

## 令和6年度 奈良女子大学研究推進プロジェクト経費研究報告書

奈良女子大学長 殿

研究代表者

所属・職 研究院自然科学系・准教授  
氏 名 近藤 正人

本年度の交付を受けた研究推進プロジェクト経費について、下記のとおり報告いたします。

申請区分	<input type="checkbox"/> (A) 多様な人材の協働による研究
	<input checked="" type="checkbox"/> (B) 一般研究
研究課題	膜結合性分子と脂質膜の相互作用研究のための利便性の高い全内部反射ラマン分光装置の構築

1. プロジェクトの成果（研究推進プロジェクト経費が交付された期間に、この研究によって得られた新たな知見等の成果を、申請書の「研究目的、研究計画・方法」に対応させて記載すること。また、支出内訳との関係についても記載すること。）  
2 ページ以内で記載してください。

## 背景と目的

本プロジェクトの目的は、全反射ラマン分光という界面計測法の実験装置を新たに構築することである。この際、試料を交換前後の測定精度の向上、調整の簡易化による実験時間の短縮を実現させた装置を構築することを目標とした。本課題の背景には、研究代表者ら自身が以前に構築した装置にあった後述の問題点を解消したいという動機がある。

本課題の申請は、代表者が本学に研究室を新設した直後に行われたものである。以前の研究機関で、代表者は、全反射ラマン分光装置を構築し、これを固体と溶液（固液）界面の基板支持脂質二分子膜（**Supported Lipid Bilayer: SLB**）と溶液中の膜結合ペプチドの相互作用を捉える研究に適用できるように拡張した。全反射ラマン分光では、励起光を固液界面で全反射させ、このとき溶液側に生じたエバネッセント波を用いて界面近傍の振動スペクトルを得る。この際、励起光を全反射させるために、プリズムを用いる。全反射ラマン分光でSLBを測る際に難しいのは、このプリズム上にSLBを準備する必要があることである。つまり、このプリズムは、装置に不可欠な光学部品の役割だけでなく、試料を設置する場（セル）の役割も兼ねている。SLBの試料を交換するには、その都度プリズムを装置から外す必要がある。試料交換のためにプリズムを外してしまうと、その前後のラマンスペクトルの強度を精度よく比較するのは非常に困難となる。これが本課題着想の背景となった問題点である。

## 当初の到達目標および期間内にどこまで到達したか

本課題では、プリズムからセルの役割を分離し、各々を独立させることを着想した。これにより、プリズムは装置に固定したまま、セルだけを装置から取り外して試料交換できるようにすることで、試料交換前後の測定精度を確保する。この着想を取り入れた装置を新たに構築し、この着想の有効性を検証することを到達目標に行った。本報告時点では、この目標には到達していない。だが、以下で述べるように、装置の試作はほぼ終わっており、試験試料からの信号強度をもとに装置を最適化させる段階にまで到達している。

## 全反射ラマン分光装置の試作

課題開始後、はじめに光学定盤を導入し、構築予定の分光装置を設置する環境を整えた。量子科学技術研究開発機構の板倉隆二プロジェクト長より、定盤を譲受け、本学のC314実験室に移設した。移設費用の一部に本予算を使用した。ここに、半導体レーザー励起固体レーザー光源(Spectra Physics社製 Millennium Prime ; 波長532 nm) , CCD検出器

(Andor社製 DU420-OE) , イメージング分光器(分光計器社製, MK-300GLQ)を設置し、申請時の光学設計に従って装置の試作を進めた。分光器, および, 対物レンズなどの光学部品の購入費用の一部に, 本予算を使用した。報告時点での試料部の概略図と写真を図1に示す。試料部には, フッ化カルシウム

(CaF<sub>2</sub>)製の台形柱状のプリズムを設置している。申請当初は, このプリズムの上底面にO-ringを置き, その内側に液体(シクロヘキサン)を満たし, その上にセル(合成石英シャーレ)を設置するという設計であった。測定したい試料は, セルの内側の底面に準備する。この設計では, 試料部からセルだけを取り外すことができるため, 装置の光軸調整の状態を維持したままで試料交換を簡便に行える。しかし, 実際にこの方法を試したところ, セルの加重だけではO-ringの圧縮が不十分であり, 液体が保持されなかった。そこで,

油浸オイルを用いる方法に切り替えた。油浸オイルは, 高屈折率のオイルであり, 通常, 顕微鏡の開口数を向上させるために用いられる。今回は, 油浸オイルをCaF<sub>2</sub>プリズムの上底面に塗り, その上にセルを載せることで, 励起光を, 石英表面(セル底面の側)で全反射させた。このセルにメタノールを満たし, メタノールと石英界面のラマンスペクトルの検出試験を行った。得られたスペクトルを図2に示す。2840と2949 cm<sup>-1</sup>の振動バンドは, それぞれ, メタノールのメチル基の対称伸縮振動と, 変角振動倍音とのFermi共鳴に帰属される。今回, 構築した装置でメタノールのラマンスペクトルを確かに得た。一方で, 縦軸のスケールで250程度の強度の背景信号も見られており, スペクトルの質は十分とは言えない。

現在は, 背景信号の強度を抑えつつ, 信号強度を増大させるように, 装置の最適化を進めている。具体的には, 余計な光が検出器に入らないようにするためのブロックの設置や, 試料からのラマン散乱光をより高い効率で検出するためのレンズ光学系の改善を行っている。最適化が進み次第, 試験試料を界面活性剤の希薄水溶液に切り替え, 水溶液と石英界面近傍の会合膜のラマンスペクトルを様々な濃度で測定する。この実験を通して, 検出感度や, 試料交換の際の精度を評価し, 本着想の有効性を検証する計画である。

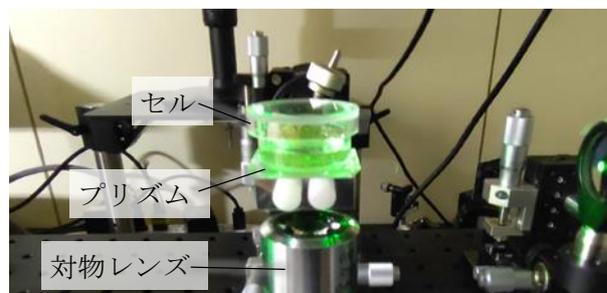
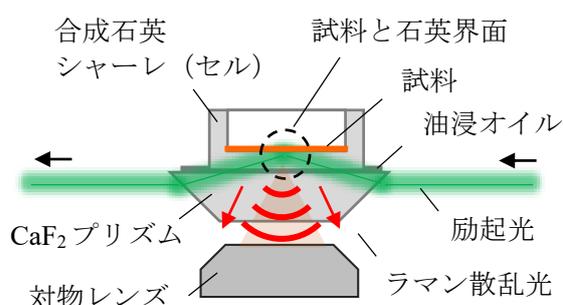


図 1. 全反射ラマン分光装置試料部の概略 (上) と写真 (下)

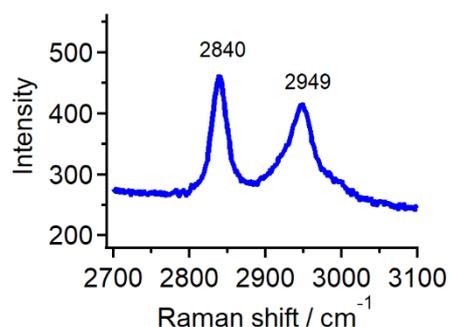


図 2. 本装置で得たメタノールと石英界面の全反射ラマンスペクトル

## 2. プロジェクト成果の発表

(論文名, 発表者, 発表雑誌等, 巻・号, 発表年等)

2025年10月開催予定の溶液化学シンポジウムでの発表を目標にしている。

3. 支 出 内 訳						
備 品 費		消耗品費	旅 費	謝金等	その他	計
品 名	金 額					
イメージング 分光器 (MK-3 00GLQ・分光 計器社製)	380,600 円	180,840円	8,160円	0円	310,500円 (光学定盤 移設費)	950,000円
ノートパソコン	69,900円					