

平成19年4月20日

平成18年度「メゾスコピック系の微小重力化学」活動報告書

代表者所属 氏名 北海道大学 辻井薫

1. 構成メンバ

氏 名	所属
辻井 薫	北海道大学
石川正道	東京工業大学大学院
井上佳久	大阪大学大学院
坂本一民	株式会社資生堂リサーチセンター
佐野正人	山形大学工学部
下村政嗣	北海道大学
出口 茂	海洋研究開発機構
夏井坂誠	宇宙航空研究開発機構
西川恵子	千葉大学大学院
前川 透	東洋大学
真船文隆	東京大学大学院
吉川研一	京都大学大学院
米山 満	三菱化学(株) 科学技術研究センター

2. 本年度 WG 会合開催実績

- (1) 第1回：平成18年11月30日
- (2) 第2回：平成19年1月9日
- (3) 第3回：平成19年1月11日
- (4) 第4回：平成19年2月16日
- (5) 第5回：平成19年3月7日
- (6) 第6回：平成19年3月15～22日
(国際共同ミッション打合せとして)

3. 活動目的

化学は基本的に分子／原子を扱う学問であり、それ故に重力の影響を殆ど受けるこ

とはない。しかしながら、化学の分野においても、分子が集合し対象とする系が大きくなると、重力の影響を受ける様になるのは当然である。この重力の影響が現れる化学の分野に、メゾスコピック系の化学がある。メゾスコピック系とは、対象とする物質のサイズを規定する概念であり、その研究対象は問わない。対象が物理現象であれ、化学現象であれ、生物現象であれ研究対象となる。その意味で、本WGの研究は学際的である。そこで本WG研究活動の目的は、微小重力下で顕著となるメゾスコピック系の化学を学際的に研究し、新しい化学分野の開拓を目指すことにある。この研究活動を通して、宇宙環境利用科学研究に相応しいテーマを作り上げる。

4. 活動内容

(1) 地上公募研究への応募活動
研究班WG活動における議論を基に、18年度は添付1の課題につき、地上公募研究に応募した。しかし残念なことに、いずれの応募も採択されるには到らなかった。これらの応募が採択されなかった最大の理由は、宇宙実験としての完成度の低さにあると思われた。そこで本年度のWG活動では、夏井坂委員から、宇宙実験に使用可能な既存の装置、実験に必要な条件、留意事項、実験機会の種類と頻度等について説明を受けた。この説明を受けて、次の諸活動に展開した。i) 適当な微小重力実験機会、実験装置の検討、ii) ヨーロッパ開発 ISS 実験装置の利用を目指したヨーロッパ研究者との協議、iii) 旋回腕を利用した宇宙実験に向けた予備実験研究。また、研究者コミュニティ拡大活動も実施している。

(2) 適当な微小重力実験機会、実験装置の検討

微小重力実験としての検討が進んでいる
以下の3テーマについて、実験要求、実験

装置のラボ・モデルをもとに、適当な微小重力実験機会、実験装置の検討を行った。

(a) 臨界点近傍におけるコロイド粒子の挙動（出口 茂；海洋研究開発機構）

(b) 臨界点近傍における不斉化学反応（井上 佳久；阪大）

(c) 可変重力下における散逸構造の形成（下村 政嗣；北大）

(a)に関しては、溶媒として水を想定しており、これを実現する温度・圧力制御が可能、かつ、溶媒中に分散させたコロイド粒子の光学観察、または、動的光散乱測定を可能とする実験装置が必要となる。これら要求を満足するISS実験装置としては、JAXAのSCOFまたはCENSのDECLICがあり、これらの利用を想定して、実験の実現性を検討した。両装置とも利用可能と考えられるが、SCOF利用の場合は、温度・圧力制御は実現可能と考えられるが、高倍率の光学観察系（現状のSCOFには2、4倍系しか搭載されていないが、40倍程度の観察系が必要）と動的光散乱計測系を開発する必要がある。また、DECLIC利用の場合、もともと臨界現象専用で作られていることから、また、超臨界水用のセル開発も行われていることから、温度・圧力制御などは問題ないものと考えられたが、高倍率の観察能、動的光散乱の計測能などに加えて、我々が利用できる可能性があるか不明であったため、後述の通り、フランスを訪問して開発状況を聞くとともに、研究協力の可否を議論することとした。

(b)に関しては、取り扱い溶媒がCO₂であるので、温度・圧力制御条件は(a)より容易であり、JAXA SCOF、CNES DECLICに加えて、JAXA PCRFなどの利用も想定される。本実験の場合観察要求はないが、波長が270nm前後の出力の大きな紫外光源が必要で、さらに条件の異なる5つのセルを搭載する必要がある、これらの要求を満足する供試体開発が必要となる。さらに、長時間微小重力利用の意義を検証するために、活性錯体のクラスタリングが重力影響を受

けるかどうかを、過重力および短時間微小重力実験機会を利用して確認する必要がある。DECLIC利用に関しては(a)同様、詳細を確認する必要があったので、渡仏して検討を実施した。

(c)に関しては、JAXA SCOFまたはESA SCDFの利用が適当と考えられた。来年度、必要な観察要求などを整理して、供試体開発の実現性検討、要素技術開発などを行うこととした。また、後述の通り旋回腕試験を実施して、過重力影響を確認するとともに、本研究がひとつの目標としている規則的な細孔の開いたハニカムフィルム形成について、微小重力利用の有効性を示唆する結果を得た。さらに、後述の訪欧を通じて、ESA SCDFの開発状況・仕様の確認、本装置の利用を想定した研究協力の可能性を議論した。

(3) ヨーロッパ開発 ISS 実験装置の利用を目指したヨーロッパ研究者との協議
上述の通り、臨界点関連研究において、CNES の DECLIC が、散逸構造形成研究において ESA の SCDF が、非常に有効な実験装置であることから、開発状況・仕様の確認、本装置の利用を想定した研究協力の可否を検討するために、平成18年度「国際共同ミッション推進研究経費」を申請・獲得し、フランス、イタリア、オランダ、ベルギーに出張した。出張先およびそこでの議論の結果は以下の通りである。（詳細は添付2参照。）

i) フランス・ボルドー 凝集系化学研究所（Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux）

ESA Topical Team “Chemical Physics in Critical Fluids”と共同研究や装置の相互利用の可能性について調整した。その結果、CNES 開発の ISS 実験装置 DECLIC は、「臨界点近傍におけるコロイド粒子の挙動」や「臨界点近傍における不斉化学反応」の研究に合致した、優れた装置であることが判明した。DECLIC の利用計画によると、現状、2010 年に利用可能な枠があるとのこと。また、臨界状態におけるコロイド粒子の運動など両者が興味を共有するテーマ

が存在することなどから、平成 19 年度秋に開催が予定されている ITT (International Topical Team) などの場を活用して、継続検討を行うこととした。

ii) フランス・Aquitaine (ボルドー近郊)
EADS (European Aeronautic Defence and Space Company) ASTRIUM

DECLIC の開発・製造を行っている EADS ASTRIUM を訪ね、DECLIC の開発状況・仕様に関する詳細な説明を受けるとともに、フライトモデルの見学を行った。装置の詳細な仕様・機能だけでなく、安全性をクリアするために必要となる 3 重封入の方法などのノウハウも取得することができた。

iii) フランス・ニース Nice-Sophia Antipolis 大学

「臨界点近傍における不斉化学反応」に関して、Uwe Meierhenrich 教授の研究室を訪問し、ESA のロゼッタ計画で使用中のキラルガスクロマトグラフィーの詳細について説明を受けた。この装置は、「臨界点近傍における不斉化学反応」にも応用可能であり、シャトル退役後回収リソースが厳しくなること考えると、本装置を利用した軌道上分析の可能性も併せて検討することが必要であり、今後共同研究も含めて密な連絡を取る予定である。

iv) イタリア・ミラノ ミラノ大学 (Università degli Studi di Milano)、ミラノ工科大学 (Politecnico di Milano)

ESA の SCDF を利用した宇宙実験を予定している Giglio 教授、Piazza 教授を訪問して、SCOF および SCDF を利用した共同研究の可能性を協議した。残念ながら、両教授の実験計画はほぼ確定しており、(c)を含む日本側のアイデアを入れ込む余地はない模様であったが、Giglio 教授の qualitative shadowgraph 法および heterodyne near-field light scattering は、超臨界研究などに援用可能である。また、Piazza 教授からは、超臨界水中でも化学的に安定な粒子の候補として、フッ素含有高分子からなる単分散粒子の提供を受けた。以上の通り、現状具体的な協力内容は定義できなかったが、興味や実験手法が重なる部分もあり、将来の協力を見据えて、今後も話し合いを続けることとした。

v) オランダ・ノルドバイク ESA・ESTEC (European Space Agency, European Space Research & Technology Center)

Olivier Minster, Stefano Mazzoni 両博士から、ESA SCDF の開発状況・仕様の詳細に関する説明を受け、SCDF の実機を見学した。現状 SCDF の利用を想定しているテーマは iv)、vi) であること、また、打ち上げリソースに制約があることが判明、新規テーマとして割り込むことは難しそうであったが、SCOF 同様の機能・性能を有するため、両者を相補的に使用した共同研究の可能性を感じた。

vi) ベルギー・ルーバン ルーバン・カソリック大学 (Katholieke Universiteit Leuven)

ESA SCDF を利用した宇宙実験を予定している Kirshhock 教授からメゾポア・ゼオライト合成過程に関するメカニズムの研究について説明を受けた。本研究も実験計画がほぼ確定しており、(c)を含む日本側のアイデアを入れ込む余地はない模様であったが、相手方のゼオライト合成の知見と日本側キラル化合物合成の知見を併せた新たな研究を構築できそうであり、今後も話し合いを続けることとした。

以上の通り、すべての協議において、研究協力の可能性を見い出せた。そこで、本年秋季に開催が予定されている ITT (International Topical Team) などの場を活用して、継続検討を行うこととする。

(4) 宇宙実験に向けた予備実験研究
前述の地上研究応募テーマ「過重力下における散逸構造の形成」に関し、微小重力下での実験結果の予測に資するため、過重力下での実験を行った。実験は、JAXA の旋回腕型加速度試験設備を用いて行った。(平成 19 年 3 月 4 日—7 日) その結果、2G では 1G の場合と同様の微細な孔の開いた高分子フィルムを得たが、4G、6G では熱対流のベナール・パターンに沿って空孔が固定化されたフィルムが得られるという興味深い現象が見られた。この実験から、規則的な細孔の開いたハニカムフィルムを得るためには、重力の小さい方が有利と考えられ、微小重力への期待が高まった。
来年度は、「臨界点近傍における不斉化学反応」についても、旋回腕型加速度試験

設備を使って過重力実験を行う予定である。

(5) 研究者コミュニティ拡大活動

今年度は、次の様な活動を行った。

i) 第59回コロイドおよび界面化学討論会で、イブニングセッションを開催。

(H18年9月；北海道大学)

ii) 分子科学研究会シンポジウムで「微小重力化学」のセッションを開催。

(H18年6月；分子科学研究所)

iii) 日本化学会・コロイドおよび界面化学部会の「コロイド・界面技術者フォーラム」で講演。

(井口先生；H18年7月；東京理科大学の野田セミナーハウス)

iv) 第23回宇宙利用科学シンポジウムで発表。

(辻井；H19年1月；日本学術会議)

(6) 来年度の活動方針の決定

これまで「メゾスコピック系の微小重力化学」として、化学の分野を一つのWGでカバーしてきたが、分野が広過ぎて纏まりの悪いことがしばしばあった。その反省の下に、来年度は研究班WGを二つに分割する予定である。これまでの活動で、「臨界流体中での化学過程」は、かなり研究ターゲットが詰まってきたので、独立に研究班WG活動を進める様にしたいと考えている。本年度の活動を通じて、対象となる宇宙実験機会、装置が見えてきたので、これらの機能・性能、インターフェースなどを踏まえ、宇宙実験計画の詳細化を図るとともに、必要となる要素技術開発、過重力、短時間微小重力実験などの予備実験なども実施の予定である。また、「メゾスコピック系の微小重力化学」WGでは、非平衡下での高次構造形成、分子間相互作用と界面現象を対象とする。具体的には、過重力下における散逸構造の形成、コロイド結晶の核形成過程等である。こちらについても、具体的なアイデアが固まり次第、適切な宇宙実験機会、装置を特定し、それに向けた宇宙実験計画の詳細化、要素技術開発、予備実験を実施する予定である。

5. 成果

「過重力下における散逸構造の形成」の成果を国際シンポジウム ISPS2007（平成19年10月開催予定）で発表の予定。

〆切：H19年4月23日（月）

送付先：宇宙科学研究本部
研究マネジメント課
小野 由希子

ono.yukiko@jaxa.jp

【FY18 年度公募地上研究応募テーマ一覧】

＜次期宇宙利用研究＞

- i) 臨界点近傍におけるコロイド粒子の挙動 （出口 茂；海洋研究開発機構）
- ii) 臨界点近傍における不斉化学反応 （井上 佳久；阪大）

＜宇宙利用先駆研究（萌芽研究）＞

- iii) 臨界点近傍における物質輸送現象に関する研究（向井貞篤・出口茂；海洋研究開発機構）
- iv) 過重力下における散逸構造の形成 （下村 政嗣；北大）

＜航空機による学生無重力実験コンテスト＞

- v) 二種液体の自由接触界面の形状（北大学生 3 名）

【ヨーロッパ研究者との協議詳細】

i) フランス・ボルドー 凝集系化学研究所 (Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux)

ESA Topical Team “Chemical Physics in Critical Fluids”と共同研究や装置の相互利用の可能性について調整した。その結果、CNES 開発の ISS 実験装置 DECLIC は、「臨界点近傍におけるコロイド粒子の挙動」や「臨界点近傍における不斉化学反応」の研究に合致した、優れた装置であることが判明した。しかしながら、やはりそのままでは目的を達することが出来ず、追加的な改良が必要である。また、JAXA 開発の装置 SCOF に対して、相手側は関心を示したが、具体的な利用例までは話が煮詰まらなかった。

ii) フランス・Aquitaine (ボルドー近郊) EADS ASTRIUM

EADS (European Aeronautic Defence and Space Company)は、ヨーロッパにおける宇宙開発に関連する各種設備／機器を製造する民間会社である。我々の研究に関係が深いと思われる DECLIC も、EADS で製造されている。今回は、EADS の一事業場である ASTRIUM を訪ね、EADS の概要や ISS における実験機器の説明を受けるとともに、DECLIC 等の見学を行った。実験機器の実物を見ることにより、実験のより具体的なイメージを得ることが出来た。

iii) フランス・ニース Nice-Sophia Antipolis 大学

Uwe Meierhenrich 教授の研究室を訪問し、最近の研究成果ならびにキラル化合物の分析関係の最新装置に関する情報収集ならびに質疑応答を行った。彼は、ESA のロゼッタ計画に参画し、すい星表面から採取したサンプル中に存在すると考えられるアミノ酸を揮発性にする誘導体化と、そのキラルガスクロマトグラフィー分析の部分を担当しており、その詳細について説明を受けた。この装置は、国際宇宙ステーションでの「臨界点近傍における不斉化学反応」に関する実験のキラル生成物分析にも応用可能と考えられ、今後共同研究も含めて密な連絡を取る予定である。

iv) イタリア・ミラノ ミラノ大学 (Università degli Studi di Milano)、ミラノ工科大学 (Politecnico di Milano)

臨界点近くでのコロイド粒子の挙動およびキラルメソポーラスシリカのモルフォロジー制御に関するプレゼンテーションを行ない、意見交換を行なった。また SCOF および SCDF を利用した共同研究の可能性を協議した。

Marzio Giglio 教授の研究室を訪問し、密度ゆらぎを測定するための qualitative shadowgraph 法および heterodyne near-field light scattering の詳細な説明を受け、実機を見学した。

Robert Piazza 教授の研究室を訪問し、コロイドの thermolysis についての説明を受けた。また超臨界水中でも化学的に安定な粒子の候補として、フッ素含有高分子からなる単分散粒子の提供を受けた。

v) オランダ・ノルドバイク ESA・ESTEC (European Space Agency, European Space Research & Technology Center)

Olivier Minster, Stefano Mazzoni 両博士から、ESA および ESTEC の概要説明を受けるとともに、ESA・ESTEC の見学を行った。大型試験設備やコントロールセンターなどとともに、DECLIC を組み込んだラックなども見学でき、宇宙実験に関する実感を得ることが

できた。見学の後、午後はベルギーへ移動した。

vi) ベルギー・ルーバン ルーバン・カソリック大学 (Katholieke Universiteit Leuven)
日本側から 5 つのプレゼンテーションを行った後、Christine Kirshhock 教授からメゾポ
ア・ゼオライト合成過程に関するメカニズムの研究について講義を受けた。ゼオライト
合成に関しては、日本側の研究体制をこれから整える段階である。
微小重力環境下におけるキラルメソポーラスシリカのモルフォロジー制御に関するプ
レゼンに対し、Kirshhock 教授より同大の HTS システムによる相図からのキラル液晶相選
別の提案があった。また、同教授のゼオタイルからのメソ構造体形成におけるアミン触
媒 (テンプレート) へのキラルアミンの応用を提案した。