

# 機能性分子による熱流体センシング技術の研究開発

## 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明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「総合的かつ計画的な施策の展開」において重要性が指摘されている、「研究開発基盤の整備・充実」と見なされる。また、科学技術会議第18号答申「新世紀に向けてとるべき科学技術の総合的基本方策について」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」に担当する。

一方、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C(1)「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、錯体化合物を航空宇宙科学の研究開発に適用する可能性について企画調査が行われており、熱流体研究のためには、新たな知的基盤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の開発を行うために、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して用いる新しい概念の熱流体センシング技術を開発し、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の整備を行うことが必要になっている。

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の研究
- 2) 機能性分子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（反射，吸収）を画像として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、対象となる現象に応じた機能性分子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する研究を行う。

これにより、3年後には、

- ・機能性分子センサの探索
- ・計測ツールの試作・評価
- ・機能性分子センサ評価試験

及び、5年後には、

- ・実用計測ツールの開発と実証
- ・熱流体现象への応用

を実現することを目標とする。

### 2. 研究概要

#### 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う。

(1) 新規機能性分子の合成と分子設計に関する研究（東京工業大学）

熱流体素子としての機能を持つ新規機能性分子の開発に資するため、各種ルテニウム錯体、白金あるいはパラジウムフタロシアニン錯体、亜鉛ポルフィリン・フタロシアニンなどの新規化合物を合成する。またこれら化合物の光化学的特性、電気化学的特性を調査し熱流体素子としてと機能を有するセンサ分子を探索する。

(2) 機能性分子の基板表面への固定法に関する研究（東北大学反応化学研究所）

機能性分子を基板表面へ固定させる方法の開発に資するため、物理蒸着などの乾式製膜法に加えて、網目状高分子、ゼオライト、ゾルゲル化合物、陽極酸化皮膜など多孔性担体に化合物を担持する方法、及び、高分子に担持できる白金ポルフィリンやパラジウムポルフィリンをラングミュア・プロジェクト法により基板上に薄膜化する方法について研究を行う。

(3) 複合機能を持つ分子熱流体センサの設計に関する研究（科学技術庁航空宇宙技術研究所）

複合機能を持つ分子熱流体センサの開発に資するため、金属錯体や機能性高分子を基盤とした複合機能を有する分子を分子設計・合成し、その光物理及び光化学的な性質を光学的手法により調べ、熱流体センサを構築する方法を研究する。

#### 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（反射，吸収）を画像としてとらえる技術の開発に資するため、感応分子に応じた光励起法と光学測定法に関する研究を行う。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情報解析技術の研究する。

(1) レーザー励起による光計測手法の研究（東京工業大学）

発光性機能性分子の発光寿命、または、亜鉛ポルフィリン、亜鉛フタロシアニンなど機能性化合物の励起三重項寿命を測定する技術の開発に資するため、レーザーのパルス励起を用いた新しい光学計測手法の基盤的研究を行う。

(2) ルミネセンス寿命のイメージング技術の研究（浜松ホ

トニクス㈱)

感応分子の発光寿命の分布をイメージとしてとらえる技術の開発に資するため、パルス励起法と光信号処理技術に関する基盤的な研究を行う。また、高速度光現象を高精度で計測するため、電子増倍式 CCD 素子、及び、リアルタイム信号処理に関する基盤的研究を行う。

(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 (文部省宇宙科学研究所)

熱流体情報の解析技術の開発に資するため、機能性分子センサ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方法について研究を行う。

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

極限状態における熱流体現象の解明に資するため、これらの現象を地上で再現する装置に適用することのできる機能性分子センシングシステムを構築し、その有効性を実験

的に評価する。

(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 (科学技術庁航空宇宙技術研究所)

衝撃風洞や極超音速風洞、ロケットエンジンの模擬実験において生じる、超高速の熱流体現象の解析に資するため、機能性分子を用いた光学センシング装置を構築し、その評価を行う。また、機能性分子センサを用いて低温環境下における流体現象を光学的に観測する技術の確立に資するため、光学装置を開発しその評価実験を行うとともに、空気とは異なる組成を持つ作動流体に使用可能な機能性分子センサ技術の研究を行う。

(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)

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現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	11年度	12年度	13年度	14年度	15年度
1. 機能性分子の合成と薄膜化に関する研究開発					
(1) 機能性分子センサの合成と分子設計に関する研究	化合物合成	評価試験・改良		センサ開発	評価試験
(2) 機能性分子の基板表面への固定法に関する研究	化合物合成	評価試験・改良		センサ開発	評価試験
(3) 複合機能を有する分子熱流体センサの設計に関する研究	センサ試作	評価試験・改良		センサ開発	データベース化まとめ
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光学計測手法の研究	要素開発, 装置試作		評価試験	装置開発	実証試験
(2) ルミネッセンス寿命のイメージング技術の研究	要素開発, 装置試作		評価試験	装置開発	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	計測装置開発	ソフトウェア開発・評価試験		高機能化	実証試験
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					
(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	計測装置開発	試験装置開発・実証試験		装置開発	熱流体現象への適用
(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	計測装置試作	試験装置開発・実証試験		装置開発	熱流体現象への適用
4. 研究推進					
所要経費(合計)	150百万円				

## II 平成11年度における実施体制

研究項目	担当機関	研究担当者
(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 新規機能性分子の合成と分子設計に関する研究	東京工業大学	大倉一郎
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	宮下徳治
③ 複合機能を有する分子熱流体センサの設計に関する研究	科学技術庁航空宇宙技術研究所	天尾豊
(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光学計測手法の研究	東京工業大学	大谷弘之
② ルミネセンス寿命のイメージング技術の研究	浜松ホトニクス(株)	水島廣
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	文部省宇宙科学研究所	藤井孝蔵
(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	科学技術庁航空宇宙技術研究所	○浅井圭介
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	新美智秀
(4) 研究運営	科学技術庁航空宇宙技術研究所	横幕良生

(注：○は研究代表者)

## III 運営委員会

委員	所属
○横幕良生	科学技術庁 航空宇宙技術研究所流体科学総合研究グループ総合研究官
浅井圭介	科学技術庁 航空宇宙技術研究所空力特性研究部熱空力特性研究室室長
天尾豊	科学技術庁 航空宇宙技術研究所空力特性研究部熱空力特性研究室研究員
大倉一郎	東京工業大学 生命理工学部教授
大谷弘之	東京工業大学 生命理工学部助教授
海江田修	(株)日本触媒 筑波研究所
倉田隆一郎	(株)東洋インキ製造 顔料研究所
新美智秀	名古屋大学 大学院助教授
西坂剛	北陸先端科学技術大学院大学 教授
藤井孝蔵	文部省 宇宙科学研究所教授
藤本哲夫	名城大学 理工学部教授
水島廣	浜松ホトニクス(株) システム事業部第1設計部部長
宮下徳治	東北大学 反応科学研究所教授
柳楽和彦	(株)同仁化学研究所 開発部次長
矢野重信	奈良女子大学 大学院人間文化研究科教授

(注：○は運営委員長)