

最終報告書

表 題：(2-クロロエチル)ベンゼンのほ乳類培養細胞を用いる染色体異常試験

試験番号：S R 0 8 2 0 2

株式会社 化合物安全性研究所

目 次

	頁
表紙	1
目次	5
要約	9
緒言	10
材料および方法	10
成績	20
考察	22
参考資料	22

Tables and Figure

Table 1	Effects of (2-chloroethyl)benzene on growth rate of CHL/IU with or without metabolic activation (preliminary test) (SR08202)	24
Figure 1	Effects of (2-chloroethyl)benzene on growth rate of CHL/IU with or without metabolic activation (preliminary test) (SR08202)	25
Table 2	Effects of (2-chloroethyl)benzene on growth rate of CHL/IU with or without metabolic activation (chromosomal aberration test) (SR08202)	26
Table 3-1	Results of the chromosomal aberration test of (2-chloroethyl)benzene (6 hours treatment without metabolic activation) (SR08202)	27
Table 3-2	Results of the chromosomal aberration test of (2-chloroethyl)benzene (6 hours treatment with metabolic activation) (SR08202)	28
Table 3-3	Results of the chromosomal aberration test of (2-chloroethyl)benzene (24 hours treatment without metabolic activation) (SR08202)	29

Table 4	Effects of (2-chloroethyl)benzene on growth rate of CHL/IU without metabolic activation (confirmatory test) (SR08202).....	30
Table 5	Results of the chromosomal aberration test of (2-chloroethyl)benzene (24 hours treatment without metabolic activation, confirmatory test) (SR08202)	31

要 約

(2-クロロエチル)ベンゼンの *in vitro* における染色体異常誘発性の有無を、チャイニーズハムスター肺由来細胞 (CHL/IU) を用いて検討した。試験は、短時間処理法の代謝活性化によらない場合および代謝活性化による場合ならびに連続処理法の 24-0 h 処理による場合の 3 系列で実施した。

予備試験 [細胞増殖抑制試験 : 5.51~1410 $\mu\text{g/mL}$ (10 mM 相当値)] の結果、各試験系列で 50% 以上の細胞増殖抑制が認められた。IC₅₀ 値は、短時間処理法の代謝活性化によらない場合が 239 $\mu\text{g/mL}$ 、短時間処理法の代謝活性化による場合が 13.2 $\mu\text{g/mL}$ および連続処理法の 24-0 h 処理による場合が 171 $\mu\text{g/mL}$ であった。被験物質の析出が、試験液処理開始時では各試験系列の 705 $\mu\text{g/mL}$ 以上の用量で、処理終了時では短時間処理法の代謝活性化によらない場合および代謝活性化による場合の 176 $\mu\text{g/mL}$ 以上の用量ならびに連続処理法の 24-0 h 処理による場合の 353 $\mu\text{g/mL}$ 以上の用量で観察された。被験物質処理による培養液 pH への影響は、いずれの試験系列にも観察されなかった。

本試験 (染色体異常試験) は、予備試験の結果に基づき、各試験系列とも IC₅₀ より高用量を最高用量とした試験群を設定した。また、連続処理法の 24-0 h 処理による場合については確認試験を実施した。その結果、染色体の構造異常および数的異常の出現率は、短時間処理法の代謝活性化によらない場合 (評価用量 : 21.9~233 $\mu\text{g/mL}$)、短時間処理法の代謝活性化による場合 (評価用量 : 1.37~10.9 $\mu\text{g/mL}$) および連続処理法の 24-0 h 処理による場合 [評価用量 : 21.9~175 $\mu\text{g/mL}$ (本試験)、32.9~197 $\mu\text{g/mL}$ (確認試験)] のいずれの用量においても 5% 未満で、結果は陰性であった。なお、染色体異常誘発性と同時に評価したサテライト群において、染色体異常誘発性の各評価用量において 233 $\mu\text{g/mL}$ 以上の用量では被験物質の析出が観察され、予備試験とほぼ同様の結果であった。被験物質処理による培養液 pH への影響はいずれの試験系列にも観察されず、予備試験と同様の結果であった。

陽性対照群における染色体の構造異常の出現率は、本試験および確認試験ともに各試験系列で明確な陽性値を示し、本試験系が適切な感受性を有していたことが確認された。

以上のことから、(2-クロロエチル)ベンゼンは、本試験条件において、ほ乳類の培養細胞に対し染色体異常誘発性を有しないと判断した。

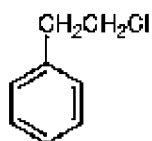
緒 言

(2-クロロエチル)ベンゼンの *in vitro* における染色体異常誘発性の有無を検討する目的で、チャイニーズハムスター肺由来細胞(CHL/IU)を用いる染色体異常試験を実施した。

材料および方法

1. 被験物質

名称 : (2-クロロエチル)ベンゼン
 英名 : (2-Chloroethyl)benzene ^{1), 2)}
 CAS No. : 622-24-2
 化審法官報公示整理番号 : (3)-33 ³⁾
 構造式 ¹⁾ :



分子式 : C₈H₉Cl ²⁾
 分子量 : 140.613 ²⁾
 物理化学的性質 : 外観等 ; 無色透明液体 ³⁾
 比重(20/20) ; 1.0724 (Appendix 1)
 屈折率 n_{20/D} ; 1.5300 (Appendix 1)
 溶解度 ; 試験施設において、蒸留水(日本薬局方注射用水)、
 0.5%カルボキシメチルセルロースナトリウム水溶液、
 ジメチルスルホキシドおよびアセトンを用いて調製
 確認を行った。確認内容を、2. 被験物質の調製(10
 頁)に記載した。
 引火点 ; 66℃ ³⁾
 純度(GC) : 99.5% (Appendix 1)

入手量	: 1000 g (500 g×2、関連試験と共通)
保存条件 ³⁾	: 密栓し、冷暗所(実測範囲: 2～8℃)に保存した。また、火気や熱源等の着火源から遠ざけ保存した。
保存場所	: 被験物質保存室および変異原性試験室
保存期間	: 2009 年 4 月 6 日(受入)～2010 年 7 月 26 日(最終使用日)
安定性および反応性	: 通常の取扱い条件においては安定。実験終了後に、使用した被験物質の純度に関する分析成績を入手し、被験物質の安定性について確認した(Appendix 2)。
取扱上の注意	: 換気のよい場所で取扱った。適切な保護具を着用し、吸い込んだり、眼、皮膚及び衣類に触れないように取扱った。
残余被験物質の処理	: 残余被験物質は、焼却処分するために、産業廃棄物として回収した。

2. 被験物質の調製

試験施設において、被験物質の調製確認を行った。被験物質は蒸留水(日本薬局方注射用水、50 mg/mL の濃度まで検討)および 0.5%カルボキシメチルセルロースナトリウム水溶液(50 mg/mL の濃度まで検討)とは混合せず、調製困難であった。ジメチルスルホキシドおよびアセトンでは 500 mg/mL の濃度まで溶解し、反応性はみられなかった。以上のことから、当該試験の溶媒としてジメチルスルホキシドを選択した。

被験物質を精秤し、ジメチルスルホキシド[ロット番号 TA026(予備試験および本試験)および BT159(確認試験)、株式会社同仁化学研究所]を用いて溶解ならびに希釈し、所定の濃度に調製した。

予備試験では 141 mg/mL 調製液を調製し、141 mg/mL 調製液から公比 2 の段階希釈により 70.5、35.3、17.6、8.81、4.41、2.20、1.10 および 0.551 mg/mL 調製液を調製した。

本試験では 35 mg/mL 調製液を調製し、35 mg/mL 調製液から公比 2 の段階希釈により 17.5、8.75、4.38、2.19、1.09、0.547、0.273 および 0.137 mg/mL 調製液を調製した。また、35 mg/mL 調製液より 29.2、26.3、23.3 および 13.1 mg/mL 調製液を、2.19 mg/mL 調製液より 1.64 mg/mL 調製液を、1.09 mg/mL 調製液より 0.819 mg/mL 調製液を調製した。

確認試験では 26.3 mg/mL 調製液を調製し、26.3 mg/mL 調製液より公比 2 の段階希釈により 13.2、6.58 および 3.29 mg/mL 調製液を調製した。また、26.3 mg/mL 調製液より 23.0、19.7 および 16.4 mg/mL 調製液を調製した。

調製液の安定性では、予備試験、本試験および確認試験ともに、被験物質調製時の目視確認において媒体との反応性(変色、発熱、発泡等)はみられなかった。

被験物質調製液は、予備試験では調製後 1.2 時間以内に、本試験では調製後 1.5 時間以内におよび確認試験では調製後 0.6 時間以内に使用した。

調製はクリーンベンチ内で行い、調製に際してはマスク、手袋、保護メガネおよび白衣を着用し、吸引または眼、皮膚および衣類に触れないようにして取扱った。残余調製液は、焼却処分するために、産業廃棄物として回収した。

3. 陰性対照物質

陰性対照物質として、ジメチルスルホキシド[ロット番号 TA026(使用期限 2011 年 10 月、予備試験および本試験)および BT159(使用期限 2014 年 12 月、確認試験)、株式会社同仁化学研究所]をモレキュラーシーブを用いて脱水処理を行い、原液のまま使用した。

ジメチルスルホキシドは、プレート内の液に対し 1 vol% の割合で添加した。

4. 陽性対照物質

代謝活性化によらない場合の陽性対照物質として、マイトマイシン C(ロット番号 498AFJ、使用期限 2010 年 10 月、協和発酵工業株式会社)を使用した。マイトマイシン C は、購入後室温で保存し、日本薬局方注射用水(ロット番号 7C95 および 7K81、株式会社大塚製薬工場)を用いて 5 および 10 $\mu\text{g/mL}$ の濃度に調製した。購入したマイトマイシン C は、1 瓶中に日局マイトマイシン C を 2 mg(力価)含有しており、調製の際には 1 mg(力価)を 1 mg として換算した。

代謝活性化法による場合の陽性対照物質として、ベンゾ[a]ピレン[ロット番号 KLM1182、含量 101.0%、使用期限 2009 年 8 月(購入より 5 年)、和光純薬工業株式会社]を使用した。ベンゾ[a]ピレンは購入後冷所(2~8°C)で保存し、ジメチルスルホキシド(ロット番号 TA026、株式会社同仁化学研究所)を用いて 1 mg/mL の濃度に調製した。

陽性対照物質の各調製液は-20°C以下で分注凍結保存し、調製後 1 年以内に試験に使用した(使用期限は調製後 1 年)。保存調製液は解凍後 0.8 時間以内に使用した。

陽性対照物質は、それぞれプレート内の液に対し 1 vol% の割合で添加した。

5. 試験系

試験系として、2005 年 5 月 17 日に大日本製薬株式会社より継代数 14 で入手した CHL/1U を使用した。CHL/1U は、雌の新生チャイニーズハムスターの肺に由来し、染色体数(モード)は 25 本(2n=22)、倍加時間の測定値は 13.3 時間(予備試験および本試験)および 15.0 時間(確認試験)である。本細胞は、増殖速度、継代における染色体の安定

性、染色体標本の観察の容易さおよび既知の変異原物質に対する感受性を考慮して選択した。また、供試細胞と同時に凍結保存した細胞を用いて蛍光染色法によりマイコプラズマチェックを行い、陰性であることを確認した。

細胞の保存に際しては、10 vol%ジメチルスルホキシドを含む培地を用いて 1×10^6 cells/mL 細胞浮遊液を調製し、1 mL ずつアンプルに分注したものを漸次冷却して凍結させた後、液体窒素内に保存した。解凍後は、75 cm² 培養フラスコを用いて 5.0%CO₂、37.0℃に設定した CO₂ インキュベーター [MCO-175、三洋電機株式会社および MCO-18AIC(UV)、三洋電機バイオメディカ] 内で培養し、3 または 4 日毎に継代を行った。試験では、継代数 17(予備試験)、21(本試験)あるいは 18(確認試験)の細胞を使用した。

6. 培地

イーグル MEM 培地を以下の割合で混合し調製した。

イーグル MEM 培地 (Code 05900、ロット番号 603901 および 632001、カナマイシンおよびフェノールレッド含有、日水製薬株式会社) 9.4 g を日本薬局方注射用水(ロット番号 7K81 および 9K88、株式会社大塚製薬工場)に溶解し全量を 1 L とした。オートクレーブ滅菌後、室温まで冷却し、滅菌済みの 7.5%炭酸水素ナトリウム (試薬特級、ロット番号 905X1946、関東化学株式会社) 溶液で pH7.2~7.4 に調整し、ろ過除菌した L-グルタミン溶液 (試薬特級、L-グルタミン: ロット番号 LTP5417 および PEH6211、和光純薬工業株式会社) を 0.292 g/L となるように添加した。さらに牛胎児血清(ロット番号 1361699 および 672248 および 314621、GIBCO)を最終調製量の 10%になるように加えた。なお、牛胎児血清は 56℃で 30 分間非働化した後に使用した。オートクレーブ滅菌後は、無菌的に調製した。

7. S9 mix

S9 mix はキッコーマン株式会社より購入し(ロット番号 CAM-595、2009 年 4 月 17 日製造)、-80℃以下で凍結保存したものを、製造日より 3 ヶ月以内(使用期限: 製造後 6 ヶ月)に使用した。

S9 mix は、フェノバルビタールおよび 5,6-ベンゾフラボンの腹腔内投与で酵素誘導した Slc:SD 系ラット(雄、7 週齢)の肝ホモジネートより調製した S9 1.05 mL に、コファクターミックス 2.45 mL を加え、次頁の表の組成に調製されたものである。

S9 mix 1 mL 中の組成		
S9	(キッコーマン株式会社製 RAA-595 : S9 中蛋白含量 26.53 mg/mL)	0.3 mL
MgCl ₂	(和光純薬工業株式会社 SDN0075)	5 μmol
KCl	(和光純薬工業株式会社 PEL2740)	33 μmol
G-6-P	(オリエンタル酵母工業株式会社 118805)	5 μmol
NADP	(オリエンタル酵母工業株式会社 045818)	4 μmol
HEPES 緩衝液	(株式会社同仁化学研究所 PE026)	4 μmol
蒸留水		0.1 mL

8. 試験方法

(1) 予備試験(細胞増殖抑制試験)

1) 試験群

短時間処理法の代謝活性化によらない場合および代謝活性化による場合ならびに連続処理法の 24-0 h 処理による場合の 3 系列について実施した。

被験物質の最高用量は、10 mM 相当値(被験物質の分子量 : 140.613)の 1410 μg/mL とし、以下公比 2 で低下させた計 9 用量(1410、705、353、176、88.1、44.1、22.0、11.0 および 5.51 μg/mL)の試験群を設定した。更に、試験系列毎に陰性対照群を設定した。

各群につき 2 枚のプレートを使用し、各プレートには識別番号を明記した。

2) 細胞の播種

直径 60 mm の培養プレートに、短時間処理法の代謝活性化によらない場合および連続処理法の 24-0 h 処理による場合では 0.4×10^4 cells/mL、短時間処理法の代謝活性化による場合では 0.6×10^4 cells/mL の細胞浮遊液をそれぞれ 5 mL ずつ播種し、5.0% CO₂、37.0℃に設定した CO₂ インキュベーター内で培養した。

3) 試験液の処理

a 短時間処理法の代謝活性化によらない場合

細胞播種後 3 日に、プレートの培養液を除去し、培養液 3 mL に対して試験液を 30 μL の割合で試験チューブ内で混合し、その混合液 3 mL をプレートに添加し 6 時間培養した。6 時間経過後に、プレート内の液を除去して Ca²⁺ および Mg²⁺ フリーの Dulbecco のリン酸緩衝液で細胞を洗い、新鮮な培地 5 mL を加えて更に 18 時間培養した。

b 短時間処理法の代謝活性化による場合

細胞播種後 3 日目に、プレートの培養液を除去し、S9 mix 0.5 mL および培養液 2.5 mL の混和液に対し試験液を 30 μ L の割合で試験チューブ内で混合し (S9 の最終濃度約 5 vol%)、その混合液 3 mL をプレートに添加し 6 時間培養した。6 時間経過後に、プレート内の液を除去して Ca^{2+} および Mg^{2+} フリーの Dulbecco のリン酸緩衝液で細胞を洗い、新鮮な培地 5 mL を加えて更に 18 時間培養した。

c 連続処理法の 24-0 h 処理による場合

細胞播種後 3 日目に、プレートの培養液を除去し、培養液 5 mL に対して試験液を 50 μ L の割合で試験チューブ内で混合し、その混合液 5 mL をプレートに添加した。更に、24 時間培養した。

4) 被験物質の析出の有無の確認

試験液による処理の開始時と終了時に、被験物質の析出の有無を目視確認した。

5) 被験物質による培養液 pH への影響の有無の確認

試験液による処理の開始時と終了時に、培養液色の変化の有無を目視確認した。培養液色に変化が認められない場合には、被験物質による培養液 pH への影響は無いものと判断した。培養液色の変化が認められた場合には、pH 試験紙 (東洋濾紙株式会社) で培養液の pH を確認した。

6) 細胞増殖率の測定および 50%細胞増殖抑制濃度 (IC_{50}) の算出

培養終了後、プレート内の液を除去して Ca^{2+} および Mg^{2+} フリーの Dulbecco のリン酸緩衝液で細胞を洗い、10%ホルマリンで約 10~15 分間固定した後、0.1 w/v% クリスタルバイオレットで約 10~15 分間の染色を行った。染色後、水道水を入れた水槽内でプレートを洗浄して風乾させた。陰性対照群のプレートを 100% として、各プレートの細胞増殖率を単層培養細胞密度測定装置 (MONOCELLATER II、東洋測器株式会社) で測定した。細胞増殖率が 50% 以下まで低下した場合には、用量を対数化した回帰計算により 50%細胞増殖抑制濃度 (IC_{50}) を算出した。

(2) 本試験および確認試験

1) 試験群

a 本試験

予備試験の結果、各試験系列で 50% 以上の細胞増殖抑制がみられたことから、各試験系列とも IC_{50} 値より高用量を最高用量とした計 6 あるいは 7 用量を設定した。

b 確認試験

本試験の結果、連続処理法の 24-0 h 処理による場合では、評価最高用量の細胞増殖率が 61.5%と 50%以下とならなかったこと、ならびに連続する高用量では非常に強い細胞毒性がみられ IC_{50} 値付近の用量での評価を行えなかったことから、 IC_{50} 値付近の用量間隔を狭めた計 7 用量による確認試験を実施した。

本試験および確認試験ともに、陽性対照群を除く各群には被験物質の細胞増殖への影響を確認するためのサテライト群 2 枚を加えた 4 枚のプレートを使用し、陽性対照群では 2 枚のプレートを使用した。各プレートには識別番号を明記した。

2) 細胞の播種

8. 試験方法、(1) 予備試験、2) 細胞の播種と同様の方法で実施した。

3) 試験液の処理

a 短時間処理法の代謝活性化によらない場合

8. 試験方法、(1) 予備試験、3) 試験液の処理、a 短時間処理法の代謝活性化によらない場合と同様の方法で実施した。

b 短時間処理法の代謝活性化による場合

8. 試験方法、(1) 予備試験、3) 試験液の処理、b 短時間処理法の代謝活性化による場合と同様の方法で実施した。

c 連続処理法の 24-0 h 処理による場合

8. 試験方法、(1) 予備試験、3) 試験液の処理、c 連続処理法の 24-0 h 処理による場合と同様の方法で実施した。

4) 被験物質の析出の有無の確認

8. 試験方法、(1) 予備試験、4) 被験物質の析出の有無の確認と同様の方法で実施した。

5) 被験物質による培養液 pH への影響の有無の確認

8. 試験方法、(1) 予備試験、5) 被験物質による培養液 pH への影響の有無の確認と同様の方法で実施した。

6) 細胞増殖率の測定

8. 試験方法、(1) 予備試験、6) 細胞増殖率の測定および 50%細胞増殖抑制濃度 (IC_{50}) の算出と同様の方法で実施した。 IC_{50} は算出しなかった。

7) 染色体標本の作製

培養終了の約 2 時間前に、各プレートに最終濃度 0.2 $\mu\text{g/mL}$ のコルセミド(ロット番号 571750、GIBCO)を加えた。培養終了時間に、プレート内の液をそれぞれ遠沈管に回収し、各プレートを 0.02% EDTA-0.25% トリプシン (0.5M EDTA : ロット番号

1390894、GIBCO、2.5%トリプシン：ロット番号 440795 および 690264、GIBCO)で処理して細胞を剥離させ、得られた細胞浮遊液を同上の遠沈管に回収して 1000 rpm で 5 分間遠心分離した。上清を除去し、0.075 mol/L 塩化カリウム（ロット番号 810X1990、関東化学株式会社）を加え、穏やかにピペッティングを繰り返しながら常温で 30 分間放置し細胞を膨満化させた。氷冷したカルノア固定液（メタノール：酢酸＝3：1、メタノール：ロット番号 004W1106 および 110N1127、関東化学株式会社、酢酸：ロット番号 TSN6991 および EPQ3760、和光純薬工業株式会社）を加えて細胞を固定した後、1000 rpm で 5 分間遠心分離して上清を除去し、新しいカルノア固定液を加えた。細胞の固定操作を 3 回繰り返した後、細胞浮遊液をスライドグラス上に滴下し、一夜以上自然乾燥させた。各プレートより、2 枚（細胞毒性により、得られた細胞が少ない用量については 1 枚）の染色体標本を作製した。

各スライドは、2%ギムザ液[ギムザ液：ロット番号 WL188 および KH933、和光純薬工業株式会社、インスタント磷酸緩衝液(pH7.2)：ロット番号 R840(本試験)、株式会社 三菱化学ヤトロンならびに R942(確認試験)、三菱化学メディエンス株式会社]で 20 分間染色し、水洗および風乾の後、封入剤(マリノール、ロット番号 0701201、武藤化学薬品株式会社)で封入した。

8) 染色体標本の観察

標本観察の前に各用量の各プレートにつき 1 枚あるいは 2 枚(分裂中期細胞が少ない場合)の標本を選択してブラインド化した。以下の観察用量を選択した。

a 本試験

短時間処理法の代謝活性化によらない場合では、細胞増殖率が 50%未満で標本の観察が可能な最高用量を高用量とする 5 用量を選択し、短時間処理法の代謝活性化による場合および連続処理法の 24-0 h 処理による場合では観察可能な最高用量を高用量とするそれぞれ 5 用量を選択した。すなわち、短時間処理法の代謝活性化によらない場合では 21.9、43.8、87.5、175 および 233 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の 5 用量を、短時間処理法の代謝活性化による場合では 1.37、2.73、5.47、8.19 および 10.9 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の 5 用量を、連続処理法の 24-0 h 処理による場合では 21.9、43.8、87.5、131 および 175 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の 5 用量を選択した。

b 確認試験

細胞増殖率が 50%未満で標本の観察が可能な最高用量を高用量とする 5 用量である、32.9、65.8、132、164 および 197 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の用量を選択した。

総合倍率 600 倍の顕微鏡(BX51TF、オリンパス株式会社)で、1 枚あたり 100 個の分裂中期像(分裂中期像が少ない場合には観察可能な個数)を選択して観察し、次頁の分

類に従って染色体異常の判定を行った。構造異常については 25 ± 2 本の染色体をもつものを観察対象とした。

①構造異常(structural aberration)

- ・染色分体切断(ctb: chromatid break)

染色分体のはっきりした不連続部分(切断部分)で、不連続部分が染色分体の幅以上である場合、あるいは切断片が染色分体の長軸線上から外れている場合に染色分体切断として判定した。

- ・染色分体交換(cte: chromatid exchange)

染色分体の 2 ヶ所以上の切断部位が相互に交換(結合反応)しているものを染色分体交換として判定した。

- ・染色体切断(csb: chromosome break)

両方の染色分体の同じ位置に切断が生じている場合に、染色体切断として判定した。切断の判定基準は、染色分体切断に準じた。

- ・染色体交換(cse: chromosome exchange)

両方の染色分体の同じ位置で同じ方向に交換が生じている場合に、染色体交換として判定した。

- ・その他(others)

その他の構造異常として、断片化(fragmentation)がある。一つの分裂中期像のほとんど全ての染色体に切断やギャップが現れ、交換型の異常が含まれていない場合に断片化として判定した。

②ギャップ(gap)

染色分体あるいは染色体上に生じた非染色部分(染色性が全くみられない部分)で、非染色部分の幅が染色分体の幅より狭い場合にギャップとして判定した。

③数的異常(numerical aberration)

- ・倍数体(poly: polyploid)

染色体数(25 ± 2)が倍加し、三倍体、四倍体等になったものを倍数体として判定した。

- ・その他(others)

その他の数的異常として核内倍加がある。倍加した染色体が分離せずに平行に並んでいる場合に核内倍加(end: endoreduplication)と判定し、倍数体とは区別し計数した。

9) 観察結果の集計方法

プレート毎に以下に示す細胞出現数を求め、試験群毎にその合計値を算出した。更に、構造異常(1個の細胞に複数の構造異常がある場合にも、構造異常を有する細胞数は1として計数)および数的異常を有する細胞の total について、それぞれ出現率(%)を求めた。出現率(%)は、観察した細胞数(分裂中期像の数)に対する出現数の百分率で算出した。

①構造異常について

- ・ctb: 染色分体切断をもつ細胞数
- ・cte: 染色分体交換をもつ細胞数
- ・csb: 染色体切断をもつ細胞数
- ・csc: 染色体交換をもつ細胞数
- ・others: その他の構造異常をもつ細胞数
- ・total: 何らかの構造異常をもつ細胞数

②ギャップについて

- ・gap: ギャップをもつ細胞数

③数的異常について

- ・poly: 倍数体の細胞数
- ・others: その他の数的異常をもつ細胞数
- ・total: 何らかの数的異常をもつ細胞数

9. 試験結果の評価

構造異常または数的異常の total の出現率(%)が10%以上増加し、その出現様式に用量依存性がみられる場合、あるいは5%以上増加する結果について確認試験により再現性がみられる場合を陽性、それ以外を陰性とし、統計学的手法は用いなかった。

なお、いずれの試験系列にも5%以上の異常細胞の出現はみられなかったことから、D₂₀ 値(細胞の20%に異常が認められる濃度)は算出しなかった。

成 績

1. 予備試験

細胞増殖率の結果を Table 1 および Figure 1 に、被験物質の析出および培養液 pH への影響の結果を Table 1 に示す。

各試験系列で 50% を超える細胞増殖抑制が認められた。IC₅₀ 値は、短時間処理法の代謝活性化によらない場合が 239 µg/mL、短時間処理法の代謝活性化による場合が 13.2 µg/mL および連続処理法の 24-0 h 処理による場合が 171 µg/mL であった。

被験物質の析出が、試験液処理開始時では各試験系列とも 705 µg/mL 以上の用量で、試験液処理終了時では短時間処理法の代謝活性化によらない場合および代謝活性化による場合の 176 µg/mL 以上の用量ならびに連続処理法の 24-0 h 処理による場合の 353 µg/mL 以上の用量で観察された。

被験物質処理による培養液 pH への影響は、いずれの試験系列にも観察されなかった。

2. 本試験

細胞増殖率、被験物質の析出および培養液 pH への影響の結果を Table 2 に、染色体異常誘発性の評価結果を Table 3-1～3-3 に示す。

染色体異常誘発性と同時に評価したサテライト群における細胞増殖への影響の検討では、50% を越える細胞増殖抑制が、短時間処理法の代謝活性化によらない場合では 233 µg/mL 以上の用量、短時間処理法の代謝活性化による場合では 16.4 µg/mL 以上の用量および連続処理法の 24-0 h 処理による場合では 263 µg/mL の用量で認められた。

被験物質の析出が、試験液処理終了時の短時間処理法の代謝活性化によらない場合の 233 µg/mL 以上の用量ならびに連続処理法の 24-0 h 処理による場合の 263 µg/mL の用量で観察された。

被験物質処理による培養液 pH への影響は、いずれの試験系列にも観察されなかった。

染色体の構造異常および数異常の出現率は、短時間処理法の代謝活性化によらない場合(評価用量：21.9～233 µg/mL)、短時間処理法の代謝活性化による場合(評価用量：1.37～10.9 µg/mL)および連続処理法の 24-0 h 処理による場合(評価用量：21.9～175 µg/mL)のいずれの用量においても 5% 未満であった。

陽性対照群の染色体の構造異常の出現率は、短時間処理法の代謝活性化によらない場合が 59.0%、短時間処理法の代謝活性化による場合が 58.5%および連続処理法の 24-0 h 処理による場合が 68.0%であった。

3. 確認試験

細胞増殖率、被験物質の析出および培養液 pH への影響の結果を Table 4 に、染色体異常誘発性の評価結果を Table 5 に示す。

染色体異常誘発性と同時に評価したサテライト群における細胞増殖への影響の検討では、50%を越える細胞増殖抑制が 197 $\mu\text{g/mL}$ 以上の用量で認められた。

被験物質の析出が、試験液処理終了時の 263 $\mu\text{g/mL}$ の用量で観察された。

被験物質処理による培養液 pH への影響は観察されなかった。

染色体の構造異常および数的異常の出現率は(評価用量：32.9~197 $\mu\text{g/mL}$)、いずれの用量においても 5%未満であった。

陽性対照群の染色体の構造異常の出現率は、61.0%であった。

考 察

(2-クロロエチル)ベンゼンの *in vitro* における染色体異常誘発性の有無を、チャイニーズハムスター肺由来細胞 (CHL/IU) を用いて検討した。

本試験(染色体異常試験)用量は、予備試験(細胞増殖抑制試験)の結果に基づき各試験系列とも IC_{50} 値より高用量を最高用量に設定した。本試験の結果、連続処理法の 24-0 h 処理による場合では評価最高用量の細胞増殖率が 50%以下とならなかったこと、ならびに連続する高用量では非常に強い細胞毒性がみられ IC_{50} 値付近の用量での評価を行えなかったことから、 IC_{50} 値付近の用量間隔を狭めた確認試験を実施した。

本試験および確認試験において染色体異常誘発性を検討した結果、各試験系列とも、構造異常および数的異常の出現率は全ての用量で 5%未満であり陰性と判断した。なお、短時間処理法の代謝活性化による場合では、評価最高用量は細胞増殖率が 50%以下となる用量ではなかったものの、細胞増殖率が 48.0%の連続する高用量は細胞毒性により評価不能であり、またその用量との用量比は 1.5 と小さなものであったことから、当該試験系列においても染色体異常誘発性は適切に評価されたものと考えられた。

陽性対照群における染色体の構造異常の出現率は各試験系列において明確な陽性値を示し、本試験系が適切な感受性を有していたことが確認された。

以上のことから、(2-クロロエチル)ベンゼンは、本試験条件において、ほ乳類の培養細胞に対し染色体異常誘発性を有しないと判断した。

参考資料

- 1) オンラインカタログ；東京化成工業株式会社
- 2) 日本化学物質辞書 Web；独立行政法人 科学技術振興機構
- 3) 製品安全データシート(2001 年 1 月 15 日改訂)、東京化成工業株式会社

Table 1 Effects of (2-chloroethyl)benzene on growth rate of CHL/IU with or without metabolic activation (preliminary test) (SR08202)

Growth rate (% to the control)				
Group	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)	S9-	S9+	S9-
		6-18 h (Mean)	6-18 h (Mean)	24-0 h (Mean)
Control ^a	–	100 , 100 (100.0)	100 , 100 (100.0)	100 , 100 (100.0)
(2-Chloroethyl)benzene	5.51	110 , 99 (104.5)	86 , 94 (90.0)	105 , 96 (100.5)
	11.0	94 , 98 (96.0)	62 , 56 (59.0)	93 , 85 (89.0)
	22.0	97 , 96 (96.5)	27 , 26 (26.5)	92 , 85 (88.5)
	44.1	99 , 90 (94.5)	28 , 22 (25.0)	92 , 80 (86.0)
	88.1	98 , 97 (97.5)	33 , 24 (28.5)	96 , 81 (88.5)
	176	81 ⁺ , 75 ⁺ (78.0)	26 ⁺ , 24 ⁺ (25.0)	51 , 36 (43.5)
	353	15 ⁺ , 14 ⁺ (14.5)	22 ⁺ , 18 ⁺ (20.0)	11 ⁺ , 16 ⁺ (13.5)
	705	19 [*] , 18 [*] (18.5)	20 [*] , 24 [*] (22.0)	13 [*] , 15 [*] (14.0)
	1410	15 [*] , 14 [*] (14.5)	30 [*] , 22 [*] (26.0)	21 [*] , 18 [*] (19.5)
IC ₅₀ ($\mu\text{g/mL}$)		239	13.2	171

a : Dimethyl sulfoxide

* : Precipitation at the beginning and end of treatment

+ : Precipitation at the end of treatment

Change of pH in culture medium was not observed .

The figure in parentheses represents mean value of two plates.

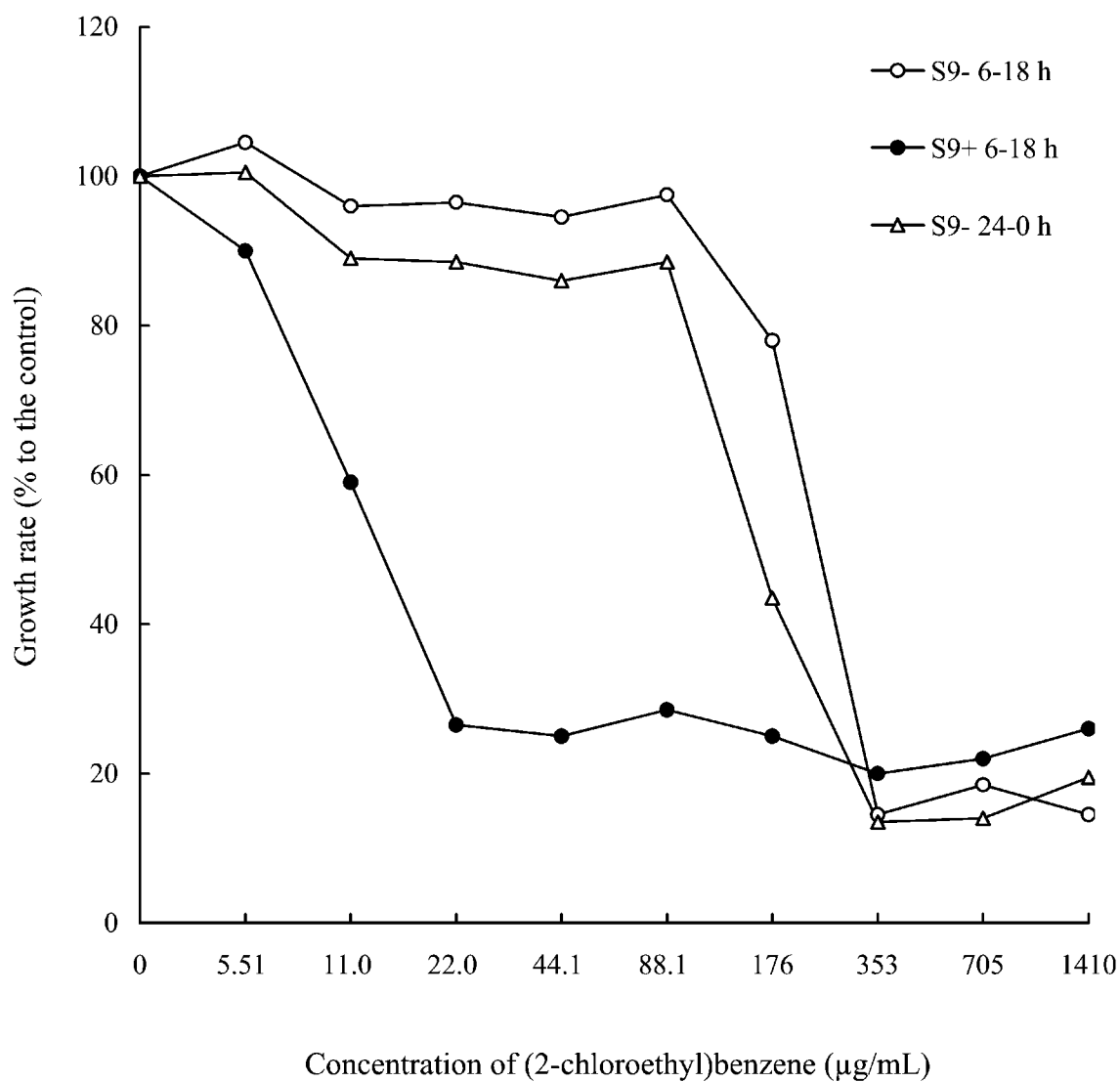


Figure 1 Effects of (2-chloroethyl)benzene on growth rate of CHL/IU with or without metabolic activation (preliminary test) (SR08202)

Each point represents mean value (n=2).

Table 2 Effects of (2-chloroethyl)benzene on growth rate of CHL/IU with or without metabolic activation (chromosomal aberration test) (SR08202)

Growth rate (% to the control)				
Group	Concentration (µg/mL)	S9-	S9+	S9-
		6-18 h (Mean)	6-18 h (Mean)	24-0 h (Mean)
Control ^a	–	100 , 100 (100.0)	100 , 100 (100.0)	100 , 100 (100.0)
(2-Chloroethyl)benzene	1.37	-	98 , 100 (99.0)	-
	2.73	-	95 , 87 (91.0)	-
	5.47	-	94 , 86 (90.0)	-
	8.19	-	70 , 70 (70.0)	-
	10.9	-	65 , 63 (64.0)	-
	16.4	-	45 , 51 (48.0)	-
	21.9	99 , 97 (98.0)	43 , 43 (43.0)	95 , 93 (94.0)
	43.8	100 , 106 (103.0)	-	94 , 91 (92.5)
	87.5	95 , 96 (95.5)	-	84 , 77 (80.5)
	131	-	-	74 , 75 (74.5)
	175	81 , 86 (83.5)	-	60 , 63 (61.5)
	233	44 *, 47 * (45.5)	-	-
	263	-	-	17 *, 21 * (19.0)
	292	24 *, 19 * (21.5)	-	-
	350	16 *, 17 * (16.5)	-	-

a : Dimethyl sulfoxide

* : Precipitation at the end of treatment

Change of pH in culture medium was not observed .

The figure in parentheses represents mean value of two plates.

- : Blank

Table 3-1 Results of the chromosomal aberration test of (2-chloroethyl)benzene (6 hours treatment without metabolic activation) (SR08202)

Time schedule ^a (hours)	S9	Group	Concentration (μg/mL)	Growth rate (%)	Number of metaphase observed	Structural aberrations						Gap	Numerical aberrations			Judgment ^c
						ctb	cte	csb	cse	others	total (%)		poly	others	total (%)	
6-18	-	Control ^b	—	100.0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
					200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	1	0	1 (0.5)	
		(2-Chloroethyl)benzene	21.9	98.0	100	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	-
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	2	0	2 (1.0)	
			43.8	103.0	100	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
					200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	3	0	3 (1.5)	
			87.5	95.5	100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
					100	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
					200	0	0	1	0	0	1 (0.5)	0	1	0	1 (0.5)	
			175	83.5	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	0	0	0 (0.0)	
			233	45.5	28	1	0	0	0	0	1	0	2	0	2	
					39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					100	0	1	0	0	0	1	0	1	1	2	
					66	0	0	0	0	0	0	0	3	1	4	
					233	1	1	0	0	0	2 (0.9)	0	6	2	8 (3.4)	
			292	21.5	Toxic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			350	16.5	Toxic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mitomycin C	0.1		100	6	55	1	2	0	61	0	0	0	0	+
					100	10	50	0	0	0	57	0	0	0	0	
					200	16	105	1	2	0	118 (59.0)	0	0	0	0 (0.0)	

ctb, chromatid break cte, chromatid exchange csb, chromosome break cse, chromosome exchange poly, polyploid

a : Time schedule ; treatment time-recovery time

b : Dimethyl sulfoxide

c : Judgment was made according to the total (%) of structural aberrations and numerical aberration ; -, negative +, positive

- : Blank

Table 3-2 Results of the chromosomal aberration test of (2-chloroethyl)benzene (6 hours treatment with metabolic activation) (SR08202)

Time schedule ^a (hours)	S9	Group	Concentration (µg/mL)	Growth rate (%)	Number of metaphase observed	Structural aberrations						Gap	Numerical aberrations			Judgment ^c
						ctb	cte	csb	cse	others	total (%)		poly	others	total (%)	
6-18	+	Control ^b	—	100.0	100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	—
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		(2-Chloroethyl)benzene	1.37	99.0	200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	1	0	1 (0.5)	—
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
					100	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
			2.73	91.0	200	0	1	0	0	0	1 (0.5)	0	1	0	1 (0.5)	
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
			5.47	90.0	200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	2	0	2 (1.0)	
					100	1	0	0	0	0	1	0	2	0	2	
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
			8.19	70.0	200	1	0	0	0	0	1 (0.5)	0	3	0	3 (1.5)	
					100	0	1	0	0	0	1	0	2	0	2	
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
			10.9	64.0	200	0	1	0	0	0	1 (0.5)	0	3	0	3 (1.5)	
					100	1	0	0	0	0	1	0	3	0	3	
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
			16.4	48.0	200	1	0	0	0	0	1 (0.5)	0	3	1	4 (2.0)	
					Toxic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			21.9	43.0	Toxic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					Toxic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Benzo[a]pyrene	10		100	5	45	0	1	0	50	0	1	1	2	+
					100	13	58	0	1	0	67	0	0	0	0	
					200	18	103	0	2	0	117 (58.5)	0	1	1	2 (1.0)	

ctb, chromatid break cte, chromatid exchange csb, chromosome break csc, chromosome exchange poly, polyploid

a : Time schedule ; treatment time-recovery time

b : Dimethyl sulfoxide

c : Judgment was made according to the total (%) of structural aberrations and numerical aberration ; —, negative +, positive

- : Blank

Table 3-3 Results of the chromosomal aberration test of (2-chloroethyl)benzene (24 hours treatment without metabolic activation) (SR08202)

Time schedule ^a (hours)	S9	Group	Concentration (μg/mL)	Growth rate (%)	Number of metaphase observed	Structural aberrations						Gap	Numerical aberrations			Judgment ^c
						ctb	cte	csb	cse	others	total (%)		poly	others	total (%)	
24-0	-	Control ^b	—	100.0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
					200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	1	0	1 (0.5)	
		(2-Chloroethyl)benzene	21.9	94.0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	0	0	0 (0.0)	
			43.8	92.5	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	0	0	0 (0.0)	
			87.5	80.5	100	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
					200	1	0	0	0	0	1 (0.5)	0	1	0	1 (0.5)	
			131	74.5	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	0	0	0 (0.0)	
			175	61.5	100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	
					200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	2	1	3 (1.5)	
			263	19.0	Toxic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mitomycin C	0.05		100	11	60	0	0	0	64	0	0	0	0	+
					100	17	57	2	1	0	72	0	0	0	0	
					200	28	117	2	1	0	136 (68.0)	0	0	0	0 (0.0)	

ctb, chromatid break cte, chromatid exchange csb, chromosome break cse, chromosome exchange poly, polyploid

a : Time schedule ; treatment time-recovery time

b : Dimethyl sulfoxide

c : Judgment was made according to the total (%) of structural aberrations and numerical aberration ; -, negative +, positive

- : Blank

Table 4 Effects of (2-chloroethyl)benzene on growth rate of CHL/IU without metabolic activation (confirmatory test) (SR08202)

Growth rate (% to the control)		
Group	Concentration (µg/mL)	S9- 24-0 h (Mean)
Control ^a	—	100 , 100 (100.0)
(2-Chloroethyl)benzene	32.9	102 , 99 (100.5)
	65.8	89 , 98 (93.5)
	132	88 , 88 (88.0)
	164	82 , 78 (80.0)
	197	44 , 44 (44.0)
	230	15 , 11 (13.0)
	263	4 *, 3 * (3.5)

a : Dimethyl sulfoxide

* : Precipitation at the end of treatment

Change of pH in culture medium was not observed .

The figure in parentheses represents mean value of two plates.

Table 5 Results of the chromosomal aberration test of (2-chloroethyl)benzene (24 hours treatment without metabolic activation,confirmatory test) (SR08202)

Time schedule ^a (hours)	S9	Group	Concentration (µg/mL)	Growth rate (%)	Number of metaphase observed	Structural aberrations						Gap	Numerical aberrations			Judgment ^c
						ctb	cte	csb	cse	others	total (%)		poly	others	total (%)	
24-0	-	Control ^b	—	100.0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		(2-Chloroethyl)benzene	32.9	100.5	200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	0	0	0 (0.0)	-
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			65.8	93.5	200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	0	0	0 (0.0)	
					100	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
			132	88.0	200	1	0	0	0	0	1 (0.5)	0	2	0	2 (1.0)	
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			164	80.0	200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	0	0	0 (0.0)	
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			197	44.0	200	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	0	0	0 (0.0)	
					100	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
					100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
					200	1	0	0	0	0	1 (0.5)	0	1	0	1 (0.5)	
			230	13.0	Toxic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			263	3.5	Toxic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mitomycin C	0.05		100	9	55	2	2	0	57	2	0	0	0	+
					100	11	58	0	3	0	65	0	0	0	0	
					200	20	113	2	5	0	122 (61.0)	2	0	0	0 (0.0)	

ctb, chromatid break cte, chromatid exchange csb, chromosome break cse, chromosome exchange poly, polyploid

a : Time schedule ; treatment time-recovery time

b : Dimethyl sulfoxide

c : Judgment was made according to the total (%) of structural aberrations and numerical aberrations ; -, negative +, positive

- : Blank