—ノート—

カツラに使用されている人毛の一形態

高木 孝^{*1}, 立入直紀^{*1}, 大内 司^{*1}, 齋藤弘一^{*1}, 橋谷田真樹^{*2}, 舟山真人^{*2}

宮城県警察科学捜査研究所^{*1}

〒980-8410 宮城県仙台市青葉区本町 3-8-1

東北大学大学院医学系研究科医科学専攻社会医学講座法医学分野^{*2}

〒980-8575 宮城県仙台市青葉区星陵町 2-1

Morphology of Human Scalp Hair used for Wigs

Takashi Takaki^{*1}, Naoki Tachiiri^{*1}, Tsukasa Ouchi^{*1}, Koichi Saitoh^{*1},
Masaki Hashiyada^{*2} and Masato Funayama^{*2}

*Forensic Science Laboratory, Miyagi Prefectural Police H.Q.*1*

3-8-1 Honcho, Aoba-ku, Sendai 980-8410

Division of Forensic Medicine, Department of Public Health and Forensic Medicine,

*Tohoku University Graduate School of Medicine.*2*

2-1 Seiryomachi, Aoba-ku, Sendai 980-8575

(Received 29 November 2010; accepted 25 May 2011)

Recently, many types of hair wigs have been widely used for hairdressing, hair restoring and medical use. Therefore, the hair materials from wigs can be recovered as physical evidence at crime scenes in addition to natural hairs of victims and suspects. As materials used for manufacturing wigs, in general, human scalp hair and artificial hair made from materials such as nylon, polyester and acrylic fiber have been used. In this study, we examined the cuticle morphology of wig hairs under a scanning electron microscope (SEM). The cuticles of human hair are removed by chemical treatment to reduce tangles. The surface of wig hairs after chemical treatment is smooth. In addition, if a unique cuticular trace lines along the hair axis can be observed on the hair surface, it will help to identify the hair wig manufacturing company. Material samples from wigs hereafter may be useful for forensic hair comparison.

Key words: Wig, Cuticle morphology, Chemical treatment hair, Forensic science, Unique trace

緒 言

現場資料として採取された毛髪のようなものについて

て、被害者由来のものであるか否かの異同が求められた。被害者の DNA 型は在宅資料で特定されていたものの、現場遺留毛髪のうち毛根鞘付着の毛髪か

ら DNA 型は検出できなかった。また、被害者本人は行方不明で異同比較用対照資料もない状況であった。その後の捜査により被害者は A 社製の部分カツラを使用しており、そのカツラには、人毛が使用されていることが判明した。人工毛髪¹⁾使用ならば、形態検査と FT-IR による材質検査で識別は可能であるが、カツラ由来の人毛を現場資料から抽出することは不可能に思われた。しかしながら、A 社に対する捜査の過程で、人毛をカツラに使用する場合、毛髪中央付近で折り返して植毛する手法をとるため、毛髪同士のからみを少なくする目的で毛小皮（キューティクル）除去処理を行っていることが判明した。さらにこの毛小皮除去処理過程において、A 社製処理人毛には独特の痕跡が残ることがわかり、A 社製造のカツラ由来した資料の推定につながったため、この毛小皮除去処理人毛の形態学的特徴所見を報告する。

材料及び方法

1 材料

材料は、A 社、B 社より供与のあったカツラ用人毛サンプル各 1 種類（以下、処理人毛、数百本の束から各 20 本を任意に抽出）及び人工毛髪 6 種（A 社 4 種、B 社 2 種）であり、これらは色見本として使用されるものである（Table 1）。また、処理人毛の毛小皮除去処理は、A 社は自社で処理しているが、B 社は処理済みの毛髪を入手しているとのこと

で、A 社によればいずれの処理人毛も由来は中国人女性などとのことであった。

2 毛小皮除去処理

A 社による毛小皮処理工程は、企業秘のため詳細は明らかにされていないが、その概要は、1)洗淨（アルコール系）、2)前処理（次亜塩素酸ナトリウム）、3)加水分解、4)除去処理 2 回（水酸化ナトリウムなど）、5)脱色（過酸化水素など）、6)染色、7)仕上げ（シリコンオイルなど）などの工程である。この処理は、A 社独自の専用ステンレス製容器に人毛がセットされ、薬液を「内側から外側」と「外側から内側」との 2 方向にポンプで強制的に流して処理を行う方法である。この専用容器には無数の穴が開いており、容器内にセットされた人毛はその穴から送り込まれた薬液に曝露される仕組みであり、これらの人毛は薬液等をポンプで強制循環させているため、この圧力により処理開始から処理終了までほとんど動かない。この薬液の強制循環により常にある程度の圧力がかかり、容器内にセットされた人毛同士が接触している部分は固定され、薬液が曝露され難くなり、その結果この部分に毛軸方向に走る処理ムラ（痕跡）が残ることがある。A 社によると、A 社以外の毛小皮除去処理は、一般には薬液が入った大きな槽に人毛を入れ、人力で攪拌処理しており、機械処理による毛軸方向に走る特徴的な処理ムラ（痕跡）は残らないとのことである。

Table 1 Morphology and material of chemically treated human hairs and artificial hairs from wigs.

Sample	Diameter (μm)* ^a	Surface form* ^b	Inorganic element* ^b	Material* ^c
A (Human)	60-140	Smooth, cuticle vestige, narrow straight traces running in hair axis direction	S	—
B (Human)	60-140	Smooth, cuticle vestige	S	—
A-a (Artificial)	60	Rough dimple	—	Nylon
A-b (Artificial)	90	Rough dimple (regular)	Si, Al	Nylon
A-c (Artificial)	80	Small projection	Si, Cl	Polyester
A-d (Artificial)	95	Lines run in fiber axis direction	Cl	Acryl
B-a (Artificial)	70	Small dimple (hole)	—	Polyester
B-b (Artificial)	70	Rough dimple	—	Polyester

*^a Optical microscope observation

*^b SEM/EDX analysis

*^c FT-IR analysis

3 走査型電子顕微鏡による観察・元素分析と FT-IR による材質分析

処理人毛及び人工毛髪について、走査電子顕微鏡（日立製作所製 SEM/EDX S3400N）により毛髪の表面形態の観察と元素分析を行った。人工毛髪については、FT-IR（Thermo Fisher Scientific Inc. NICOLET 6700）により材質を確認した。

結 果

カツラに使われる人毛は、毛小皮除去処理が施されており、完全に処理がなされると、非常になめらかな表面形態を示していた。しかしながら、この毛小皮除去処理は均一ではなく、処理人毛の中には、毛小皮除去処理が完全なもの、毛小皮処理が不完全なもの、未処理と見かけ上同じ形態のものなどがあり、さらにこれらの中間型も含め多様であった（Fig. 1-2）。また、処理人毛 1 本の中でも、完全に毛小皮が残っている部位もあれば、完全に除去されている部位も、その中間的な部位もみられるものもあった。さらに、A 社の専用容器使用による処理

人毛には、毛軸方向に走る痕跡がみられる場合があった（Fig. 3）。この痕跡は、毛小皮除去処理行程における毛髪同士の持続的な接触による毛小皮の残存と考えられ、類似する痕跡は B 社使用の処理人毛にはみられなかった。

人工毛髪の表面形態と元素分析及び TF-IR による材質結果は、Table 1 に示すとおりであるが、これらの検査により、ある程度製品の絞り込みが可能と考えられた。

考 察

カツラメーカーは、国内だけでも大小数百社以上あるといわれ、頭部用の全カツラ、部分カツラ、医療用、さらには陰部用までその用途も広い。また、使用される毛髪も化学繊維を用いた人工毛髪やヒト頭毛を処理して使用するなどさまざまであるにも関わらず、その形態・材質についての報告は少ない。今回検討した A 社製のカツラ用人毛は、1 本の人毛を中央で折り返して植毛するためそのまま使用すると半分の毛小皮は向きが逆になり、からまりやす

Fig. 1 Scanning electron micrographs (SEM) of the scalp hair shaft from the wig manufactured by the A company (A-1 to A-4). Note that the hair cuticles are almost flaking off by chemical treatments in the manufacturing process. SEM image with gold coating, $\times 1$ K.

Fig. 2 Scanning electron micrographs (SEM) of the scalp hair shaft from the wig manufactured by the B company (B-1 to B-4). Although the hair cuticles are flaking off by chemical treatments in the manufacturing process, the traces of the cuticle can be observed on the hair surface. SEM image with gold coating, $\times 1$ K.

Fig. 3 SEM images of the scalp hair shaft from the wig manufactured by the A company (A-5 to A-8). In some hair shafts, the trace lines of the cuticles are clearly observed only in one direction of the hair axis (arrow). These unique structures are detected only from the wig manufactured by the A company. SEM image with gold coating, $\times 1$ K.

くなる。そのため、からまり防止策として毛小皮（キューティクル）除去処理を施すとのことであった。A社は、自社において一貫した専用機器処理を行うことで、高品質が保持されていると思われるが、その特殊な器具を使用することにより処理人毛の一部に特徴的な痕跡が残るものがみられた（Fig. 3）。A社によると、人毛がカツラとして使用されるまでの処理方法として、器具に納めてほぼ全工程を毛髪を移動させずに処理できるのは自社のみのことであるが、その処理過程の最終段階まで毛髪同士との接触状態が維持され、その部分に対する薬液の曝露が不十分となり、毛軸方向に走る痕跡として残ると考えられた（Fig. 6）。なお、A社によると他社製カツラ用人毛については、人毛処理を自社では行わず、既に処理済みの人毛を入手し、カツラを製造していることも多いとのことで、どのような使用器具・使用薬品を用いて毛小皮除去処理を行っているかは不明であるものの、一般には大きな槽に毛髪と処理薬剤を入れ、人力で攪拌処理されているようである。B社処理人毛の毛小皮除去の不均一性はA社処理人毛と同様であったが、毛軸方向に走る痕跡

があるものはみられなかった（Fig. 2）。さらに、これらの処理人毛は、日光や風雨の暴露及び土中における経時変化による毛小皮の欠損、破損、剥離、ブリーチなどの美容処理によるダメージ、日頃の手入れが非常に悪いもの²⁻⁵⁾とは明らかに毛小皮の脱落・欠損形態が異なっており（Fig. 4）、人工毛髪とも表面形態が明らかに異なっていた（Fig. 5）。

また、遺留毛髪の鑑定⁶⁾においては、人毛であれば、(1)毛根鞘の付着の有無、あればDNA型、(2)対照資料があれば形態学的異同比較、(3)ABO式血液型検査、(4)ミトコンドリアDNA検査等の選択枝があるものの、不特定多数の中国人女性など由来の頭毛を使用したカツラの毛について、これらの検査は事実上無意味であるため、今後は、本研究でとりあげた処理人毛や人工毛髪に着目した形態検査による確認の必要性が高まると考えられる。

また、カツラの色調は使用者の残存する毛髪の色調にあわせて染色を行うため、製造メーカーに個人データが残っていれば染料分析⁷⁾も有効である。染料については、製造年により逐次変更されることもあるため製造メーカーの協力も必要である。

Fig. 4 Hair surface morphologies of normal scalp hair (C), hard damaged hair in dairy life (D), permanent-wave hair (E) and bleached hair (F). SEM image with gold coating, $\times 1$ K.

Fig. 5 Hair surface morphologies of artificial materials (A-a to A-d: A company, B-a and B-b: B company). SEM image with gold coating, $\times 1\text{ K}$.

Fig. 6 A mechanism of producing the cuticle trace lines on hair surface. In the manufacturing process of the wig by the A company, a bundle of hair is subjected to the chemical treatment. Therefore when the contact between hair shafts is completely tight, the cuticles on the contact portion can be saved from chemical attacks (arrow), finally resulting in producing the cuticular trace lines in the direction of the hair axis.

以上，肉眼・光学顕微鏡による太さ，色調，髓の出現形態，両端の形状，髓指数などの形態検査や電子顕微鏡による毛小皮の観察と元素分析により，カツラ用人毛である可能性を提示でき，さらには毛軸方向に走る痕跡を確認することにより，製造メーカーの推定も可能と考えられた。

謝 辞

本研究にあたり，快く資料を提供していただきました株式会社アデランス殿，株式会社アートネイチャー殿に御礼申し上げます。特に，たいへん貴重な助言をいただきました株式会社アデランス生産統括部須貝勝男殿，関正敏殿に深く感謝いたします。

さらに，本研究を理解し，尽力していただいた宮城県警察本部組織犯罪対策局暴力団対策課諸氏に感謝します。

文 献

- 1) 高木 孝，土屋昌弘，氏家欣弥，齋藤弘一，三浦邦章：人工毛髪 of 形態と材質。法医学の実際と研究，**41**, 113-116 (1998)。
- 2) 捜査のための法科学（第1部法生物学・法心理学・文書鑑識）。令文社，東京（2004）。
- 3) 石川富美雄：腐敗損傷毛髪 of 形態学的変化とABO式血液型判定について。科警研報告，**40**, 1-9 (1987)。
- 4) 佐藤 元：混入毛髪鑑別法。サイエンスフォーラム，東京（2000）。
- 5) Seta, S., Sato, H. and Miyake, B.: Forensic Hair Investigation. In Forensic Science Progress 2 (Eds. Maehly A. and Williams R. L.), pp. 47-166, Springer-Verlag, Berlin (1988)。
- 6) 岩本良二，川口龍一：毛髪検査 of 現状について。第9回日本法医学会北日本地方会・法医学談話会第95回例会，(2008)。
- 7) 立入直紀，齋藤弘一，畠山周作，佐々岡沙羅，高木 孝，三浦邦章：ICP-MSによるかつら用に処理された人毛 of 異同識別。日本法科学技術学会誌第15回学術集会講演要旨集，**14**, 79 (2009)。