授業や講義の機会や執筆活動の一部を通じて、調査研究の試行を行っている。下諏訪社中学校における「宇宙授業」、スーパーサイエンスハイスクール指定校の修猷館高校における1日研究室体験などにおいて、現場の教師たちとともに授業題材の吟味、授業計画の作成、教材の研究および実際の授業を行った。

II -2-f-22

熱流体運動の数値解法の研究

助教授 桑原邦郎

熱流体運動の差分法の効率化と高精度化を研究開発し、その結果を各種の問題に適用し、その有効性を調べた。例として、格子乱流の特性、格子乱流中におかれ物体を過ぎる流れを計算した。

圧縮性流れの差分法の高精度化を研究し、2次元的な衝撃波の特性を調べた。

直交座標系を用いてにぶい物体回りの流れを調べ、座標生成なしに3次元超音速流れを計算する方法を確立した。

II -2-f-23

動物の成長や生殖機能への重力の影響

客員助教授 奥野 誠

重力環境が生殖にどのような影響を与えるかを明らかにするために、哺乳類のオスについて実験してきた。雄のマウスを用いた過重力(3G)実験の結果は、(1)過重力環境下では体重や肝臓など他の臓器の成長は抑制されるが、精巣の重量は抑制されにくく、結果として体重に対する比率は上昇する、(2)精子形成は地上対照群と比較してほとんど変わらない、(3)過重力条件下では餌の摂取量が減少した、(4)地上群に、過重力群が摂取する量と等しい餌量を与えると、それらのマウスの体重や、精巣を除く臓器の重量は過重力群とほぼ等しくなり、過重力の作用は餌摂取量の減少によるものと思われた、(5)しかし、過重力群が、いわば満腹状態にあるのに対して、餌制限群は飢餓状態にあった、(6)過重力によってストレスホルモンの増加が見られた。これらの結果から、過重力シグナルはストレスホルモンの関係する経路を経て摂餌量を減らす、その結果として成長の抑制などが引き起こされた

のであろう。今後は、なぜ精巣形成は影響されないのか、過重力シグナルの受容はどこで行われているのか等について明らかにする必要がある。

II-2-f-24

IRサーモグラフィによる凝固界面のその場観察

助手 長汐晃輔 教授 栗林一彦

板上に落下させた融液の伸展及び引き続き起こる凝固過程に関する研究は、急速凝固プロセスを理解する上で重要な鍵となる。このような急冷凝固過程の解析は凝固後の組織観察に頼ることが多い。理由は、銅板と融液界面で進行する凝固挙動の直接観察が困難なことにある。そこで本研究では、電磁浮遊炉内で様々な過冷度に保持したSi液滴を、銅と同じオーダーの熱伝導率を有するSiウエハー上に落下させ、試料下部からIRサーモグラフィを用いて5000frames/sで凝固挙動をその場観察することを試みた。落下、衝突、伸展、凝固の一連の過程がSiウエハーを通して解像度良く撮影された。このようなプロセスにおいては、液滴が広がる速度と凝固速度の関係で凝固後の試料の形状が決定されることがわかった。

II-2-f-25

細胞増殖の制御機構に及ぼす宇宙環境の影響

助手 東端 晃 教授 石岡憲昭

細胞増殖の機構は生物が生命を維持する上で非常に重要な機構であり、細胞周期制御因子およびその周辺のシグナル伝達に注目して、宇宙環境における生物への影響を探索する。主に哺乳動物由来の培養細胞を用い、増殖と分化にかかわるシグナル伝達とそれに関連する細胞周期について、Gタンパク質に注目して解析する。また、それらのGタンパク質が同時に関連すると考えられる細胞骨格系にも注目し、細胞周期、Gタンパク質、細胞骨格系を結ぶ細胞内イベントについて宇宙環境の影響を検討する。

g. 宇宙航行システム研究系

II-2-g-1

セラミックス系スラスタの研究

教授 上杉邦憲 助教授 佐藤英一 助教授 澤井秀次郎
技術職員 志田真樹

将来の衛星及び惑星間探査機において軌道・姿勢制御に使用される高性能エンジンとして、耐熱性能に優れたセラミックス素材を用いた2液スラスタの実用化を目指して研究を行っている。2003年度は、スラスタのノズル部CMC材とチャンバ部セラミックス材を接合する技術の研究を行うとともに、高膨張ノズルまでを一体のセラミックスで成形したスラスタを試作し、地上燃焼試験を実施した。

II-2-g-2

衛星用軌道姿勢制御エンジンに関する研究

教授 上杉邦憲 教授 高野雅弘 助教授 山川 宏
助教授 澤井秀次郎 技術職員 安田誠一 技術職員 志田真樹

衛星及び惑星間探査機において軌道・姿勢制御を行うヒドラジンを燃料とした一液式エンジンシステム及びヒドラジン/四酸化二窒素を用いた二液式エンジンシステムの開発研究を行っている。2003年度において、一液式に関しては「GEOTAIL」, 「はるか」, 「のぞみ」の軌道上運用を行うとともに、「ASTRO-E2」, 「SOLAR-B」の軌道・姿勢制御用エンジンの開発を行った。二液式については、我が国初の小推力(22N)エンジンシステムを開発、これを「はやぶさ」に搭載してその運用に成功した。さらにこの二液エンジンシステムを「ASTRO-F」搭載用として