

機能性分子による熱流体センシング技術の研究開発

研究代表者：浅井 圭介（東北大学大学院工学研究科）

I 試験研究の全体計画

1. 研究の趣旨

本提案は、極限熱流体现象を解析する新しい概念の計測評価技術の確立を目指した先導的・基盤的な研究であり、科学技術基本計画「科学技術振興のための基盤の整備」において重要性が指摘されている、「知的基盤の整備」と見なされる。また、科学技術会議第21号答申「先端的基盤科学技術に関する研究開発基本計画について」において、研究開発を推進すべき重要分野として挙げられている「先端的基盤科学技術」に相当する。

一方、研究開発の現場では、平成10年度に実施された文部省科学研究費補助金基盤研究「錯体化学を基盤とする緑の地球科学への新接近法」において、錯体化合物を熱流体研究に適用する可能性について調査が行われるなど、物質やエネルギーの流動現象に対する物理的理解が信頼性を向上するため不可欠となっており、熱流体科学の研究推進のための知的基盤となる、我が国独自の計測ツールの整備が不可欠であるとの認識が高まっている。

これらの状況に鑑み、広く基礎科学分野への寄与とともに、科学・産業・社会に波及する技術基盤としての計測評価技術を開発するには、熱流体力学、機能性化学、光電子工学、画像情報解析の異なる分野の専門家が有機的に連携して、機能性分子の薄膜をセンサプローブとする新しい概念の熱流体センシング技術の研究開発を行い、極限環境における熱流体现象を解明するための知的基盤整備を行うことが必要である。

そのため、

- 1) 圧力や温度などの外部刺激に応答する新規化合物を合成するとともに、それを基板上に薄膜化する技術を開発し、極限環境下で使用可能な機能性分子センサを構築する研究
- 2) 機能性分子センサに応じた光励起法と光学測定法を開発し、感応分子の光放射を画像にとらえる技術の研究、また、コンピュータを用いて光画像から熱流体情報を抽出する画像解析技術の研究
- 3) 極限状態における熱流体现象を地上で再現する装置と、個々の現象に応じた機能性分子からなるセンシング・システムを構築し、その有効性を実験的に評価し解析する研究を行う。

第I期（平成11-13年度）では、機能性分子センサの探索、計測ツールの試作、および熱流実験による評価を目

標として研究開発を行った。第II期（平成14-15年度）では、これらの研究をさらに発展させ、その汎用化と高度化に取り組む。

これにより、第II期終了時には、

- ・実用計測ツールの開発と実証
- ・極限熱流体现象への適用を実現することを目標とする。

2. 研究の概要

1. 機能性分子センサの合成と薄膜化に関する研究開発

極限環境下で使用可能な機能性分子センサの開発・整備に資するため、圧力や温度などの外部刺激に応答する新規化合物を設計・合成するとともに、それを基板上に薄膜化する技術の研究を行い、実用ツールとなる分子熱流体センサの開発を目指す。第1期で探索した化学物質のデータベースを元に、センサ機能を有する新規化合物の設計と合成を目指す。

(1) 機能性分子の設計とキャラクタリゼーションに関する研究（東京工業大学大学院生命理工学研究科）

熱流体素子としての機能を持つ新規機能性分子の複合化を目的として、各種ルテニウム錯体、白金あるいはパラジウムポルフィリン錯体、フタロシアン錯体を設計・合成。特に、分子の配列・配向の制御が可能となる新規機能性分子の合成を行う。これと同時に、新規機能性分子の光化学的特性・電気化学的特性を検討し、温度、気体組成計測への応用を目指す。

(2) 機能性分子の基板表面への固定法に関する研究（東北大学多元物質科学研究所）

圧力及び温度センサ機能を有する高分子超薄膜の実用化に向けて、センサ分子の各種テープへの固定化法及び物体へのコーティング手法を開発する。具体的には、圧力センサ系ではピレン、温度センサ系ではユーロピニウム錯体を中心に、高度に秩序化されたセンサ膜の構築を目指す。また、感度向上を目指し、金属ナノ微粒子などとの複合化した表面プラズモン励起法などを新たに検討して行く。

(3) 複合機能を持つ分子熱流体センサの高度化の研究（大分大学工学部）

複合機能を持つ分子熱流体センサの開発及び高度化に資するため、温度や各種の気体成分の計測を行う色素センサを金属錯体や機能性高分子を基盤として設計・合成し、その光学的な性質を調べるとともに、これら化合物を圧力センサ色素と複合化する技術に関する研究を新たに行う。

2. 機能性分子センサの光学測定技術に関する研究開発

機能性分子の光放射や吸収を可視化する計測ツールの開発に資するため、感応分子に応じた光励起と光学的測定を行う実用的なセンシング・システムを開発するとともに、コンピュータを用いて光画像から熱流体情報を抽出する画像情報解析技術の研究を行う。第I期で開発した技術を高度化し汎用となる実用ツールの開発を目指す。

(1) レーザ励起による高精度時分解計測手法の研究(富山県立大学工学部)

実用的な高精度時分解計測手法の開発に資するため、時間応答性などの計測上重要な機能性分子センサの諸特性を詳細に調べるとともに、レーザ光を利用した高い時空間分解能を有する点計測システム・信号処理手法の研究開発を行い、その実証を非定常熱流体現象に対して行う。

(2) ルミネセンス寿命のイメージング技術の高度化の研究(浜松ホトニクス㈱システム事業部)

感応分子の発光寿命の分布をイメージとしてとらえる実用計測ツールの開発に資するため、より高精度な計測を目指した光信号処理技術の研究を行う。また高速度光現象を高精度で計測するため、高速・高感度CCDセンサ及びリアルタイム信号処理の実用化の研究を行う。

(3) コンピュータ画像処理による熱流体情報の解析技術に関する研究(宇宙航空研究開発機構宇宙開発研究本部宇宙輸送工学系)

熱流体情報の実用解析ツールの開発に資するため、機能性分子センサ薄膜の光画像をコンピュータ処理することに

よって、定量的な熱流体情報の抽出や、多次元の複雑な熱流体現象を可視化するデータ解析手法の研究を行う。

3. 機能性分子センサによる極限流体现象の解析と評価に関する研究

極限状態における熱流体现象の解明に資するため、機能性分子を用いたセンシング・システムを構築し、それを高速流体、低温流体、超希薄流などの熱流体実験に適用することによって、これまで困難とされていた極限的な熱流体现象の実験データを取得する。第I期の成果を発展させて、非定常現象や微小物体実験への機能性分子センサの適用範囲の拡大を図る。

(1) 機能性分子センサによる高速流体・低温流体の解析と評価に関する研究(東北大学大学院工学研究科)

衝撃風洞や極超音速風洞などの極限流体の実験において生じる、超高速の熱流体现象の解析に資するため、高速応答性を有する機能性分子センサを開発し、その性能を実験で評価する。また、液化温度近傍の低温環境下における流体现象を観測する技術の確立に資するため、機能性分子センサを用いた光学計測システムを開発し評価実験を行う。

(2) 機能性分子センサによる超希薄流の解析と評価に関する研究(名古屋大学大学院工学研究科)

高層大気やマイクロスケールの流れに代表される連続体と分子流の境目になる希薄領域の流体现象を分子センサを用いて測定する技術の確立に資するため、機能性分子センサの超低密度環境における評価実験を行う。

3. 年次計画

研究項目	14年度	15年度
1. 機能性分子センサの合成と薄膜化に関する研究開発		
(1) 機能性分子の設計とキャラクタリゼーションに関する研究	センサ設計	評価・実証
(2) 機能性分子の基板表面への固定法に関する研究	センサ設計	評価・実証
(3) 複合機能を持つ分子熱流体センサの高度化の研究	センサ開発	実用化
2. 機能性分子センサの光学測定技術に関する研究開発		
(1) レーザー励起による高精度時分解計測手法の研究	装置開発	実証試験
(2) ルミネセンス寿命のイメージング技術の高度化の研究	実用システム開発	実証試験
(3) コンピュータ画像処理による熱流体情報の解析技術に関する研究	ツール化	熱流体実験による実証
3. 機能性分子センサによる極限流体现象の解析と評価に関する研究		
(1) 機能性分子センサによる高速流体・低温流体の解析と評価に関する研究	装置開発	熱流体现象への適用
(2) 機能性分子センサによる超希薄流の解析と評価に関する研究	装置開発	熱流体现象への適用
4. 研究推進	運営委員会	
所要経費(合計)	200百万円	183百万円

Ⅱ 平成15年度における実施体制

研究項目	担当機関	研究担当者
<p>1. 機能性分子センサの合成と薄膜化に関する研究開発</p> <p>(1) 機能性分子の設計とキャラクタリゼーションに関する研究</p> <p>(2) 機能性分子の基板表面への固定法に関する研究</p> <p>(3) 複合機能を持つ分子熱流体センサの高度化の研究</p> <p>2. 機能性分子センサの光学測定技術に関する研究開発</p> <p>(1) レーザー励起による高精度時分解計測手法の研究</p> <p>(2) ルミネセンス寿命のイメージング技術の研究</p> <p>(3) コンピュータ画像処理による熱流体情報の解析技術に関する研究</p> <p>3. 機能性分子センサによる極限流体現象の解析と評価に関する研究</p> <p>(1) 機能性分子センサによる高速流体・低温流体の解析と評価に関する研究</p> <p>(2) 機能性分子センサによる超希薄流の解析と評価に関する研究</p> <p>4. 研究運営</p>	<p>東京工業大学大学院生命理工学研究科</p> <p>東北大学多元物質科学研究所</p> <p>大分大学工学部</p> <p>富山県立大学工学部</p> <p>浜松ホトニクス㈱</p> <p>宇宙航空研究開発機構宇宙開発研究本部宇宙輸送工学系</p> <p>東北大学大学院工学研究科</p> <p>名古屋大学大学院工学研究科</p> <p>宇宙航空研究開発機構</p>	<p>○大倉一郎</p> <p>宮下徳治</p> <p>天尾豊</p> <p>坂村芳孝</p> <p>○水島廣</p> <p>藤井孝蔵</p> <p>◎浅井圭介</p> <p>新美智秀</p> <p>○高木正平</p>

(注：◎は研究代表者，○はサブテーマ責任者)

Ⅲ 運営委員会

委 員	所 属
〔研究実施者〕	
○高 木 正 平	㈱宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 空気力学研究グループ
浅 井 圭 介	東北大学 大学院工学研究科航空宇宙工学専攻 教授
大 倉 一 郎	東京工業大学 大学院生命理工学研究科 教授
宮 下 徳 治	東北大学 多元物質科学研究所 教授
天 尾 豊	大分大学 工学部応用化学科 助教授
藤 井 孝 蔵	㈱宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部宇宙輸送工学研究系 教授
新 美 智 秀	名古屋大学 大学院工学研究科 教授
坂 村 芳 孝	富山県立大学 工学部 助教授
水 島 廣	浜松ホトニクス㈱ システム事業部 部長
〔外部有識者〕	
藤 本 哲 夫	名城大学 総合数理教育センター 教授
西 坂 剛	北陸先端科学技術大学院大学 材料科学研究科 教授
矢 野 重 信	奈良女子大学 大学院人間文化研究科人間環境科学専攻物質科学講座 教授
柳 楽 和 彦	㈱同仁化学研究所 企画室 室長
倉 田 隆 一 郎	東洋インキ製造㈱ 技術・研究・開発本部
堀 田 善 治	東都化成㈱ 代表取締役社長

(注：○は運営委員長)