

2-(2-アミノエチルチオ) コハク酸：ATS の毛髪形状制御メカニズムの解明
—突出した機能性発現の本質に迫る—

Chemical Mechanisms of Hair Shape Control by 2-(2-aminoethylthio)succinic acid (ATS)

○武智 恭世 (タケチ チカヨ)¹, 宮本 紘幸¹, 松本 健嗣¹, 菅野 宙依¹, 池内 亮太¹,
片山 拓哉¹, 吉岡 千恵子², 池本 夕佳², 小林 裕司³, 堀田 弘樹¹, 辻野 義雄^{1,4}
(¹ 神戸大院・海事, ² JASRI, ³ ミライズ, ⁴ 神戸大院・イノベ)

【背景】くせ毛や加齢に伴う毛髪のうねりは外観に大きく影響する重要な美容科学的課題であり、その高度な制御技術の確立が強く求められている。近年、マスメディアで繰り返し紹介され、広くヘアケア製品に使われるようになってきた2-(2-アミノエチルチオ) コハク酸 (ATS) は、かつてない高い実効性から革新的な毛髪形状制御成分として広く注目を集めている。我々の研究グループは、ATS 処理により従来法を凌駕する縮毛矯正効果すなわち毛髪を高度に直毛化し、その美しいストレート形状が半永久的に持続することを実証した (S. Sato, *et al.*, *Int. J. Cosmet. Sci.*, 47, 2025, 585)。

【目的】これまで毛髪内部で中間径フィラメント (IF) の配列や IF 間距離の変化が観察されており、毛髪内ケラチンとの相互作用が示唆されている。しかしながら、その分子レベルでのメカニズムはいまだ十分に解明されていない。そこで本研究では、ATS の毛髪内部への浸透挙動およびアミノ酸との分子間相互作用に着目し、縮毛矯正効果発現のメカニズムを化学的に解明することを目的とした。

【方法】ブリーチ毛に 11 wt% ATS を浸漬し、切片の放射光赤外顕微鏡マッピングにより浸透を評価した。また、毛髪ケラチンモデル化合物 (α -ケトグルタル酸とトリアルギニン) と ATS を加熱反応させ、赤外分光および LC-MS で解析した。黒髪、ブリーチ毛およびそれらの日光照射ダメージ毛に ATS 処理を施し、フルオレセイン-5-チオセミカルバジドにより毛髪内のカルボニル基を蛍光標識して観察した。

【結果と考察】赤外顕微鏡観察の結果、ATS 処理毛内部に ATS 由来ピークが観測され毛髪内部への浸透が示唆された。ATS と α -ケトグルタル酸、トリアルギニンの各反応生成物の IR スペクトルにおいて、アミノ基由来吸収の減少と、それぞれ C=N および C-N 結合由来ピークの増加が認められた。さらに、ATS のみを加熱した場合、環状イミドおよびアミドに由来する吸収ピークが確認された。LC-MS の結果、加熱により、ATS 単体の減少と 2 量体および 3 量体の生成が確認された。これらの結果より、ATS は加熱により分子内脱水を起こして無水化しているものと考えられる。また縮合反応を経て、イミド化、さらにアミド体へと構造が進行したと考えられる。このような無水物の高い反応性によって、毛髪ケラチンの特にアミノ基と結合することが考えられる。また、ダメージ毛を用いた実験では、ATS 処理によりカルボニル基が減少することが確認された。以上の結果より、ATS が毛髪内部へ浸透し、一部が無水化し、その高い反応性によって、毛髪ケラチンのアミノ基やカルボニル基と強固な共有結合をすることで縮毛矯正効果を示しているものと考えられる。

【まとめ】本成果は、毛髪形状制御を分子レベルで明確化し、次世代型縮毛矯正技術の創出に資する基盤的知見を提供するものである。