



Title	Vibrational Spectroscopic Studies on the Structure of Bio-model Interfaces [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	張, 雅
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第11143号
Issue Date	2013-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/53914
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Ya_Zhang_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（理学） 氏名 張 雅

審査担当者	主査	教授	喜多村	昇
	副査	客員教授	魚崎	浩平
	副査	教授	坂口	和靖
	副査	教授	幅崎	浩樹
	副査	客員准教授	野口	秀典

学位論文題名

Vibrational Spectroscopic Studies on the Structure of Bio-model Interfaces
(振動分光法による生体モデル界面の構造に関する研究)

生物の構成単位である細胞は細胞膜により外部と隔離されている。細胞膜の主構成成分はリン脂質であり、リン脂質を水中に分散すると自発的に自己組織化し、ベシクルあるいはリポソームと呼ばれる二分子膜構造の閉鎖型小胞体を構築する。このため、リン脂質二分子膜構造体は生体膜モデル系として幅広く利用されている。さらに、生体機能を理解する上では、生体界面の構造を明らかにすることが重要であるが、測定法の制限などから理解が遅れている。このような状況に対し、本論文では表面選択的な振動分光法である和周波発生 (SFG) 分光法を主要な測定法とし、反射赤外分光法 (ATRIR)、原子間力顕微鏡 (AFM) など併用することによって、固体基板表面に構築した単分子膜および二分子膜、さらには自立膜について、それらの構造を種々の環境下、分子レベルで明らかにし、水分子との相互作用や、分子層の安定化に及ぼすトレハロースの効果について議論している。

本論文は全六章で構成されている。

第1章では脂質単分子層、脂質二分子層、および界面活性剤の自立膜について紹介し、乾燥状態での脂質膜の安定性に関するこれまでの研究を総括している。また SFG 分光法の理論について述べている。

第2章では試料の調製、測定手法 (SFG 分光法、ATRIR、AFM) および詳細な実験方法について述べている。

第3章では、ステアリン酸ナトリウム分子の石英基板上への吸着挙動を SFG 分光法により追跡した結果を述べている。水溶液中では、ステアリン酸分子は二分子膜を形成するが、ここに Ar ガスを導入して乾燥雰囲気下にすると、二分子膜が崩壊して高度に配向した単分

子膜が形成する。また、このプロセスは可逆的に進行し、水を再度導入することで、二分子膜が形成され、乾燥させると高度に配向した単分子膜が再び形成されことを明らかにしている。さらに、テアリン酸ナトリウム分子の吸着過程におよぼす濃度の影響についても調べ、ステアリン酸ナトリウム分子の濃度が臨界ミセル濃度よりも高くなると、高配向の単分子膜は形成されなくなることも見出している。

第4章では、ベシクルフュージョン法により石英基板上に脂質二分子膜(DMPC)を形成させ、乾燥 Ar 雰囲気下での二分子膜の構造安定性に対するトレハロースの効果について、SFG 分光法および AFM により調べている。二分子膜を水溶液中で形成させた後、乾燥 Ar 雰囲気下に置くと、二分子膜は崩壊し単分子膜となるが、トレハロース濃度が高くなると(0.1 M 以上)、乾燥 Ar 雰囲気下でも二分子膜が安定に存在することを明らかにしている。トレハロースの二分子膜の構造安定化の原因を明らかにするために、比較的近い構造を持つ糖類であるグルコースおよびマルトースの構造安定性効果をあわせて調べることにより、優れた効果の原因がこれまで言われていたヘッドグループとトレハロースの間の水素結合形成によるものではなく、体積効果によるものであることを新たに見出している。

第5章では、界面活性剤(sodium dodecylsulfate、SDS)の自立膜(シャボン膜)について、形成から崩壊までの過程を透過 FTIR で追跡し、膜の崩壊過程を分子レベルで明らかにしている。SDS だけで作製したシャボン膜の寿命は非常に短い。1-dodecanol やトレハロースの添加により、膜の寿命が大幅に伸びること、シャボン膜は時間とともに薄くなるが崩壊直前に膜内の水分子が ice-like な構造をとるとともに、二分子膜を形成している SDS 分子も高度に配向することを見いだしている。さらに、シャボン膜に対する安定化効果の原因は、1-dodecanol は水の蒸発抑制、トレハロースは第3章で観測された脂質二分子膜に対する構造安定化の場合と同様、体積効果によることを提案している。

第6章では、本研究で得られた結果を総括し、今後の展開について述べている。

以上本研究は、種々の手法を駆使して、脂質単分子層、脂質二分子層、および界面活性剤の自立膜(シャボン膜)の膜構造を評価するとともに、それらの安定化に及ぼす添加剤の効果について新しいモデルを提案するなど、界面科学への貢献は非常に大きく、生物物理学分野への影響も大なるものがある。関連原著論文は1編あり、英文で国際誌に掲載されている。よって審査員一同は、申請者が北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格があるものと認める。