

## 論文審査の結果の要旨

氏 名 景山 元裕

本論文は、損傷領域を含む毛髪表面の化学状態を模倣した毛髪モデル表面の構築とその表面を利用したヘアコンディショニング成分の吸着特性の評価についてまとめたものである。健全毛髪の表面は、F-layerと呼ばれる末端分岐鎖を持つ長鎖脂肪酸層により覆われているため疎水性であるが、ブリーチングなどの化学的処理によりF-layerが剥離されると、その下部にあるタンパク質層が露出され、親水性へと変化する。ヘアケア剤のコンディショニング成分は、毛髪表面に吸着することで様々な感触や機能を付与することから、それらの毛髪表面に対する吸着性や吸着層の構造等を分子レベルで解明することは、高性能なヘアコンディショナーの開発にとって極めて重要である。しかし、実際の毛髪を対象とした場合、個人差や吸着成分に比べてはるかに大きい表面凹凸などのために、直接的な吸着分子膜の評価は困難である。そこで本研究は、多くの高感度表面解析手法が適用できる平滑固体基板上に、毛髪表面に存在する官能基を化学的に修飾した毛髪表面モデルを構築するとともに、そのモデル表面に対するヘアコンディショニング成分の吸着特性や吸着膜構造の解析を目的として種々検討している。

本論文は6章から構成されている。第1章には研究の背景や目的などが述べられている。第2章には本研究で用いた種々の分析手法の原理やデータの解釈法が詳述されている。第3章には、実際の毛髪表面の解析結果と、それらに基づくモデル表面構築のための指針、作製された毛髪モデル表面の構造および物性の評価が示されている。第4～5章には、毛髪モデル表面を利用した実験から得られたヘアコンディショニング成分の吸着挙動と吸着膜構造に関する知見がまとめられている。第6章は総括である。

本研究において得られた主な成果は次の通りである。

(1) 有機シラン化合物の展開単分子膜におけるマイクロ相分離現象と表面水酸基を有する固体表面上への化学吸着能を巧みに利用し、損傷毛髪表面に存在する官能基からなる親水性マトリックスの中に、健全毛髪表面に相当する疎水性アイランドが分散した毛髪表面モデルをシリコンウエハ上に作製する手法を見出している。化学的または物理的性質が異なる表面領域を人工的に作り出す方法としてリソグラフィ法が良く知られているが、本論文の手法は、それとは異なる自己組織化法によるもので、より安価・簡便に二相領域が共存した表面を作り出すことができる。また、疎水性アイランドの一成分として化学吸着能を有しない化合物を混合し、アイランド形成後に洗浄除去する方法により、マイクロ相分離構造を保持したまま疎水性アイランドの表面エネルギーを制御できることも明らかにしている。多面的な表面分析によって毛髪モデル表面の解析が行われているとともに、毛髪表面モデルとしての妥当性が検証されている。

(2) 損傷毛髪の修復実感や毛髪の水分量保持等の効果を示すことが知られているラウロイルアミドブチルグアニジン酢酸塩（カチオン界面活性剤）とステアリアルアルコールの複合体の吸着膜構造と吸着挙動を明らかにしている。カチオン活性剤複合体の吸着膜は、毛髪モデル表面の親水

性官能基に積層膜を形成して選択的に吸着したことから、損傷毛髪表面を化学的に保護し、生活者の実感効果を裏付ける結果を得ている。

(3) シリコーンは被膜の摩擦が低く、毛髪に「なめらかさ」や「さらさら」などの感触を付与するが、カチオン活性剤複合体のような構造性を持たないため、吸着膜の形態観察のみでは吸着挙動の把握が難しい。そこで、摩擦力顕微鏡法を適用した解析により、分子内に親水性官能基を有するアミノ変性シリコーンが親水基に選択吸着して表面の摩擦係数を低下させることを明らかにしている。一方、ジメチルシリコーンについては、疎水性アイランド領域の表面自由エネルギーに依存した吸着挙動を明らかにしている。

本論文については、2014年2月13日に、本学陽東キャンパス2号館（総合研究棟）211教室において、全審査員の出席のもと公聴会が開催され、研究成果の発表および質疑応答が行われた。公聴会終了後に開催された審査員全員による学位審査委員会において、本論文の内容を詳細に検討した。その結果、本研究により、ヘアコンディショニング成分の吸着特性やその評価技術に関する多くの知見を得られたことが認められ、本研究成果は工学的に価値が高く、研究の独創性・有用性においても優れたものと判断した。

よって、博士(工学)の学位論文に値するものと認める。