



INTERNATIONAL UNION OF LEATHER  
TECHNOLOGISTS AND CHEMISTS SOCIETIES



Japanese Association of  
Leather Technology

IUR-1

## クロムと革研究

### 科学的な事実と図に基づくバランスのとれた見解

Dr. Dietrich Tegtmeier, IUR 委員長, IULTCS

Dr. Martin Kleban, TEGEWA Working Group Tanning Chemicals

#### 序論

製革工程における鞣し工程は、ITにおけるOSのようなものである。すべての革の約85%はクロムベースで製造されており、コンピュータの世界のWindowsシステムに例えることができる。クロム鞣しは皮革の歴史の中で最も優れた発明の一つで、工業的規模における皮革ビジネスの発展の基礎となった。

一方では、もし正しく作業がされない場合、鞣しにクロムを使用することによって、6価クロムに関する毒性の点で潜在的な危険性がある。革は多くの消費者向製品の構成成分である。いまだに製革工程では副産物や廃棄物が大量に発生するため、その潜在的なリスクを管理し完全に制御することが皮革産業の重要な責務となっている。今日の持続可能性基準に従うためには、製革工場の作業員、環境、そして革製品の消費者に対して、100%の安全性を保証する必要がある。

非常に大きな進歩が、特にこの10年間にあった。タンナーの大多数は、この潜在的なリスクを非常に深刻に受け止めた。R&D共同体は、環境あるいは人々に負の影響を与えないように、継続的に6価クロムの生成を回避する方法に取り組むと同時にクロムを可能な限りリサイクルすることに取り組んでいる。革におけるクロムの使用について、残念ながら多くの誤った情報やまたはまぎらわしい情報がメディアに登場している。時折、皮革産業における標準的な技術に相当せず、不十分な技術で作業を行っているタンナーが取り上げられ世間に流布されている。それらの情報により、クロム鞣しは直ちに停止し禁止すべき工程であるという印象を一般的に与えている。

幸いなことに、事実は全く異なっている。現代の科学的な知見に基づき、簡単なガイドラインと推奨事項に従えば、消費者が6価クロムの毒性リスクに直面することはない。

この報告ではリスクと科学研究の結果に関して、バランスのとれた見解をとっており、クロム鞣し革に関する潜在的なリスクについても言及している。リスクや危険を軽視せず、さらに隠さないことが重要である。もし、リスクが管理可能であるならば、どんな誤ったパニックや過剰反応が生じないように、すべてを正しくかつ正確に知らせることを確実にすべきである。さらに、どんな理論的なリスクでさえ軽減する手順を実施することに集中

することが望ましい。

## クロム元素は良くも悪くもない!

クロム元素	⇔	3価クロム	⇔	6価クロム
<b>Cr(0)</b> 		<b>Cr(III)</b> 		<b>Cr(VI)</b> 
クロムめっき製品 及びステンレススチール: => ざび止め => 食器 => 外科用移植材料		緑の顔料 => 不溶性, 生物学的に利用不能 => CLP, 毒性はない"		冶金における中間物 及び化学合成 => 高い溶解性, 生物学的に利用可能 => 急性毒性, CMR => 強力な感作物質

2



INTERNATIONAL UNION OF LEATHER  
TECHNOLOGISTS AND CHEMISTS SOCIETIES

クロムは様々な用途に使用される特別な元素である。95%以上のクロムが皮革産業以外で使用されている。全ての採掘クロム鉱石のうち、ごく一部が革に使われているに過ぎず、大多数は、高級ステンレスやクロムメッキ商品に使用されている。全体的に、クロムのリサイクル率は非常に高く、おそらくクロムは周期表率の元素の中で最もリサイクル率の高い元素、あるいはリサイクル率の高い元素の一つである。

クロムには様々な形態がある。元素及び3価の形態は、多くの商品にとって重要な基本成分である。3価クロムは人体の栄養素として重要である。多くの木や土壌中における3価クロムの自然の平均含有量は約3~5ppmである。これは自然に出現しているもので、工業的な汚染や利用による結果ではない。酸化クロム(III)顔料は、皮膚や身体に害を与えたり過剰反応をしたりすることなく、刺青の緑の色として広く使用されている。

6価の形態は、これらすべての用途の3価クロムを製造するための重要な化学的中間体である。この6価クロムは動物や人間に毒性があることが知られているため、多くの他の有害な化学中間体と同様に、高度な安全上の工場内システムを持つ専門的な化学会社が、厳重な安全管理下で処理する必要がある。これは化学会社が、通常対処している潜在的なリスクであり、完全に管理可能である。3価クロムはある条件下で有害な6価の形態に酸化されることがあるという事実は、同様に多様な用途で使用されている多くの有機化学物質に類似したリスクである。そのため、通常の使用条件で3価クロムの酸化を排除するために、皮革の鞣しでクロムを使用する際の化学的なリスクアセスメントの責務が要求される。このことについて、多くの科学的研究が行われてきた。それらの研究は消費者を保護するという法的な要求が基礎となっている。

1990年代に主に始まった研究は、クロム鞣しの化学を十分に理解するために行われた。潜在的なリスクを評価し、革の鞣しのためのクロムが100%安全であることを保証するために行われた。UNIDOは、環境への6価クロムの汚染を避けるための工程管理方法について明確な提言をした。特に、製革工程については、「chrome6less」と呼ばれるEUが行った徹底した化学的な研究が基本となっている。その結果はインターネットで公開されており、その総括は、「最終的な革中の6価クロムの生成は効果的に防ぐことができる」という文章に要約される。

現在、皮革産業にとっては、これらの必要条件が、いかなる例外や免責なしに、皮革産業全体で標準となっていることを確認することが必要である。

### 3価クロム及び6価クロムの化学

#### 6価クロム生成は正しい工程及び処方で避けることができる

Cr (III) $\leftrightarrow$ Cr (VI) 平衡理論	
溶液中ではCr(III)とCr(VI)は平衡状態にある 酸化還元電位はpHやアニオンなどに依存する	$\text{Cr(III)} \xrightleftharpoons[\text{f (pH, 濃度, etc)}]{} \text{Cr(VI)} + 3\text{e}^-$ $\gg 10,000^{**} : 1$
固着したクロム (Cr-コラーゲン複合体) は酸化還元平衡に関わるCrの量を著しく低下する	$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{Cr} - \text{Cr} \\ \diagdown \end{array} \xrightleftharpoons{} \text{Cr(III)} \xrightleftharpoons{} \text{Cr(VI)} + 3\text{e}^-$ 固着 3-4%      抽出可能 200 ppm**      < 3 ppm**
固体のCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> は極端な条件で直接Cr(VI)への酸化がスタートする	$\text{Cr(III)} \xrightarrow[> 500^\circ\text{C}^{**}]{} \text{Cr(VI)} + 3\text{e}^-$
ラジカル機構*がエンタルピーを著しく低下し酸化を早める	$\text{Cr(III)} + 3\text{R-O}\cdot \xrightarrow[> 50^\circ\text{C}^{**}]{} \text{Cr(VI)} + 3\text{R-OH}$

3

\* 活性酸素種(ROS)



INTERNATIONAL UNION OF LEATHER TECHNOLOGISTS AND CHEMISTS SOCIETIES

\*\* 全ての値は典型的な革の条件で見積もったものである。

リスクを管理するためには、6価クロムに関与する化学を理解することが前提条件である。クロムには種々の荷電状態が存在するが、革にとっては、特にクロムの3価と6価の状態が重要である。

溶解状態では、3価と6価の形態間での平衡が存在する。この平衡は、pHや濃度などのようないくつかの要因によって影響される。6価クロムは著しく強い酸化剤である。そのことが危険性の一つの原因であるが、革マトリックスの「通常」の条件下の平衡 (pH 3.5~5, 抽出される3価クロム濃度は50~500 ppm, 100°Cより低い温度) では、ほぼ完全に安全な3価のクロムの形態である。その推計は10,000 : 1よりも著しく高いと推定される。

革中の大部分のクロムは、鞣し中にコラーゲンと強く固着する。この現象は革を鞣すためにクロムが選択された理由である。一度、クロムが繊維中に固着されれば、3価クロム及

び 6 価クロムの平衡の可能性は劇的に低減する。革中の抽出可能な 3 価クロムが、平衡に関与するのみである。

標準的な処方でクロム鞣された革中には、繊維に結合したクロムを 3~4% 含んでいる。そのような革にとって、抽出可能な 3 価クロムの標準的な値は、処方及び製造工程の条件に大きく依存してはいるが、50~500 ppm の範囲である。この 50~500 ppm が平衡に関わる量であり、平衡の分布に関する前述の文章によれば、革中では安全な 6 価クロム濃度になり、現在の検出限界 3 ppm よりはるかに低いことになる。一方、消費者に対するリスクを示す濃度は、数桁高く示されている。

### 3 価クロムから 6 価クロムへの酸化

固着したクロムの 3 価から 6 価への直接的な酸化は、反応速度が極めて遅いため標準的な条件ではほとんどあり得ない。800°C 以上の温度及び酸化反応でのみ、6 価クロムへのシフトがスタートする。これは、通常の革や消費者の使用条件においては全くリスクとはならないことになる。

潜在的なリスクを考慮するための一つの重要な事実がある。すなわち、反応性有機種 (ROS) を経由した間接的な酸化である。皮革産業においては、たとえば UV 照射や漂白/クリーニング工程によって遊離のラジカルを発生する化学物質が使用されている。これらのラジカルは「通常の」条件でも、3 価クロムを 6 価クロムに酸化することができる。ラジカルは不飽和基の酸化によって生成するが、多くの安価で低価格の加脂剤、ワックスやオイルの一部に含まれている。そのような酸化反応を避けるためには、必要量のラジカル補足剤や抗酸化剤を皮革マトリックス中に組み込まなければならない。または、単にこれらのトラブルを引き起こす化学薬品を避けるべきである。そのようなラジカル補足剤の存在下ではラジカルは生成後、直ちに補足され、安定な成分へ変換されることによって不可逆的に排除される。このような場合、3 価クロムの酸化は、非常に反応速度が遅く、反応が困難であり、全く起こらない。これらのラジカル補足剤は、高い酸化反応性をもつ酸素種 (活性酸素) を消失させるため、間接的な方法としての 6 価クロムの生成を避けるための「ビルトイン保険」である。

## クロムはどこにでもあり、環境的残留性—「クロムフリー」は存在しない

**クロム: 平衡の背景及びその環境的な持続性**

- Cr(VI)イオンは水に溶解するが、Cr(III)イオンは非常に溶解性が低い
- Cr(VI)は特に酸性条件で強力な酸化剤
- Cr(VI)は高い溶解性を持ち、種々の有機物によってCr(III)に還元される
- 自然環境では、平衡は>99.9%のCr(III)、及び<0.1%のCr(VI); pHと濃度に大きく依存
- Cr(III)成分は直ちにたとえばCr(III)酸化物の形態になる。不溶性にそして土壤に結合し、クロムはもはや生物活性がなくなり、平衡からは除かれる。

$$\begin{array}{ccc} & & f(\text{pH, 濃度}) \\ & & \leftarrow \text{Cr(III)} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr(VI)} + 6e \\ \text{Cr}_2\text{O}_3 \downarrow & & \\ \text{不溶性} & & \text{(安定)} \quad \quad \quad \text{(毒性)} \end{array}$$

4



INTERNATIONAL UNION OF LEATHER  
TECHNOLOGISTS AND CHEMISTS SOCIETIES

### 環境中のクロム

溶解したクロムが環境に放出される場合は、先に説明した平衡に関する同様の法則が適用される。その強力な酸化力のため、発生した少量の6価クロムは、環境に存在する多くの有機物と直ちに酸化的に反応する。これは、平衡の分布に基づいて、6価クロムは安全な形態の3価クロムに還元することを示している。6価クロムは低濃度でセルフクリーニングのメカニズムのように動作する。6価クロムは可溶性であるため、また植物にとりこまれる可能性がある。このような場合、植物中でも同じような還元反応で6価クロムは安全な形態の3価クロムに変換される。これまでの研究では、どんな植物中にも6価クロムは検出されなかったことがない。

環境中における6価クロムは直ちに3価クロム酸化物になる。これは通常条件下におけるクロムの最終的なそして安定した形態である。このことは革中における安定した形態も同様であり、3価クロムと6価クロムの平衡にはもはや利用できない。したがって、自然の中でさえ、種々のクロムの荷電状態における化学システムは、自動的に有害な6価クロムをコンタミネーションとして含む形態ではなく、安定な3価クロムの形態を好むであろう。

もし革中のクロムがたとえば人の汗によって抽出されるなら、同様の効果が役割を果たしているという確信がある。汗の酸性pHは、汗中の多くの微生物や有機物と同様に、これらの可能性のある微量の6価クロムを直接無害な3価クロムに還元するために最適な環境である。

## 革中のクロムによる消費者リスク

### 皮革で使用されるCr(III) は消費者及び労働者に毒性は全くない

クロムの重大なヒト健康毒性評価		
Cr (III)	■ 感作	感作性なし
	■ 急性毒性	ないか無害, 暴露や化合物による
	■ 発がん性	発がん性なし
Cr (VI)	■ 感作	感作物質
	■ 急性毒性	毒性
	■ 発がん性	発がん性及び変異原性

5



INTERNATIONAL UNION OF LEATHER  
TECHNOLOGISTS AND CHEMISTS SOCIETIES

3 価クロムと 6 価クロムの平衡に関する化学を理解することは、革中のクロムの消費者リスクについて現実的な評価をすることができる。

3 価クロムに関することは、最新の REACH 付属書 XV の B 5.8 (ECHA 2011) で記述されているようにどんなリスクも存在しないことは明らかである。革に使用されている 3 価クロム濃度は、感作はなく無害であることが証明されており、CMR 物質（発ガン性、変異原性、生殖毒性があるとされる物質）には分類されない。

しかし、6 価クロムは少量であっても 3 つのすべての有害性リスクを持っている。強いアレルギー源、そして、吸入した場合に毒性、発がん性及び変異原性カテゴリー I として分類される。したがって、もし革が大量の 6 価クロムを含んでいたら、私たちは潜在的なリスクに直面することになるため、化学的に評価を行い、慎重に管理する必要がある。根本的な問題は、現実的な暴露の危険性は何かということそして許容限度はどれくらいかということである。

## 現在の化学情報に基づくと、Cr(VI)の急性毒性は革に関する消費者リスクからはかけ離れているように見える

Cr(VI): 急性毒性	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 消費者や労働者の安全性は個々の化学物質の問題ではなく、その暴露の問題である</li> <li>▪ ただリスクアセスメントのみが安全性のデータとなりうる → 致死量(LD)の閾値と最大無毒性量 (NOAEL)</li> <li>▪ 動物のためのCr(VI)の毒性動態学に関する合理的な優れたデータベースが利用可能である</li> <li>▪ わずかのデータのみが人に利用可能であるが、それはあくまでも一般的に同様の方法で作用するとした場合の可能性である</li> </ul>	
モデル: 1 足の靴 → ~ 2 sqft 革 2 sqft 革 → ~ 200 g 重量  合理的な最悪のシナリオ: <b>10 ppm Cr(VI) → 2 mg / 1足の靴</b>	LD <sub>50, oral</sub> : 74 mg/kg* 体重(26 mg Cr(VI) / kg 体重 = 1.8 g/70 kg) → 1.8 g = 2 mg/1足 x 900 NOAEL: 2.5 mg/kg* 体重 (1 mg Cr(VI) /kg 体重 = 70 mg /70 kg) → 70 mg = 2 mg/1足 x 35  LD <sub>50, dermal</sub> : 1,150 mg/kg* 体重 (410 mg Cr(VI) / kg 体重 = 28 g/70 kg) → 28 g = 2 mg/1足 x 14,000

6



INTERNATIONAL UNION OF LEATHER TECHNOLOGISTS AND CHEMISTS SOCIETIES

\* Data for potassium dichromate: ECB, 2005 and EPA, Integrated Risk Information System, 2002

よりよい理解のための第一歩は、すべての有害及び危険な化学物質に関する一般的な論理を理解することが重要である。

多かれ少なかれ有害と分類されている化学物質は多いが、本当のリスクを評価するためには、常にその特定分野における化学物質の暴露と毒性を関連付けなければならない。すべての科学者は、このことがいくつかの危険な化学物質に特有な問題ではなく、すべての化学物質にあてはまる一般的な論理であることを知っている。なぜなら、すべての物質は暴露した時点で有害あるいは危険にさえなる可能性があるためである。この論理は 6 価クロムの毒性を評価する際ですえ維持する必要がある。

典型的な例として食卓塩 (NaCl) がある。誰もが知っているように、生活に必要なものであるが、過剰に摂取すれば健康さらには命をも脅かすものである。同様のことは必須ビタミンにも当てはまる。それでは、塩化ナトリウムは良い化学物質あるいは悪い化学物質なのか？答えは、暴露レベルに依存しているが、確かなことは、私たちの体が塩やクロムがなくては存続することができないことを決して忘れてはならない。

この論理は、毒性化学物質を評価する際にも留意する必要がある。動物実験に基づいて、上限については致死量として、下限については無作用量が定義される。すなわち、半数致死量 (LD50 mg/kg) と呼ばれる生命を脅かす量は、ラットの 50% 死亡率で設定され、体重 kg 当たりの投与量で表す。下限については、NOAEL (無毒性量) と呼ばれ、実際にいかなる毒性も示さないと考えられる量である。

今日では、6 価クロムの毒性に関する合理的で良好なデータベースが利用可能である。そのほとんどは哺乳動物に基づいた研究から作られたものであり、これらの結果がヒトに外挿することができるものと幅広く信じられている。

単純な計算によれば、もし革中に 10 ppm の 6 価クロムが含まれているとしたら、その量は NOAEL であり LD50 とは著しくかけ離れており、消費者に対して懸念される可能性のあるどんな潜在的なシナリオからもはるかにかけ離れていることを証明できる。理論的には、影響を受ける恐れのある NOAEL 以上の量になるためには、1 日当たりこのレベルに汚染された靴を 35 足食べなければならないであろう。科学的な見地に基づくと、関連する消費者リスクをはるかに超えているので、急性の 6 価クロム毒性のリスクは除外できるといえる。

## 現在の化学情報に基づくと、Cr(VI)の発がん性は革に関する消費者リスクからはかけ離れているように見える

### Cr(VI): 発がん性

- 発がん性及び変異原性(CM)に関するNOAELは全くない
- Cr(VI)で行われた動物発がん性試験は、吸入あるいは気管支内投与によって、ラットやマウスにおいて明らかに肺腫瘍を示している
- ヒトに対する吸入によるCr(VI)の発がん性を懸念する十分な理由がある
- Cr(VI)化合物の経口及び経皮からの発がん性試験データは入手できない\*

➤ Cr(VI)は吸入による発がん性カテゴリIIに分類される

➤ Cr(VI)の発がん性の懸念については、そのような影響は吸入暴露を必要とするため消費者向けの革製品には当てはまらない。

発がん性及び変異原性に関するリスクに関しては、異なる視点が必要である。ここでは、現在 NOAEL は全く定義されていない。この件に関する議論は EPA 及び ECHA の中で行われているが、今日の科学では単純に事実のあるなしで見られている。もし化学物質が CMR に定義されているかいないか、それによれば 6 価クロムは発がん性カテゴリ I として評価されているが、それは唯一吸入によってのみである。このことは、蒸気/粉塵/煙に含まれる 6 価クロムを意味することが妥当である。これは、たとえば、電気メッキの労働者やステンレス鋼の溶接を行う人々のための重要な安全事実である。革を燃やすことから生じる煙に含まれる可能性のある 6 価クロムによる 1 回限りの汚染は、煙草を吸ったり、交通渋滞におけるディーゼル排気ガスを吸い込んだりすることによる発がん性リスクの面で同程度であろう。したがって、このような場合でさえ、今日の科学や実態に基づけば、クロム鞣し革の着用あるいは（赤ちゃんの場合などによる）口による接触でさえ、測定可能な 6 価クロムにおける発がん性のリスクはないといえる。

## Cr(VI)には、しばしば公然と主張されるような皮膚感作性に関する明白な懸念がないことを統計は示している

**Cr(VI)の感作性に関する可能性を調査するためのドイツの研究\***

28,000人の患者を5年間に渡って試験した  
革及び靴に背景を持つ85人  
30人が特別な「革」試験を行った

**調査結果:**

- 8,000万人のうち、約6,000人に重度な足の皮膚炎
- 350人(人口の< 5 ppm)がCr(VI)に反応した
- 革に使用される他の化学物質に約4倍多く反応した

出典: Information network since early 1990s, 5 year report: Koch et al.,  
Dermatosen in Beruf & Umwelt, 1996;

被験物質	平均人数	革及び靴に背景を持つ人数	特別な革試験での人数
硫酸ニッケル	18	21	
重クロム酸カリウム	6	13	4
グルタルアルデヒド	5	16	27
ホルムアルデヒド	3	5	
メルカプトベンゾチアゾール	1	5	10
フェニレンジアミン	5	10	
クロム酸塩以外の合計	100	155	

**5年間の報告書から選択した結果  
被験物質に対する皮膚反応の割合**

8



INTERNATIONAL UNION OF LEATHER TECHNOLOGISTS AND CHEMISTS SOCIETIES

### 感作アレルゲンとしての6価クロム

最終的に感作を重要な問題として議論する必要がある。6価クロムは強力なアレルゲンであることが知られている。文献で示されているように（統合リスク情報システム, EPA, <http://www.epa.gov/iris/subst/0144.htm>）, 可能性のある接触の最初の段階（誘導）で、6価クロムは皮膚に吸収される。そして次の段階—免疫応答（感作）の引き金となる。感作された個体は、その寿命の間に、閾値レベルを超えるクロムに暴露されたときに、アレルギー性接触皮膚炎の応答を示すことになるであろう。

この閾値レベルまたは非感作影響レベルは、不幸にも6価クロムでは数ppmの範囲である。このことは、敏感な人々は、理論的には、この程度の6価クロムを含む革によって影響を受けることを示している。それでは、現実的にこのリスクはどれくらい重要なのか。私たちが述べることができることは、革は靴製造において主要な素材として、また時計バンドのような皮膚接触革製品として数十年間使用されてきた。科学的な調査は、6価クロムに対する過敏な人口の割合が低いことを示している。これは接触性皮膚炎のこのリスクが、何らかの形で最小化されるようなメカニズムがあると考えられる。この理由の一つは、平衡と環境的な低減のところで前述したように、皮膚に接触し浸透する前に3価クロムが形成されることにある。6価クロムの残存量は、観察される影響レベル未満になっているであろう。しかし、このことは科学的な観察に基づいた可能性と理論的な理論上の説明であり、科学的に正しいことはまだ証明されていない。

実際には、いくつかの科学的な研究に基づくと、6価クロムに過敏な人々の数は少ない。6価クロムにポジティブに反応するかもしれない公式な数字は人口の0.4%である。これは多くの他の金属（金に対するアレルギー反応の4倍、ニッケルではさらに高く10倍以上で

ある) の場合と同じような範囲である。ある種の食品、乳糖、草などに対するアレルギーの場合よりも低い。一度、人が敏感にクロムに対して反応し、それがわかった場合は、身を守るための簡単な方法がある。たとえば、靴の甲革に 6 価クロムが含まれている場合、靴下を着用し皮膚と革との直接的な接触を避ける必要がある。

結論として、今日の人口の中で、革に対する皮膚感作を測定した場合、ある種のメディアでしばしば主張されているような問題にはならない。標準技術の推進やさらなる研究開発の結果は、このリスクを低減するであろうし、さらにこれらの技術を探求することが必要である。

### 革中の 6 価クロム生成を避けるための実用的な方法

したがって、念のために 6 価クロムが検出されない革を製造することが重要である。これは管理することが可能であり、タンナーは厳密に一定のルールに従って正しい薬品を使用する必要がある。これらの工程技術のガイドラインは、ロケット科学のような最先端科学ではない。実際に、タンナーの大部分は、今日それらを実践しているし一定の製造規律を必要としている。

9つのキーポイントが、製造工程中において 6 価クロムの生成を回避するための、そして貯蔵及び使用中に 6 価クロムの生成を避けるためのビルトイン保険を有する革マトリックスを製造するために開発された。

- 1 プレミアムなクロム鞣し剤を常に使用する。
- 2 鞣し後の革に酸化剤（たとえば漂白）を使用しない。
- 3 低 pH 条件（3.5~4.0）でウェットエンド処理を終える。
- 4 最終洗浄をよく行う。
- 5 染色工程前に過剰なアンモニアの使用を避ける。
- 6 高性能な柔軟化剤を使用する（不飽和油脂または不飽和ワックスを含まない）。
- 7 クロム塩の顔料（黄色及びオレンジの無機顔料）の使用を避ける。
- 8 抗酸化効果を与えるために 1~3%の植物タンニンエキスを使用する。
- 9 植物タンニン剤を使用することができない場合、合成酸化防止剤を使用する。

これらの原理に従えば、タンナーは革中の 6 価クロムが持つどんな問題をも避けるためのすべての要件を満たした最先端の革を製造していることになる。

### 6 価クロムに関する試験

試験に関する一つの重要な側面にも言及する必要がある。6 価クロムを含まない革を製造することによって 6 価クロムの暴露から消費者を保護するための目的である。しかし今日、革マトリックス中の 6 価クロムを正確に正しく検出するために、利用可能な試験方法は存在しない。これまで適用されるか提案されているすべての検出方法は、問題となっている

革の試料から得た抽出物を検討している。

ISO 17075 に適用されているリン酸緩衝液 pH 8 の条件は、抽出の間に 6 価クロムが還元されないように選択されているが、もし革がクロムと同時に酸化物質を少しでも含んでいる場合、酸化が抽出物中で起こることもありえる。その場合、測定値は革中の 6 価クロムの濃度を示しているのではなく、酸化物の濃度を示していることになる。

消費者暴露に対するシミュレーションの条件、たとえば pH 5.5 の人工汗液による抽出では酸化はさらに起こりそうもないが、還元剤を含む場合には 6 価クロムの還元を排除することはできない。

これまでのところ、抽出物中の濃度が革中の状況と同じであることを証明する決定的な証拠はない。しかし、もし ISO 17075 からの抽出条件が適用されている場合、抽出物からの人工産物が真の濃度と混合することを避けるためにも、3 ppm より低い数字が報告されることが重要である。この前提条件はたとえ検出方法が現在定義されている UV 測定よりも感度がよい方法であっても変わらない。

## 要旨及び結論

革中のクロムに関する潜在的なリスクに関するバランスのとれた科学的な見解を論じたが、公共のメディアで紹介されている多くの意見と矛盾している。最新の REACH 付属書 XV の B 5.8 (ECHA 2011) で記載されているように、革中の 3 価クロムには全く問題はない。EU (Chrome6less プロジェクト) で行った科学的な研究に基づくと、最終的な革における 6 価クロムの生成は効果的に抑制することができる。すべてのタンナーに利用可能な 6 価クロムを含まない革マトリックスを製造するための標準的な技術は存在している。

わずかな 6 価クロムが検出される革の場合、モデリングを明確に示し、毒性及び癌に関する消費者リスクを排除することができる。可能性のある暴露シナリオからの結果、革素材で作られた衣料を着用している消費者にとってのリスクはほとんどないほどに低い。

わずかな比率の人々に対して、革中に含まれる 6 価クロムの潜在的なアレルギーの危険性が残っている。革は数 10 年間に渡って消費者向け製品で選択されてきた素材であるにもかかわらず、クロム過敏症のレベルは、金、ニッケル、食品成分、草、特定の有機化合物のような他の多くの物質よりも低い。

クロム鞣しを他の鞣し技術で置き換えることは、世界をより安全な場所に導くことはしないであろうけれども、技術的な優位性を低下させるであろう。しかし、特に最近の 10 年間に大きな進歩が得られたとはいえ、世界の皮革産業は、確実に 6 価クロムを含まない革マトリックスとなるように、さらに最善の実践技術を推進する必要がある。