

血糖、グロブリン、尿素窒素、無機リン(IP)、ナトリウム(Na)あるいはカリウム(K)が増加し、加えて、総ビリルビンおよびカルシウム(Ca)の減少がみられた。これらの変化は概ね腎障害を反映する所見であり、尿検査結果とも一致し、後述する腎臓の腫大・退色あるいは重量増加と関連する変化と推察した。一般に腎疾患(機能障害)時、特にネフローゼ症候群では、血中のアルブミンが減少するため低比重リポ蛋白が増加し高コレステロール血症を呈し、重度の場合には肝での超低比重リポ蛋白の産生も亢進するため高トリグリセライド血症を招来することが知られている⁹⁾。また、腎機能が障害されると糸球体濾過率が低下するため血中のリン値が増加し、電解質のバランス維持のためカルシウムは逆に減少することが知られている。従って、上記の電解質の変動についてもCCA投与(特にクロム)の影響と考えられ、その原因として腎障害あるいは前述の全身性の水腫の関与が考えられた。ただし、グロブリンの増加については炎症性変化との関連性が疑われた。

剖検所見では、100 mg/kg以上の投与群において雌雄とも皮下水腫、胸水・腹水症、胸腺の水腫・萎縮、腎臓の腫大・退色、肝臓の白色斑点、消化管内容物の黒色化、リンパ節(縦隔、腎部)の腫大、背部骨格筋の変色、適用背部皮膚痂皮形成あるいは皮下織の変色・水腫等が観察され、その程度は高用量群の死亡・切迫殺動物においてより顕著であった。これらの変化は、いずれも被験物質投与の影響を反映する所見であり、CCAの構成成分であるクロム、銅およびヒ素の毒作用^{5,7)}に起因するものと考えられ、CCAの循環器系、消化器系、肝臓あるいは腎臓への影響

が示唆された。ただし、適用部位の皮下織あるいは背部骨格筋の変色については、経皮投与されたクロム、銅およびヒ素の吸収過程における組織の色彩的变化であり毒性所見とは異なるものと思われた。また、リンパ節の腫大はおそらく炎症に対する二次的変化と推察した。

臓器重量では、100 mg/kg以上の投与群において雌雄とも肝臓、腎臓および脾臓の重量が増加し、胸腺の重量が減少した。また、雌では脳の重量減少と心臓の有意な重量増加が認められた。これらの変化のうち、心重量・肝重量の増加はヒ素の作用により、腎重量増加についてはクロムの毒性作用⁶⁾に起因するものと推測した。一方、脳重量および胸腺重量の減少についてはCCAの神経・免疫系への影響を反映する所見とも考えられた。脾臓の重量増加に関しては、前述の貧血に対する反応所見(髄外造血亢進)と推察した。

肝臓の酸化ストレスの測定では、100 mg/kg投与群の雌においてDNAへの酸化ストレスの産物である8-ハイドロキシグアノシン(8-OHdG)の増加が認められ、CCAの酸化ストレス産生能が示唆された。ただし、確実な結論を得るためには今後の幅広い研究成果が待たれる。

一方、肝臓におけるメタロチオネイン(金属結合蛋白)の遺伝子解析では、100 mg/kg以上の投与群において雌雄とも同遺伝子発現量(mRNA量)が増加した。ヒ素化合物は生体内でメタロチオネインを誘導することが報告されており、同蛋白の誘導はヒ素の毒性に対して防御効果があると考えられている⁸⁾。従って、今回のメタロチオネインのmRNA発現量の増加は、CCAの主成分のひとつであるヒ素の毒性に対する生体反応(防

御反応) と解釈された。

E. 結論

本実験条件下では、CCA をラットに反復経皮投与した場合、皮下水腫、胸水・腹水症、貧血、肝・腎障害を誘発し、100 mg/kg 前後が最大耐量であると結論された。また、CCA は神経・免疫系、消化器系あるいは循環器系にも影響を及ぼす可能性が示唆された。

F. 引用文献

- 1) Penha J, Catilu V, and Tolaymat T: Generation, use, disposal, and management options for CCA-treated wood. Florida Center for Solid and Hazardous Waste Management, Florida, USA, Report #98-1, pp. 1-54, 1998.
- 2) Odiott O and Roberts SM: Preliminary evaluation of the non-dietary hazard and exposure to children from contact with chromated copper arsenate (CCA)-treated wood playground structures and CCA-contaminated soil. FIFRA Scientific Advisory Panel (SAP), SAP Report #2001-12, pp. 1-63, 2001.
- 3) Aviado D, Dang W, Elkassabany N, Jakob W, Jensen J, Montague K, Mostaghimi S, Quick B, Shamin N, and Vaughan: Children's exposure to CCA-treated wood playground equipment and CCA-contaminated soil. In: FIFRA Scientific Advisory Panel Background Document, US EPA, pp.1-54, 2001.
- 4) McMahon TF and Chen J: Hazard

identification and toxicology endpoint selection for inorganic arsenic and inorganic chromium. In: FIFRA Scientific Advisory Panel Background Document, US EPA, pp. 1-36, 2001.

- 5) Gwaltney-Brant SM: Heavy metals. In: Handbook of Toxicologic Pathology (Haschek WM, Rousseaux CG, Wallig MA, eds.), Academic Press, San Diego, pp. 701-733, 2002.
- 6) Goyer RA and Clarkson TW: Toxic effects of metals. In: Casarett & Doull's Toxicology (Klaassen CD, ed.), McGraw-Hill, New York, pp. 811-867, 2001.
- 7) Hostynek JJ, Hinz RS, Lorence CR, Price M, and Guy RH: Metals and the skin. Critical Reviews in Toxicology, 23(2): 171-235, 1993.
- 8) 河合忠: 血液化学検査、異常値の出るメカニズム (河合忠・玄番昭夫・尾形稔編)、医学書院、東京、pp.79-133、1993.

G. 研究発表

1. 論文発表なし
2. 学会発表なし

H. 知的財産権の出願・取得状況

1. 特許取得なし
2. 実用新案登録なし
3. その他なし

厚生労働科学研究費補助金（化学物質リスク研究事業）
木材防腐剤として使用される化学物質のリスク評価に関する研究

分担研究報告書

11. クロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤（CCA）のラットにおける
4週間反復経皮投与毒性試験

分担研究者 原田 孝則 （財）残留農薬研究所 毒性部長
協力研究者 高橋 尚史 （財）残留農薬研究所 毒性部病理研究室研究員
高橋 義博 （株）新日本科学 安全性研究所

研究要旨

クロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤（CCA）の反復経皮投与試験における適用時間の差による影響を確認するため、CCA を 0、10、100 および 300 mg/kg の用量で SD 系雌性ラットの背部皮膚に毎日 6 時間、4 週間に亘り反復投与し、平成 16 年度の 1 日 24 時間暴露の実験結果と比較した。その結果、300 mg/kg 投与群では自発運動の減少、歩行異常あるいは後肢麻痺が認められ、投与 12 日までに全例が死亡した。100 mg/kg 投与群では、死亡例はなかったが、適用部位の皮膚にびらん・潰瘍が観察され、貧血、白血球増多症、低蛋白血漿および血清 AST、トリグリセライド、カリウムの上昇認められた。また、同群では肝、腎、脾の重量増加および脳重量の減少傾向がみられた。病理組織学的には、適用部位皮膚のびらん・潰瘍および炎症、骨髄・脾臓の造血亢進、腎臓の尿細管拡張が観察されたが、肝臓、脳では特に異常は認められなかった。10 mg/kg 投与群では、CCA 投与に関連づけられる異常は特に認められなかった。これらの変化は、平成 16 年度に実施した反復経皮投与試験（適用時間：24 時間/日）の結果と比較し、程度的には軽減される傾向にあったが、質的にはほぼ一致し、適用時間の差（6 時間 vs 24 時間）による影響は比較的小さいことが確認された。

A. 研究目的

木材防腐剤として使用される化学物質のリスク評価を目的に、平成 17 年度では、平成 16 度に引き続き過去に使用量が多く、ヒトの健康、特に子供への健康影響が懸念される代表的な木材防腐剤であるクロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤（CCA）¹⁻⁴⁾を対象に雌性ラットを用い 4 週間の反

復経皮投与毒性試験を実施した。本研究では、経皮投与における適用時間の差（平成 16 年度 24 時間に対し平成 17 年度 6 時間）による毒性発現の違いの有無を比較検討することに主眼を置いた。なお、本試験結果は平成 17 年度の報告書に既に掲載されているが、病理組織学的検査が未完了であったので、その成績を含め改めて平成 18

年度の報告書として提出する。

B. 研究方法

試験方法は平成元年9月11日付け薬審1第24号厚生省薬務局通知「医薬品毒性試験ガイドライン」および平成5年8月10日付け薬新薬第88号厚生省薬務局通知「単回及び反復投与毒性試験ガイドラインの改正について」および農薬の毒性試験ガイドライン「12農産第8147号、平成12年11月24日付け」に従い、以下の条件で実施した。

1. 被験物質

本試験の被験物質として、クロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤(CCA)の中から代表的薬剤配合種のひとつであるCCA-2号(CCA-type B)を選択し、使用した。同被験物質の有効成分であるクロム・銅およびヒ素の各構成成分配合比は酸化クロム(CrO_3 、純度98%)35.3%、酸化銅(CuO 、純度99.3%)19.6%および酸化ヒ素(As_2O_5 、純度91.9%)45.1%であった。これらの被験物質の入手先は、クロム及び銅は関東化学株式会社(東京都)、ヒ素はキシダ化学株式会社(大阪府)より入手した。受領した被験物質は、被験物質保管所内常温室デシケータ内(許容温度:16~24°C)で保管した。

2. 試験動物

日本チャールス・リバー株式会社(滋賀県)で生産されたSprague-Dawley系SPFラット(Crj:CD(SD)IGS)の雌性動物を用いた。供試動物は5週齢で購入し、1週間試験環境に馴化した後、6週齢にて試験に供試した。馴化期間中毎日一般状態を観

察し、この期間中眼科学的検査および詳細な一般状態の観察を実施した。動物は温度19~25°C、湿度30~70%、換気回数15回/時間(オールフレッシュエアー方式)、照明時間12時間/日(午前6時点灯、午後6時消灯)に設定された動物飼育室で飼育した。馴化終了後、体重値に基づいた層別無作為抽出法で各用量群に6匹ずつ配分し、群分けを実施した。群分け後、各群の動物を1匹ずつステンレス鋼製個別ケージ(D32.5 cm x W19.5 cm x H18 cm)に収容した。動物の個体識別は耳パンチ法で行なった。基礎飼料には固形飼料CE-2(日本クレア株式会社)を用い、動物に自由に摂取させた。ただし、薬物動態調査用の4時間蓄尿採取時および剖検前日の午後5時前後より絶食とした。飲料水は、水道法水質基準に適合した水を自動給水装置(Edstrom Industries, Inc.)を用いて自由に摂取させた。

3. 試験群

平成16年度に実施した8週間反復経皮投与毒性試験結果を考慮し、300mg/kgを最高用量として設定し、公比3倍で中間用量を100mg/kg、そして無毒性量としての予想で10mg/kgを最低用量として設定した。これらの設定用量群(0、10、100、300mg/kg)の各用量群に6匹の雌性動物を使用した。

4. 被験物質投与液の調製

各用量(0、10、100、300mg/kg)の被験物質投与液を週に1回調製した。投与液の調製に際し、成分ごとに純度による調製濃度の換算を実施した。投与容量は3mL/kgとした。最初に、所定量の酸化クロ

ムおよび酸化ヒ素を秤量し、注射用水（大塚薬品株式会社）を加え溶解させた。溶解後、所定量の酸化銅を加えて超音波処理し、懸濁させた。懸濁後、100、33.3 および 3.33 mg/mL の濃度になるよう注射用水にて定容した。調製はドラフト室にて実施した。各濃度の投与液は7日間分小分けし、冷蔵・遮光（5℃）条件下にて保存した。投与液は投与直前に室温に戻して使用した。

5. 投与方法および投与期間

投与開始前日に各動物の背部（5 cm x 5 cm）を電気バリカンで剃毛し、適用部位を確保した。投与日には、剃毛部皮膚に各用量群の投与液（対照群は注射用水）を均一に塗布し、塗布部位をパラフィルム及びリント布で覆い、非刺激性テープ（株式会社ジェイ・エム・エス）と粘着性伸縮包帯（ニチバンメディカル株式会社）にて固定し、1日あたり約6時間閉塞適用した。投与は1日1回、週7日間行った。なお、剃毛は原則として週2回行い、その際には塗布部位の皮膚を刺激しないように配慮した。

6. 動物の観察

全動物について、投与期間中1日2回（投与前に1回、投与後約1時間に1回）以上と剖検日に1回、瀕死状態ないし死亡の有無および一般状態を観察した。

7. 体重

全生存動物について、投与開始時およびその後毎週1回体重を測定した。また、全動物について殺処分前あるいは死亡発見時に最終体重を測定した。

8. 摂餌量

全動物について、毎週1回、個体別摂餌量を測定した。各測定値を測定期間中の延べ日数で除し、用量群毎に1日1匹あたりの摂餌量（群別平均摂餌量）を算出した。

9. 眼科学的検査

馴化期間中に1回全馴化動物、投与4週時には対照群と高用量群（100 mg/kg）の全生存動物について、眼科学的検査を行った。検査には、肉眼（ペンライト使用）およびスリットランプ（コーワ SL-14、有限会社幸田電子）により前眼部および中間透光体を観察し、眼底検査については額带式双眼倒像検眼鏡（ID-10、株式会社トプコン）を用いて行った。

10. 尿検査

投与4週時に各群の生存動物（0、10 および 100 mg/kg 投与群）全例について尿検査を実施した。検査には各動物から強制採尿法により得られた新鮮尿を用いて、色調、pH、蛋白、糖、ケトン体、ビリルビン、尿潜血およびウロビリノーゲンについて検査した。色調は肉眼で、その他の項目は自動尿分析器（Clinitek 200+, Miles Labs., Inc.）にて測定した。

11. 血液学的検査

投与4週間終了時に0、10 および 100 mg/kg 投与群の生存動物全例について血液学的検査を実施した。検査動物は採血前に一晚絶食させた。動物をペントバルビタールナトリウム（東京化成工業株式会社）水溶液の腹腔内投与による麻酔下で開腹し、凝固検査用に3.8 w/v%クエン酸ナトリウム水溶液添加の注射筒を、その他の検査用に

無処理の注射筒を用いて後大静脈より採血した。

血液学的検査は、EDTA 処理した血液試料を用いて、以下の項目について総合血液学検査装置 ADVIA120 (Bayer Corporation) で測定した。

測定項目 (略号): ヘマトクリット値 (Ht)、血色素量 (Hb)、赤血球数 (RBC)、平均赤血球容積 (MCV)、平均赤血球血色素量 (MCH)、平均赤血球血色素濃度 (MCHC)、血小板数 (Plat.)、網赤血球数 (Ret.)、白血球数 (WBC) および白血球のディファレンシャルカウント; 好中球 (Neutro.)、リンパ球 (Lymph.)、単球 (Mono.)、好酸球 (Eosino.)、好塩基球 (Baso.)、大型非染色球 (LUC)

血液凝固能については、全自動血液凝固測定装置 (CA-5000、シスメックス株式会社) を用いプロトロンビン時間 (PT) および活性化部分トロンボプラスチン時間 (APTT) を測定した。

12. 血液生化学的検査

前項の血液学的検査に供した動物の腹大動脈から採取した各群の血液試料の血清を用い、以下の項目を JCA-BM8 自動分析装置 (日本電子株式会社) にて測定した。

測定項目 (略号): アルカリホスファターゼ (ALP)、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ (ASAT)、アラニンアミノトランスフェラーゼ (ALAT)、 γ -グルタミルトランスアミナーゼ (G-GTP)、クレアチニン (Creat.)、尿素窒素 (BUN)、総蛋白 (T.Prot.)、アルブミン (Albumin)、グロブリン (Globlin)、アルブミン/グロブリン比 (A/G)、血糖 (Glucose)、総コレステ

ロール (T.Chol.)、トリグリセライド (TGL)、総ビリルビン (T.Bil.)、カルシウム (Ca)、無機リン (IP)、ナトリウム (Na)、カリウム (K) および塩素 (Cl)

13. 剖検および組織採取

投与期間中の死亡動物を含めた全動物について剖検を実施した。投与 4 週間終了後の計画殺動物は、ペントバルビタールナトリウム水溶液の腹腔内投与による深麻酔下で腹大動脈・後大静脈を切断して放血により安楽死させた後に剖検した。途中死亡例については、発見時に速やかに剖検した。

剖検時に全動物から以下の臓器および組織を採取し、10%中性緩衝ホルマリン液で固定した。ただし、眼球及び視神経はホルムアルデヒド・グルタールアルデヒド混合液で固定した。

採取した臓器及び組織: 脳 (大脳、小脳、橋および延髄)、脊髓 (胸部)、坐骨神経 (両側)、下垂体、胸腺、甲状腺および上皮小体 (両側)、副腎 (両側)、脾臓、骨および骨髓 (胸骨、両側大腿骨)、顎下リンパ節 (両側)、腸間膜リンパ節、心臓、大動脈 (胸部)、唾液腺 (顎下腺および舌下腺)、食道、胃 (前胃および腺胃)、肝臓、膵臓、十二指腸、空腸、回腸、盲腸、結腸、直腸、舌、気管、肺 (気管支を含む)、腎臓 (両側)、膀胱、卵巣 (両側)、子宮、膈、涙腺 (両側)、眼球 (視神経を含む、両側)、ハーダー腺 (両側)、大腿四頭筋 (両側)、乳腺および皮膚 (乳頭を含む)、投与部位 (背部皮膚) および肉眼的異常部位

14. 臓器重量

投与 4 週間終了後の各群の計画殺動物に

ついて、剖検後、以下の臓器の固定前の重量（絶対重量）を測定し、最終体重から比体重値（相対重量）を算出した。

測定臓器：脳、下垂体、胸腺、甲状腺（上皮小体を含む、両側）、心臓、肺、肝臓、腎臓（両側）、脾臓、副腎（両側）、唾液腺（両側の顎下腺・舌下腺を合わせたもの）、卵巢（両側）、子宮

途中死亡動物（300 mg/kg 群）についても、計画殺動物と同様に上記の臓器重量を測定し、比体重値（相対重量）を算出した。

15. 病理組織学的検査

投与 4 週後の計画殺動物（対照群および 100 mg/kg 投与群）全例ならびに途中死亡動物（300 mg/kg 投与群）全例から採取した以下に示す臓器・組織を対象にして病理組織標本を作製した。標本は常法に従ってパラフィン包埋し、ヘマトキシリン・エオジン染色を施した。鏡検は対照群と 100 mg/kg 投与群から採取した下記の臓器・組織について実施した。

組織標本対象臓器・組織：脳（大脳、小脳、橋および延髄）、脊髄（胸部）、坐骨神経（左側）、下垂体、胸腺、甲状腺（両側）、上皮小体（両側）、副腎（両側）、脾臓、骨および骨髓（胸骨、左側大腿骨）、顎下リンパ節（左側）、腸間膜リンパ節、心臓、大動脈（胸部）、唾液腺（顎下腺および舌下腺）、食道、胃（前胃および腺胃）、肝臓、膵臓、十二指腸、空腸、回腸、盲腸、結腸、直腸、舌、気管、肺（気管支を含む）、腎臓（両側）、膀胱、卵巢（両側）、子宮、膾、涙腺（両側）、眼球（視神経を含む、両側）、ハーダー腺（両側）、大腿四頭筋（左側）、皮膚（左胸部）、乳腺（雌のみ）、投与部位（背部皮膚）およ

び肉眼的異常部位

16. CCA の薬物動態調査（トキシコキネティクス）用サンプル採取

投与 4 週時に 0、10 および 100 mg/kg 群の生存動物を代謝ケージに入れ 4 時間尿（蓄尿）を採取した。採取した尿サンプルは将来の分析のため冷凍庫（-10℃以下）にて保存した。

投与 4 週後の 0、10 および 100 mg/kg 群の計画殺動物から採取された血清サンプルの一部を CCA の分析用としてディープフリーザー（-70℃以下）にて保管した。また、投与 4 週後の各群の計画殺動物から肝臓の一部（左葉、右葉および尾状葉）と脂肪組織（腎周囲）を採取し、ディープフリーザー（-70℃以下）にて保管し、将来の CCA の分析に備えた。

17. 有意差検定

各検査項目について、対照群と各被験物質投与群間の統計学的有意差の有無を危険率 5% および 1% レベルで解析した。

体重、摂餌量、血液学的検査項目、血液生化学的検査項目および臓器重量のデータについては、先ず Bartlett の等分散検定を行なったその後、等分散の場合には、一元配置分散分析法を用いて群間の有意差の有無を調べた。その結果群間に有意差が認められた場合には、Dunnnett の多重比較法により対照群と各投与群間における有意差の有無を判定した。一方、等分散ではない場合には、Kruskal-Wallis のノンパラメトリックな分散分析法を用いて群間の有意差の有無を調べた。その結果、群間に有意差が認められた場合には、Dunnnett 型の多重比較

法を用いて平均順位の有無を判定した。尿検査項目の評価段階付きデータについては、Wilcoxon 順位和検定、尿色については Fisher 直接確立検定を対照群と各被験物質投与群との間で実施した。また、病理組織学的検査成績について Fisher 直接確立計算法を用いて解析した。これらの検定および計算には MUSCOT 統計解析ソフトウェア（ユックムス株式会社）を使用して行った。一般状態（臨床症状）、眼検査および剖検所見については統計検定を実施しなかった。

C. 研究結果

1. 臨床症状および死亡率

300 mg/kg 投与群では、投与 5 日～12 日目の間に全例が死亡した。これらの動物のうち、3 例に自発運動の減少が死亡前日あるいは死亡当日にみられ、そのうち 1 例に流涙、後肢麻痺、歩行異常、体温低下、皮膚の蒼白化および適用部位に痂皮が観察された。また、別の 1 例では排便量の減少がみられた。

100 mg/kg 投与群では、投与 6 日以降において適用部位の痂皮形成が全例にみられた。

10 mg/kg 投与群では、投与 2 週以降において軽度ながら 4 例に適用部位の痂皮形成が認められ、うち 1 例は投与終了時までには回復した。

2. 摂餌量

300 mg/kg 投与群では、投与 1 週時から摂餌量が顕著に減少した。

100 及び 10 mg/kg 投与群では、対照群と比べ投与期間中の摂餌量に差はなかった。

3. 体重変化

300 mg/kg 投与群では、投与 1 週時から体重減少がみられた。

100 mg/kg 投与群では、投与 1 週時に軽度の体重増加抑制がみられたが、以降は対照群と比べ差はなかった。

10 mg/kg 投与群では、体重変化に異常は認められなかった。

4. 眼検査成績

被験物質投与に関連付けられる異常はいずれの用量群においても認められなかった。

5. 尿検査成績

300 mg/kg 投与群では、全例が投与 1～2 週時に死亡したため尿検査は実施しなかった。

100 および 10 mg/kg 投与群では、被験物質投与に関連付けられる異常は認められなかった。

6. 血液学的検査成績

300 mg/kg 投与群では、投与 1～2 週時に全例が死亡したため、血液検査は実施しなかった。

100 mg/kg 投与群では、投与 4 週時の検査においてヘマトクリット値 (Ht)、血色素量 (Hb) および平均赤血球容積 (MCV) が減少し、小球性貧血が認められた。加えて、網赤血球数 (Ret.)、血小板数 (Plat.) および白血球数 (WBC) が増加した。白血球のデイファレンシャルカウントでは、リンパ球 (Lymph.) が増加した。

10 mg/kg 投与群では、いずれの検査項目においても有意な変化は認められなかった。

7. 血液生化学的検査成績

300 mg/kg 投与群では、投与 1~2 週時に全例が死亡したため、血液生化学検査を実施しなかった。

100 mg/kg 投与群では、投与 4 週時の検査においてアルブミン (Albumin) の減少に伴う総蛋白 (T.Prot.) の減少がみられ、A/G 比が減少した。また、トリグリセライド (TGL)、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ (ASAT) およびカリウム (K) が増加した。

10 mg/kg 投与群では、いずれの検査項目においても有意な変化は認められなかった。

8. 剖検所見

300 mg/kg 投与群では、投与 1~2 週時に全例が死亡した。剖検の結果、ほぼ全例に脾臓の萎縮が認められ、約半数例に被験物質適用部位を含む全身性の皮下水腫、適用部位皮下織の黒色化が観察された。その他、少数例に背部骨格筋の黒色化および腹腔内臓器の癒着が観察された。

100 mg/kg 投与群では、投与 4 週後の計画殺動物において約半数例に適用部位のびらん・潰瘍が、また、同部位皮下織の黒色化・硬結および背部骨格筋の黒色化が観察された。その他、少数例に腰部リンパ節の腫大が観察された。

10 mg/kg 投与群では、被験物質投与に関連付けられる肉眼的異常は認められなかった。

9. 臓器重量

300 mg/kg 投与群では、投与 1~2 週時に全例が死亡したが、各動物の剖検時に計画殺動物と同様に臓器重量を測定した。その結果、肺、肝臓、腎臓および副腎の重量が背景デー

タに比べ増加傾向を示し、逆に、脾臓および胸腺の重量が減少した。

100 mg/kg 投与群では、投与 4 週時後の計画殺動物において肝臓、腎臓および脾臓の相対重量が対照群に比べ有意に増加し、絶対重量も増加傾向を示した。また、脳の絶対重量の有意な減少と相対重量の減少傾向が認められた。

10 mg/kg 投与群では、被験物質投与に関連した臓器重量変動は認められなかった。

10. 病理組織学的検査成績

100 mg/kg 投与群では、適用部位皮膚のびらん・潰瘍および炎症、骨髄の造血亢進、脾臓の髄外造血亢進および褐色色素沈着が高頻度に認められた。加えて、腎臓の近位尿細管拡張、胸腺のリンパ球壊死、リンパ節の形質細胞増生が散見された。

D. 考察

平成 17 年度では、平成 16 年度に引き続きクロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤 (CCA) を対象に雌性ラットを用い 0、10、100、および 300 mg/kg の用量で 4 週間の反復経皮投与毒性試験を実施した。本研究では、経皮投与における適用時間の差 (平成 16 年度 24 時間に対し平成 17 年度 6 時間) による毒性発現の違いの有無を比較検討することに主眼を置いた。なお、本研究結果は、既に平成 17 年度の報告書に掲載されているが、平成 18 年度では未完了であった病理組織学的検査成績を含め改めて再考察した。

臨床症状および死亡率では、300 mg/kg 投与群において投与初期から自発運動の低下、歩行異常、後肢麻痺、体温低下等が認められ、

投与開始後2週間以内に全例が死亡した。剖検の結果、これらの死亡動物のほぼ全例に脾臓の萎縮が認められ、約半数例に適用部位を含む全身性の皮下水腫、適用部位皮下織の黒色化が観察された。その他、少数例に背部骨格筋の黒色化および腹腔内臓器の癒着が観察された。死因としては全身性の水腫（循環障害）が考えられ、おそらく皮膚から吸収されたCCAの有効成分クロム（腎毒性物質）、銅（消化管障害物質）およびヒ素（神経系、心血管系、肝臓および消化管に対する毒性物質）の複合作用⁵⁷⁾に起因するものと推察した。なお、100 mg/kg 投与群では、死亡例はなかったが、投与6日以降に適用部位の痂皮形成が全例にみられた。

体重変化では、300 mg/kg 投与群において投与1週時に摂餌量の減少を伴う体重減少がみられた。100 mg/kg 投与群においても投与1週時に軽度の体重増加抑制が認められたが、その後回復した。

眼検査および尿検査では、10 および100mg/kg 投与群ともにCCA投与に関連付けられる異常は認められなかった。

血液学的検査では、100 mg/kg 投与群において小球性貧血がみられ、これに伴い網赤血球数あるいは血小板数が増加した。また、同群ではリンパ球の増加を伴う総白血球数（WBC）の増加が認められた。上記の貧血に関しては、CCAの主成分のひとつであり、造血器系への影響が示唆⁶⁾されているヒ素により誘発されたものと推察した。リンパ球の増加を伴うWBCの増加については、被験物質適用部位の皮膚において投与初期から痂皮形成が認められ、剖検時にはびらん・潰瘍が観察されたことから、CCAに起因する炎症性変化に付随する二次的変化と考えられ

た。

血液生化学的検査では、100 mg/kg 以上の投与群においてアルブミン（Albumin）の減少に伴う総蛋白（T.Prot.）の減少がみられ、A/G比が減少した。また、トリグリセライド（TGL）、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ（ASAT）およびカリウム（K）が増加した。これらの変化は概ね肝・腎障害を反映する所見であり、後述する臓器重量増加と関連する変化と推察した。一般に腎疾患（機能障害）時、特にネフローゼ症候群では、血中のアルブミンが減少するため低比重リポ蛋白が増加し高コレステロール血症を呈し、重度の場合には肝での超低比重リポ蛋白の産生も亢進するため高トリグリセライド血症を招来することが知られている⁸⁾。

剖検所見では、前述の如く300mg/kg 投与群の死亡動物のほぼ全例に脾臓の萎縮が認められ、約半数例に適用部位を含む全身性の皮下水腫、適用部位皮下織の黒色化が観察された。その他、少数例に背部骨格筋の黒色化および腹腔内臓器の癒着が観察された。100 mg/kg 投与群では、投与4週後の計画殺動物において約半数例に適用部位のびらん・潰瘍が、また、同部位皮下織の黒色化・硬結および背部骨格筋の黒色化が観察された。その他、少数例に腰部リンパ節の腫大が観察された。これらの変化は、平成16年度の反復経皮投与試験においても観察されており、CCAの構成成分であるクロム、銅およびヒ素の毒作用⁵⁷⁾に起因するものと考えられた。ただし、適用部位の皮下織あるいは背部骨格筋の変色については、経皮投与されたクロム、銅およびヒ素の吸収過程における組織の色彩的变化であり毒性所見とは異なるものと思われた。また、リンパ節の腫大はおそらく炎症

に対する二次的変化と推察した。

臓器重量では、300 mg/kg 投与群において肺、肝臓、腎臓および副腎の重量が増加傾向を示し、逆に、脾臓および胸腺の重量が減少した。100 mg/kg 投与群では、肝臓、腎臓および脾臓の相対重量が有意に増加し、絶対重量も増加傾向を示した。また、脳の絶対重量の有意な減少と相対重量の減少傾向が認められた。これらの変化のうち、肝重量の増加はヒ素の作用により、腎重量増加についてはクロムの毒性作用⁹⁾に起因するものと推測した。一方、脳重量および胸腺重量の減少についてはCCAの神経・免疫系への影響を反映する所見とも考えられた。100mg/kgの脾臓の重量増加に関しては、前述の貧血あるいは適用部位のびらん・潰瘍に対する反応所見（髄外造血亢進）と推察した。

病理組織学的検査では、検査を実施した100 mg/kg 投与群において適用部位皮膚のびらん・潰瘍および炎症、骨髄の造血亢進、脾臓の髄外造血亢進および褐色色素沈着が高頻度に認められた。加えて、腎臓の近位尿管拡張、胸腺のリンパ球壊死、リンパ節の形質細胞増生が散見された。脾臓・骨髄の変化は貧血あるいは適用部位のびらん・潰瘍に対する造血反応であり、リンパ節の形質細胞増生は慢性炎症反応のひとつと考えられる。また、腎臓の尿管拡張は腎重量増加に関連した変化であり、胸腺のリンパ球壊死はストレスに起因する変化と推察した。ただし、脳および肝臓には前述の重量変動を含む諸変化に対応する組織学的変化は認められなかった。

以上の様に、本試験で認められた種々の変化は、平成16年度に実施した反復経皮毒性

試験（適用時間：24時間/日）の結果と比較し、程度的には軽減される傾向にあったが、質的にはほぼ一致し、適用時間の差（6時間 vs 24時間）に比べ毒性発現の違いは比較的小さいことが確認された。

E. 結論

本実験条件下では、CCAをラットに反復経皮投与した場合、皮下水腫、貧血、肝・腎障害を誘発し、100 mg/kg前後が最大耐量であると結論された。また、CCAは神経・免疫系にも影響を及ぼす可能性が示唆された。これらの結果は、平成16年度の実験結果と質的にほぼ一致した。

F. 引用文献

- 1) Penha J, Catilu V, and Tolaymat T: Generation, use, disposal, and management options for CCA-treated wood. Florida Center for Solid and Hazardous Waste Management, Florida, USA, Report #98-1, pp. 1-54, 1998.
- 2) Odiott O and Roberts SM: Preliminary evaluation of the non-dietary hazard and exposure to children from contact with chromated copper arsenate (CCA)-treated wood playground structures and CCA-contaminated soil. FIFRA Scientific Advisory Panel (SAP), SAP Report #2001-12, pp. 1-63, 2001.
- 3) Aviado D, Dang W, Elkassabany N, Jakob W, Jensen J, Montague K, Mostaghimi S, Quick B, Shamin N, and Vaughan: Children's exposure to CCA-treated wood playground equipment and CCA-contaminated

- soil. In: FIFRA Scientific Advisory Panel Background Document, US EPA, pp.1-54, 2001.
- 4) McMahon TF and Chen J: Hazard identification and toxicology endpoint selection for inorganic arsenic and inorganic chromium. In: FIFRA Scientific Advisory Panel Background Document, US EPA, pp. 1-36, 2001.
- 5) Gwaltney-Brant SM: Heavy metals. In: Handbook of Toxicologic Pathology (Haschek WM, Rousseaux CG, Wallig MA, eds.), Academic Press, San Diego, pp. 701-733, 2002.
- 6) Goyer RA and Clarkson TW: Toxic effects of metals. In: Casarett & Doull's Toxicology (Klaassen CD, ed.), McGraw-Hill, New York, pp. 811-867, 2001.
- 7) Hostynek JJ, Hinz RS, Lorence CR, Price M, and Guy RH: Metals and the skin. Critical Reviews in Toxicology, 23(2): 171-235, 1993.
- 8) 河合忠：血液化学検査、異常値の出るメカニズム(河合忠・玄番昭夫・尾形稔編)、医学書院、東京、pp.79-133、1993.
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

G. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

H. 知的財産権の出願・取得状況

1. 特許取得
なし

厚生労働科学研究費補助金（化学物質リスク研究事業）
木材防腐剤として使用される化学物質のリスク評価に関する研究

分担研究報告書

12. クロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤（CCA）のラットにおける
4週間反復経皮投与毒性試験（追加試験）

分担研究者 原田 孝則 （財）残留農薬研究所 毒性部長
協力研究者 高橋 尚史 （財）残留農薬研究所 毒性部病理研究室研究員
高橋 義博 （株）新日本科学 安全性研究所

研究要旨

クロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤（CCA）の反復経皮曝露における無毒性量を求めるため、雌雄のSD系ラットを用い、各群6匹の動物の背部皮膚にCCAを0、1及び10 mg/kgの用量で毎日6時間適用し、4週間に亘り反復経皮投与した。10 mg/kg投与群では、雌雄とも投与5日以降に適用部位に痂皮形成がみられ、投与終了時の剖検では出血も観察された。病理組織学的検査では、適用部皮膚のびらん/潰瘍が観察された。1 mg/kg投与群では、CCA投与に関連けられる異常は認められなかった。これらの結果から、本実験条件下における経皮曝露では、CCAの無毒性量（NOAEL）は雌雄とも1mg/kgと判定された。

A. 研究目的

木材防腐剤として使用される化学物質のリスク評価を目的に、過去に使用量が多く、ヒトの健康、特に子供への健康影響が懸念される代表的な木材防腐剤であるクロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤（CCA）^{1,4)}を対象にラットを用い4週間の反復経皮投与毒性試験の追加試験を実施した。平成17年度は、経皮投与における適用時間の差（昨年度24時間に対し今年度6時間）による毒性発現の違いの有無を比較検討した。本研究の目的は、CCAの反復経皮曝露でのリスク評価に必要な基礎的毒性情報を収集することにあるが、本追加試験で

は無毒性量を求めることに主眼を置いた。

B. 研究方法

試験方法は平成元年9月11日付け薬審1第24号厚生省薬務局通知「医薬品毒性試験ガイドライン」および平成5年8月10日付け薬新薬第88号厚生省薬務局通知「単回及び反復投与毒性試験ガイドラインの改正について」および農薬の毒性試験ガイドライン「12農産第8147号、平成12年11月24日付け」に従い、以下の条件で実施した。

1. 被験物質

本試験の被験物質として、クロム・銅・

ヒ素化合物系木材防腐剤 (CCA) の中から代表的薬剤配合種のひとつである CCA-2号 (CCA-type B) ¹⁾ を選択し、使用した。同被験物質の有効成分であるクロム・銅およびヒ素の各構成成分配合比は酸化クロム (CrO₃、純度 98%) 35.3%、酸化銅 (CuO、純度 99.3%) 19.6% および酸化ヒ素 (As₂O₅、純度 91.9%) 45.1% であった。これらの被験物質の入手先は、クロム及び銅は関東化学株式会社 (東京都)、ヒ素はキシダ化学株式会社 (大阪府) より入手した。受領した被験物質は、被験物質保管所内常温室デシケータ内 (許容温度: 16~24℃) で保管した。

2. 試験動物

日本チャールス・リバー株式会社 (滋賀県) で生産された Sprague-Dawley 系 SPF ラット (Crj: CD (SD) IGS) の雌雄動物を用いた。供試動物は雌雄ともに 5 週齢で購入し、1 週間試験環境に馴化した後、6 週齢にて試験に供試した。馴化期間中毎日一般状態を観察し、この期間中眼科学的検査および摂餌量測定を実施した。動物は温度 19~25℃、湿度 30~70%、換気回数 15 回/時間 (オールフレッシュエア方式)、照明時間 12 時間/日 (午前 6 時点灯、午後 6 時消灯) に設定された動物飼育室で飼育した。馴化終了後、雌雄別々に体重値に基づいた層別無作為抽出法で各用量群に雌雄 6 匹ずつ配分し、群分けを実施した。群分け後、各群の動物を 1 匹ずつステンレス鋼製個別ケージ (D 32.5 cm x W 19.5 cm x H 18 cm) に収容した。動物の個体識別は耳パンチ法で行なった。基礎飼料には固形飼料 CE-2 (日本クレア株式会社) を用い、動物に

自由に摂取させた。ただし、剖検前日の午後 5 時前後より絶食とした。飲料水は、水道法水質基準に適合した水を自動給水装置 (Edstrom Industries, Inc.) を用いて自由に摂取させた。

3. 試験群

平成 17 年度に実施した 4 週間反復経皮投与毒性試験結果を考慮して、10mg/kg を高用量とし、無毒性量としての予想で 1 mg/kg を低用量として設定した。これらの設定用量群 (0、1、10 mg/kg) の各用量群に雌雄とも 6 匹の動物を使用した。

4. 被験物質投与液の調製

各用量 (0、1、10 mg/kg) の被験物質投与液を週に 1 回調製した。投与液の調製に際し、成分ごとに純度による調製濃度の換算を実施した。投与容量は 3 mL/kg とした。最初に、所定量の酸化クロムおよび酸化ヒ素を秤量し、注射用水 (大塚薬品株式会社) を加え溶解させた。溶解後、所定量の酸化銅を加えて超音波処理し、懸濁させた。懸濁後、0.33 および 3.33 mg/mL の濃度になるよう注射用水にて定容した。調製はドラフト室にて実施した。各濃度の投与液は冷蔵・遮光 (5℃) 条件下にて保存した。投与液は投与直前に室温に戻して使用した。

5. 投与方法および投与期間

投与開始前日に各動物の背部 (5 cm x 5 cm) を電気バリカンで剃毛し、適用部位を確保した。投与日には、剃毛部皮膚に各用量群の投与液 (対照群は注射用水) を均一に塗布し、塗布部位をパラフィルム及びリント布で覆い、非刺激性テープ (株式会社

ジェイ・エム・エス)と粘着性伸縮包帯(ニチバンメディカル株式会社)にて固定し、約6時間閉塞適用した。投与は1日1回、週7日間行った。なお、剃毛は原則として週2回行い、その際には塗布部位の皮膚を刺激しないように配慮した。投与期間は28日間とした。

6. 動物の観察

全動物について、投与期間中1日2回(投与前に1回、投与後約1時間に1回)以上と剖検日に1回、瀕死状態ないし死亡の有無および一般状態を観察した。

7. 体重

全生存動物について、投与開始時およびその後毎週1回体重を測定した。また、全動物について殺処分前に最終体重を測定した。

8. 摂餌量

全動物について、毎週1日個体別に摂餌量を測定して、一日あたりの摂餌量を算出した。

9. 眼科学的検査

馴化期間中に1回雌雄の全馴化動物、投与終了時(4週時)に対照群と高用量群(100 mg/kg 投与群)の全生存動物について、眼科学的検査を行った。検査には、肉眼(ペンライト使用)およびスリットランプ(コーワ SL-14、有限会社幸田電子)により前眼部および中間透光体を観察し、眼底検査については額帯式双眼倒像検眼鏡(ID-10、株式会社トプコン)を用いて行った。

10. 尿検査

投与終了時(4週時)に各群の全生存動物について尿検査を実施した。検査動物を強制採取法により採尿した後、尿の色調を肉眼的に検査し、pH、蛋白質、糖、ケトン体、ビリルビン、尿潜血及びウロビリノーゲンの項目について自動尿分析器(Clinitek 200+, Miles Labs., Inc.)にて測定した。

11. 血液学的検査

投与終了時(4週時)に各群の生存動物全例について血液学的検査を実施した。検査動物は採血前に一晚絶食させた。動物をペンタバルビタールナトリウム(東京化成工業株式会社)水溶液の腹腔内投与による麻酔下で開腹し、凝固検査用に3.8 w/v%クエン酸ナトリウム水溶液添加の注射筒を、その他の検査用に無処理の注射筒を用いて後大静脈より採血した。

血液学的検査は、EDTA 処理した血液試料を用いて、以下の項目について総合血液学検査装置アドヴィア 120 (Bayer Corporation)で測定した。

測定項目(略号):ヘマトクリット値(Ht)、血色素量(Hb)、赤血球数(RBC)、平均赤血球容積(MCV)、平均赤血球血色素量(MCH)、平均赤血球血色素濃度(MCHC)、血小板数(Plat.)、網赤血球数(Ret.)、白血球数(WBC)および白血球のディファレンシャルカウント;好中球(Neutro.)、リンパ球(Lymph.)、単球(Mono.)、好酸球(Eosino.)、好塩基球(Baso.)、大型非染色球(LUC)

血液凝固能については、全自動血液凝固測定装置(CA-5000、シスメックス株式会社)を用いプロトロンビン時間(PT)および活性化部分トロンボプラスチン時間

(APTT) を測定した。

12. 血液生化学的検査

血液学的検査のための採血後、腹大動脈から採血し、遠心分離して得られた血清を用い、以下の項目を JCA-BM8 自動分析装置（日本電子株式会社）にて測定した。

測定項目（略号）：アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ（ASAT）、アラニンアミノトランスフェラーゼ（ALAT）、アルカリホスファターゼ（ALP）、乳酸脱水素酵素（LDH）、クレアチンキナーゼ（CPK）、総ビリルビン（T.Bil.）、総蛋白（T.Prot.）、アルブミン（Albumin）、総コレステロール（T.Chol.）、トリグリセライド（TGL）、糖（Glucose）、尿素窒素（BUN）、クレアチニン（Creat.）無機リン（IP）、カルシウム（Ca）、ナトリウム（Na）、カリウム（K）及び塩素（Cl）

また、蛋白分画（アルブミン比率、 α 1-、 α 2-、 β -、 γ -グロブリン比率）については自動電気泳動分析装置（AES320、オリンパス光学株式会社）にて測定した。

13. 剖検および組織採取

全動物について剖検を実施した。ペントバルビタールナトリウム水溶液の腹腔内投与による深麻酔下で腹大動脈・後大静脈を切断して放血により安楽死させた後に剖検した。

剖検時に全動物から以下の臓器および組織を採取し、10%中性緩衝ホルマリン液で固定した。ただし、眼球及び視神経はホルムアルデヒド・グルタルアルデヒド混合液で、精巣はブアン液で固定した。

採取した臓器及び組織：脳（大脳、小脳、

橋および延髄）、脊髄（胸部）、坐骨神経（両側）、下垂体、胸腺、甲状腺および上皮小体（両側）、副腎（両側）、脾臓、骨および骨髄（胸骨、両側大腿骨）、顎下リンパ節（両側）、腸間膜リンパ節、心臓、大動脈（胸部）、唾液腺（顎下腺および舌下腺）、食道、胃（前胃および腺胃）、肝臓、膵臓、十二指腸、空腸、回腸、盲腸、結腸、直腸、舌、気管、肺（気管支を含む）、腎臓（両側）、膀胱、精巣（両側）、精巣上体（両側）、前立腺、精嚢（両側）、卵巣（両側）、子宮、膣、涙腺（両側）、眼球（視神経を含む、両側）、ハーダー腺（両側）、大腿四頭筋（両側）、乳腺および皮膚（乳頭を含む）、投与部位（背部皮膚）および肉眼的異常部位

14. 臓器重量

全動物について、剖検後、以下の臓器の固定前の重量（絶対重量）を測定し、最終体重から比体重値（相対重量）を算出した。測定臓器：脳、下垂体、胸腺、甲状腺（上皮小体を含む、両側）、心臓、肺、肝臓、腎臓（両側）、脾臓、副腎（両側）、唾液腺（両側の顎下腺・舌下腺を合わせたもの）、精巣（両側）、精巣上体（両側）、前立腺、精嚢（両側）、卵巣（両側）、子宮

15. 病理組織学的検査

供試動物全例から採取した以下に示す臓器・組織を対象にして病理組織標本を作製した。標本は常法に従ってパラフィン包埋し、ヘマトキシリン・エオジン染色を施した。鏡検は対照群と高用量群（10 mg/kg 投与群）から採取した下記の臓器・組織について行った。

組織標本対象臓器・組織：脳（大脳、小

脳、橋および延髄)、脊髓(胸部)、坐骨神経(左側)、下垂体、胸腺、甲状腺(両側)、上皮小体(両側)、副腎(両側)、脾臓、骨および骨髓(胸骨、左側大腿骨)、顎下リンパ節(左側)、腸間膜リンパ節、心臓、大動脈(胸部)、唾液腺(顎下腺および舌下腺)、食道、胃(前胃および腺胃)、肝臓、脾臓、十二指腸、空腸、回腸、盲腸、結腸、直腸、舌、気管、肺(気管支を含む)、腎臓(両側)、膀胱、精巣(両側)、精巣上体(両側)、前立腺、精嚢(左側)、卵巣(両側)、子宮、陰、涙腺(両側)、眼球(視神経を含む、両側)、ハーダー腺(両側)、大腿四頭筋(左側)、皮膚(左胸部)、乳腺(雌のみ)、投与部位(背部皮膚)および肉眼的異常部位

16. 肝機能検査のための組織採取

供試動物全例から肝臓の左葉を採取し、超低温フリーザー(-70℃以下)で保管し、将来の検索に備えた。

19. 有意差検定

各検査項目について、対照群と各被験物質投与群間の統計学的有意差の有無を危険率5%および1%レベルで解析した。

体重、摂餌量、血液学的検査項目、血液生化学的検査項目および臓器重量のデータについては、先ず Bartlett の等分散検定を行なったその後、等分散の場合には、Dunnett の多重比較法により対照群と各投与群間における有意差の有無を判定した。一方、等分散ではない場合には、Dunnett 型の多重比較法(Miller 法)を用いて有意差の有無を判定した。尿検査の評価段階付きのデータについては Wilcoxon 順位和検定、尿の色については Fisher 直接確率検定を対照群と

被験物質各群との間で実施した。また、病理組織学的検査成績についても Fisher 直接確立検定法を用い解析した。これらの検定および計算には MUSCOT 統計解析ソフトウェア(ユックムス株式会社)を使用して行った。一般状態(臨床症状)、眼検査および剖検所見については統計検定を実施しなかった。

C. 研究結果

1. 臨床症状および死亡率

10 mg/kg 投与群では、投与5日から適用部皮膚に痂皮形成が認められ、投与2週時以降は雌雄の全例に観察された。

1 mg/kg 投与群では、雌雄とも特に異常な症状はみられなかった。

2. 体重変化

1 及び 10 mg/kg 投与群では、雌雄とも対照群と比べ投与期間中の体重変化に差はなかった。

3. 摂餌量

1 及び 10 mg/kg 投与群の雌雄では摂餌量に有意な変化はなかった。

4. 眼科学的検査成績

1 及び 10 mg/kg 投与群では、雌雄とも異常は認められなかった。

5. 尿検査成績

1 及び 10 mg/kg 投与群の雌雄では有意な変化はなかった。

6. 血液学的検査成績

10 mg/kg 投与群では、雌において網赤血

球数及び単球の増加ならびにプロトロンビン時間 (PT) と活性化部分トロンボプラスチン時間 (APTT) の短縮が認められた。一方、雄では異常はなかった。

1 mg/kg 投与群では、雌雄とも種々の検査項目に統計学的有意差を伴う変動がみられたが、いずれも用量相関性あるいは対応所見に欠けることから、被験物質投与に関連付けられる変化ではないと判断した。

7. 血液生化学的検査成績

10 mg/kg 投与群では、雄においてアスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ (ASAT)、アラニンアミノトランスフェラーゼ (ALAT)、アルカリホスファターゼ (ALP)、乳酸脱水素酵素 (LDH)、クレアチンホスフォキナーゼ (CPK) 及びアルブミン (Albumin) の減少ならびに γ -グロブリン比率の増加がみられた。一方、雌では β -グロブリン比率の増加が認められた。

1 mg/kg 投与群では、雄において ALP の減少ならびに総ビリルビン (T.Bil) がみられた。雌では有意な変化はなかった。

8. 剖検所見

10 mg/kg 投与群では、適用部位の痂皮形成と出血が雄では 6 例中 1 例と 4 例に、雌では 6 例中 3 例と全例にそれぞれ認められた。

1 mg/kg 投与群では、雌雄とも肉眼的異常は観察されなかった。

9. 臓器重量

1 及び 10 mg/kg 投与群において、雌雄とも有意な臓器重量変動は認められなかった。

10. 病理組織学的検査成績

10 mg/kg 投与群において、適用部位のびらん・潰瘍が雄の 6 例中 3 例と雌の 6 例全例に認められた。また、適用部位皮膚の表皮過形成が雄の 1 例に観察された。

1 mg/kg 投与群では、雌雄とも肉眼的異常所見が認められなかったため、病理組織学的検査は実施しなかった。

D. 考察

平成 18 年度では、平成 17 年度に引き続きクロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤 (CCA) を対象にして、無作用量を求めることに主眼を置き、ラットを用いて 4 週間の反復経皮投与毒性試験を実施した。本研究では、CCA を 0、1 及び 10 mg/kg の用量で SD 系ラットの雌雄動物の背部皮膚に毎日 6 時間、4 週間に亘り反復投与し、臨床症状、死亡率、眼検査、尿検査、血液・生化学検査、病理検査を含む諸検査を実施した。

10 mg/kg 投与群では、投与 5 日から適用部位の皮膚に痂皮形成が認められ、投与 2 週以降には雌雄の全例に観察された。4 週間投与終了後の剖検時には、ほぼ全例に適用部位から出血が認められ、組織学的にびらん・潰瘍が観察された。血液学的には、雌において網赤血球と単球の増加が認められ、上記の皮膚病変に対する生体反応と考えられた。また、アルブミンの減少とグロブリンの増加に関しても適用部皮膚のびらん・潰瘍に起因する変化と推察した。これらの変化は、平成 17 年度の反復経皮投与試験においても観察されており、CCA の構成成分であるクロム、銅およびヒ素の毒作用⁵⁾に起因するものと考えられた。その他にも種々の検査項目に統計学的に有意な変化がみられたが、対応所見あるいは毒性学的意義に欠けることから偶発所見とみなし

た。

1mg/kg 投与群では、雌雄とも被験物質投与に関連付けられる異常はいずれの検査項目においても観察されなかった。

E. 結論

本実験条件下では、1 mg/kg は無毒性量 (NOAEL) と判定された。

F. 引用文献

- 1) Penha J, Catilu V, and Tolaymat T: Generation, use, disposal, and management options for CCA-treated wood. Florida Center for Solid and Hazardous Waste Management, Florida, USA, Report #98-1, pp. 1-54, 1998.
- 2) Odiott O and Roberts SM: Preliminary evaluation of the non-dietary hazard and exposure to children from contact with chromated copper arsenate (CCA)-treated wood playground structures and CCA-contaminated soil. FIFRA Scientific Advisory Panel (SAP), SAP Report #2001-12, pp. 1-63, 2001.
- 3) Aviado D, Dang W, Elkassabany N, Jakob W, Jensen J, Montague K, Mostaghimi S, Quick B, Shamin N, and Vaughan: Children's exposure to CCA-treated wood playground equipment and CCA-contaminated soil. In: FIFRA Scientific Advisory Panel Background Document, US EPA, pp.1-54, 2001.
- 4) McMahon TF and Chen J: Hazard identification and toxicology endpoint selection for inorganic arsenic and inorganic chromium. In: FIFRA Scientific Advisory Panel Background Document, US EPA, pp. 1-36, 2001.
- 5) Gwaltney-Brant SM: Heavy metals. In: Handbook of Toxicologic Pathology (Haschek WM, Rousseaux CG, Wallig MA, eds.), Academic Press, San Diego, pp. 701-733, 2002.
- 6) Goyer RA and Clarkson TW: Toxic effects of metals. In: Casarett & Doull's Toxicology (Klaassen CD, ed.), McGraw-Hill, New York, pp. 811-867, 2001.
- 7) Hostynek JJ, Hinz RS, Lorence CR, Price M, and Guy RH: Metals and the skin. Critical Reviews in Toxicology, 23(2): 171-235, 1993.

G. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

H. 知的財産権の出願・取得状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

厚生労働科学研究費補助金（化学物質リスク研究事業）
木材防腐剤として使用される化学物質のリスク評価に関する研究

分担研究報告書

13. クロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤（CCA）のSKH-1ヘアレスマウスにおける
中期皮膚発がん性試験

分担研究者	原田 孝則	(財)残留農薬研究所	毒性部長
協力研究者	高橋 尚史	(財)残留農薬研究所	毒性部病理研究室研究員
	中島 信明	(財)残留農薬研究所	毒性部病理研究室長
	千葉 裕子	(財)残留農薬研究所	毒性部病理研究室技術担当室長
	小嶋小百合	(財)残留農薬研究所	毒性部病理研究室研究員
	武田真記夫	(財)残留農薬研究所	毒性部分子毒性研究室長
	大塚 亮一	(財)残留農薬研究所	毒性部分子毒性研究室研究員
	川勝 尚夫	(財)残留農薬研究所	毒性部動物管理室長
	石塚 勝美	(財)残留農薬研究所	毒性部動物管理室

研究要旨

クロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤（CCA）の催腫瘍性を確認するため、SKH-1ヘアレスマウスを用い、雌性動物の皮膚に紫外線（UVB）を照射するとともに、CCAを0、1、10および90 ppmの用量で28週間混餌経口投与し、UVB照射誘発皮膚発がんに対するCCA投与の影響の有無について検索した。その結果、CCA投与群では、用量依存性に皮膚腫瘍の発生（数および大きさともに）が増加し、病理組織学的にも悪性度の高い低・中分化型扁平上皮癌が観察された。皮膚の酸化ストレスの測定では、CCA投与群において用量相関性に8-OHdG量（DNAの酸化ストレスマーカー）の増加が認められた。以上の結果から、CCAはUVB誘発皮膚発がんを促進し、そのプロモーション効果には酸化DNA傷害が関与する可能性が示唆された。

A. 研究目的

ヒ素はヒトにおいて皮膚に発がん性が認められている。また、ヘアレスマウスでは、ヒ素あるいはクロムを飲水投与すると中波長紫外線（UVB）による皮膚発がんが増強されることが報告されている^{1,2)}。そこで本研究では、ヘアレスマウスにUVBを

照射するとともにクロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤（CCA）を28週間にわたって混餌投与し、UVBによる皮膚発がんに対するCCAの増強作用の有無について検索した。