

最終報告書

表 題：ジペンタメチレンチウラムテトラスルフィドの細菌を用いる
復帰突然変異試験

試験番号：SR05359

株式会社 化合物安全性研究所

目 次

	頁
表紙	1
目次	4
要約	8
緒言	10
材料および方法	10
成績	19
考察	20

Tables

Table 1	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA100, TA1535, TA98, TA1537 and <i>Escherichia coli</i> WP2uvrA without metabolic activation (dose-finding test) (SR05359)	22
Table 2	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA100, TA1535, TA98, TA1537 and <i>Escherichia coli</i> WP2uvrA with metabolic activation (dose-finding test) (SR05359)	23
Table 3	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA100, TA1535, TA98 and TA1537 without metabolic activation (dose-finding test, confirmatory test) (SR05359)	24
Table 4-1	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA100, TA1535, TA98 and TA1537 without metabolic activation (main test) (SR05359)	25
Table 4-2	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Escherichia coli</i> WP2uvrA without metabolic activation (main test) (SR05359)	26

Table 5	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA100, TA1535, TA98, TA1537 and <i>Escherichia coli</i> WP2 _{uvrA} with metabolic activation (main test) (SR05359) ······	27
---------	---	----

Figures

Figure 1-1	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA100 without metabolic activation (dose-response curves) (SR05359) ···	28
Figure 1-2	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA100 with metabolic activation (dose-response curves) (SR05359) ·····	29
Figure 2-1	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA1535 without metabolic activation (dose-response curves) (SR05359) ···	30
Figure 2-2	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA1535 with metabolic activation (dose-response curves) (SR05359) ·····	31
Figure 3-1	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Escherichia coli</i> WP2 _{uvrA} without metabolic activation (dose-response curves) (SR05359) ······	32
Figure 3-2	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Escherichia coli</i> WP2 _{uvrA} with metabolic activation (dose-response curves) (SR05359) ······	33
Figure 4-1	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA98 without metabolic activation (dose-response curves (SR05359)) ····	34
Figure 4-1	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA98 with metabolic activation (dose-response curves) (SR05359) ······	35
Figure 5-1	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA1537 without metabolic activation (dose-response curves) (SR05359) ···	36
Figure 5-2	Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in <i>Salmonella typhimurium</i> TA1537 with metabolic activation (dose-response curves) (SR05359) ·····	37

要 約

ジペンタメチレンチウラムテトラスルフィドの細菌における遺伝子突然変異誘発性を検討する目的で、*Salmonella typhimurium* TA100、TA1535、TA98、TA1537 および *Escherichia coli* WP2uvrA を用いる復帰突然変異試験を実施した。試験は代謝活性化系 S9 mix の非存在下(直接法)ならびに存在下(代謝活性化法)において、プレインキュベーション法で実施した。

用量設定試験では、被験物質の最高用量を 5000 µg/plate とし、以下公比約 3 で低下させた計 7 用量(5~5000 µg/plate)を設定した。また、用量設定試験の確認試験では、*S. typhimurium* TA100、TA1535、TA98 および TA1537 の直接法につき、被験物質の最高用量を 50 µg/plate とし、以下公比約 3 で低下させた計 7 用量(0.05~50 µg/plate)を設定した。試験の結果、各試験系列いずれにおいても、被験物質処理群の復帰変異コロニー数の平均値は陰性対照群の 2 倍未満であり、用量の増加に伴う復帰変異コロニーの増加もみられなかった。生育阻害が、*S. typhimurium* TA100、TA1535、TA98 および TA1537 の直接法の 15 あるいは 50 µg/plate 以上の用量で観察された。被験物質の析出が、各試験系列の 150 µg/plate 以上の用量で観察された。

本試験では、直接法については被験物質の最高用量を 50 あるいは 500 µg/plate とし、以下公比 2 で低下させた計 7 用量(0.781~50 µg/plate, 7.81~500 µg/plate)を設定した。代謝活性化法については、被験物質の最高用量を 500 µg/plate とし、以下公比 2 で低下させた計 7 用量(7.81~500 µg/plate)を設定した。試験の結果、各試験系列のいずれの菌株においても、被験物質処理群の復帰変異コロニー数の平均値は陰性対照群の値の 2 倍未満であり、用量の増加に伴う復帰変異コロニーの増加もみられなかった。生育阻害が、*S. typhimurium* TA100、TA1535、TA98 および TA1537 の直接法の高用量で観察された。被験物質の析出が、各試験系列の 125 µg/plate 以上の用量で観察された。

用量設定試験および本試験のいずれにおいても、各菌株の陰性対照群の復帰変異コロニー数の平均値は全て試験施設の背景データに基づく管理値の範囲内であった。また、各菌株の陽性対照群の復帰変異コロニー数の平均値は、それぞれにおける陰性対照群の値の 2 倍以上の明確な増加を示した。これらの結果から、各菌株が変異原物質に対し適切な感度を有していたことが確認された。

以上のことから、ジペンタメチレンチウラムテトラスルフィドは、当該試験条件下において試験菌株に対する遺伝子突然変異誘発性を有しないと判断した。

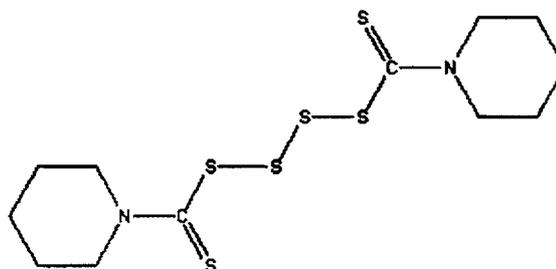
緒言

ジペンタメチレンチウラムテトラスルフィドの細菌における遺伝子突然変異誘発性を、*Salmonella typhimurium* TA100、TA1535、TA98、TA1537 および *Escherichia coli* WP2uvrA を用いる復帰突然変異試験により検討した。試験は、代謝活性化系 S9 mix の非存在下(直接法)ならびに存在下(代謝活性化法)において、プレインキュベーション法で実施した。

材料および方法

1. 被験物質

名称	: ジペンタメチレンチウラムテトラスルフィド
英名	: Dipentamethylenethiuram tetrasulfide Bis(piperidinothiocarbonyl) tetrasulfide Bis(pentamethylenethiocarbonyl) tetrasulfide Bis(pentamethylene)thiuram tetrasulfide 1,1'-(tetrathiodicarbonothioyl)-bis-piperidine
別名	: ビス[ピペリジノ(チオカルボニル)]=テトラスルフィド
CAS No.	: 120-54-7
官報公示整理番号	: 5-793
構造式	:



分子式	: $C_{12}H_{20}N_2S_6$
分子量	: 384.69

物理化学的性質 : 外観 ; 淡黄白色粉末
臭い ; 無臭
融点 ; 116.1°C、96-98°C、>105°C
引火点 ; 150°C (クリーブランド開放式)、143°C (セタ密閉式)
比重 ; 1.50
溶解性 ; 水にほんのわずかに溶ける。メタノール、アセトンおよびトルエンにわずかに溶ける。
試験施設において、蒸留水、ジメチルスルホキシドおよびアセトンに対する溶解性ならびに 0.5%カルボキシメチルセルロースナトリウム溶液による懸濁調製について確認した。確認内容を、2. 被験物質の調製(12頁)に記載した。

純度 : 98.75% (HPLC、試験施設における測定、Appendix 1)

不純物の名称およびその濃度 : 不明

入手量 : 500 g (関連試験と共通)

安定性 : 通常の実験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を行い、被験物質の安定性について確認した(Appendix 2)。

保存場所 : 検体保存室および変異原性試験室

保存条件 : 冷蔵(実測範囲 ; 1~10°C)

保存期間 : 2006年12月13日(受入)~2008年3月25日(最終使用日)

取扱上の注意 : 吸い込んだり、目、皮膚および衣類に触れないように、適切な保護具を着用した。

残余被験物質の処置 : 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

試験施設における溶解性確認において、被験物質は蒸留水(日本薬局方注射用水)に溶解ならびに懸濁せず、ジメチルスルホキシドには 50 mg/mL の濃度で分散したが静置により沈殿した。アセトンには 250 mg/mL 濃度で、また、0.5%カルボキシメチルセルロースナトリウム溶液には 50 mg/mL の濃度で懸濁可能であった。いずれの溶媒においても被験物質との反応性はみられなかった。以上のことから、ジメチルスルホキシド溶液は均一な状態での分取に難があることから、溶媒としてアセトンを選択した。

被験物質を精秤し、アセトンを用いて懸濁ならびに希釈し、所定の濃度に調製した。

用量設定試験では、200 mg/mL 調製液からアセトンを用いて公比約 3 で段階希釈し、60、20、6、2、0.6 および 0.2 mg/mL 調製液を調製した。

用量設定試験の確認試験では、20 mg/mL 調製液からアセトンを用いて公比約 3 で段階希釈し、6、2、0.6、0.2、0.06、0.02、0.006 および 0.002 mg/mL 調製液を調製した。

本試験では、20 mg/mL 調製液からアセトンを用いて公比 2 で段階希釈し、10、5、2.5、1.25、0.625 および 0.313 調製液と 2、1、0.5、0.25、0.125、0.0625 および 0.0313 mg/mL 調製液を調製した。

調製液の安定性では、用量設定試験、用量設定試験(確認試験)および本試験ともに、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、用量設定試験は調製後 2.3 時間以内に、用量設定試験の確認試験は調製後 1.0 時間以内に、本試験は調製後 2.5 時間以内に試験に使用した。

調製液はクリーンベンチ内で用時に調製し、調製に際してはマスクおよび手袋を着用し、吸引したり皮膚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、被験物質の調製媒体であるアセトン(ロット番号 ASG7188、和光純薬工業株式会社)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。

4. 陽性対照物質およびその調製

陽性対照物質として、次頁の表の既知変異原物質を使用した。これらの陽性対照物質は、遮光および冷所(2~8°C設定)で保存した。

陽性対照物質は、含量補正をせずにそれぞれ次頁の表の濃度に調製し、分注後-20°C以下で凍結保存したものを解凍後 1.9 時間以内に使用した。調製液は、調製日より 5 ヶ月以内(使用期限：調製後 1 年)に使用した。

陽性対照物質	調製濃度	調製媒体
2-(2-フリル)-3-(5-ニトロ-2-フリル)アクリルアミド(含量 98.3%) ロット番号 SDJ4376 和光純薬工業株式会社	0.1 および 1 µg/mL	ジメチルスルホキシド ロット番号 VV035 株式会社同仁化学研究所
アジ化ナトリウム(純度 99.8%) ロット番号 SDH6348 和光純薬工業株式会社	5 µg/mL	日本薬局方注射用水 ロット番号 7F74 株式会社大塚製薬工場
9-アミノアクリジン塩酸塩水和物 (含量 99.9%) ロット番号 S32398-347 Sigma-Aldrich Corporation	800 µg/mL	ジメチルスルホキシド ロット番号 VV035 株式会社同仁化学研究所
2-アミノアントラセン(含量 97.2%) ロット番号 TSP5974 和光純薬工業株式会社	5、10、20 およ び 100 µg/mL	ジメチルスルホキシド ロット番号 VV035 株式会社同仁化学研究所

5. 試験菌株

試験には、*Salmonella typhimurium* TA100、TA1535、TA98、TA1537 ならびに *Escherichia coli* WP2uvrA を使用した。これらの菌株は、1991年10月18日に国立衛生試験所(現 国立医薬品食品衛生研究所)より分与された。また、これらの菌株は遺伝毒性を有する化学物質の検索に適した細菌として広く受け入れられていることから選択した。

各菌株は、培養液 8 mL に対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) 0.7 mL を加え、試験チューブに分注後-80℃以下で凍結保存した。供試菌株と同時に凍結保存した菌株を用いて、菌株の特性(アミノ酸要求性、膜変異 *rfa* 特性、紫外線感受性および薬剤耐性)ならびに陰性対照物質および陽性対照物質に対する感受性の検査を行い、これらの特性が正常に保持されていることが確認された菌株を試験に使用した。

6. 培地

(1) 前培養用培地

前培養用のニュートリエントブロス培地として、ニュートリエントブロス(OXOID NUTRIENT BROTH No. 2、ロット番号 298714、OXOID LTD.)を日本薬局方注射用水(ロット番号 7D94:用量設定試験ならびに 7F74:用量設定試験の確認試験および本試験、株式会社大塚製薬工場)を用いて 25 g/L に調製した。*S. typhimurium* TA98 および TA100

の培地には、使用時にアンピシリンナトリウム(ロット番号 M3F9025、ナカライテスク株式会社)を 25 µg/mL となるように添加した。

(2) 試験用培地(最少グルコース寒天培地)

試験用培地として使用した最少グルコース寒天培地(バイタルメディア AMT-0 培地、ロット番号 DZL8B901、2007 年 11 月 9 日製造、極東製薬工業株式会社)1000 mL 中の組成は次表の通りである。

試験用培地 1000 mL 中の組成	
硫酸マグネシウム・7 水塩	0.2 g
クエン酸・1 水塩	2.0 g
リン酸二カリウム・無水塩	10.0 g
リン酸一アンモニウム	1.92 g
水酸化ナトリウム	0.66 g
ブドウ糖	20.0 g
寒天末[OXOID AGAR No. 1、ロット番号 994025-02]	15.0 g

(3) 重層用培地

次表の組成のソフトアガーおよびアミノ酸溶液を蒸留水を用いて調製し、使用時に (A) : (B) = 10:1 の容量比で混合した。*S. typhimurium* には L-ヒスチジンおよび D-ビオチンのアミノ酸溶液を、*E. coli* には L-トリプトファンのアミノ酸溶液を使用した。

重層用培地の組成	
(A) ソフトアガー	
Bacto™ Agar (ロット番号 6228088、Becton, Dickinson and Company)	0.6 %
塩化ナトリウム (ロット番号 611F1714、関東化学株式会社)	0.5 %
(B) アミノ酸溶液	
L-ヒスチジンおよび D-ビオチン溶液 (L-ヒスチジン、ロット番号 ASP6644、和光純薬工業株式会社) (D-ビオチン、ロット番号 LTH5667、和光純薬工業株式会社)	各々 0.5 mmol/L
または	
L-トリプトファン溶液 (L-トリプトファン、ロット番号 ASG2385、和光純薬工業株式会社)	0.5 mmol/L

7. S9 mix

S9 mix は、S9(ロット番号 RAA-570、2007 年 12 月 21 日製造、キッコーマン株式会社)、S9 mix 用 Cofactor [Cofactor-I、ロット番号 999703、オリエンタル酵母工業株式会社]

および日本薬局方注射用水(ロット番号 7F74、株式会社大塚製薬工場)を用いて用時調製した。

S9 は、購入後-80℃以下で保存し、製造日より4ヵ月以内(使用期限：製造後6ヵ月)に使用した。このS9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された。

S9 mix 1 mL中の組成は次表の通りである。

S9 mix 1 mL中の組成	
S9	0.1 mL
塩化マグネシウム	8 μmol
塩化カリウム	33 μmol
グルコース-6-リン酸	5 μmol
還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸(NADPH)	4 μmol
還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NADH)	4 μmol
リン酸ナトリウム緩衝液、pH 7.4	100 μmol

8. 試験群

(1) 用量設定試験

各菌株につき代謝活性化系 S9 mix の非存在下(直接法)および存在下(代謝活性化法)で試験を実施した。

直接法および代謝活性化法ともに被験物質の最高用量を5000 μg/plateとし、以下公比約3で用量を低下させた計7用量の試験群(5000、1500、500、150、50、15および5 μg/plate)を設定した。

(2) 用量設定試験(確認試験)

用量設定試験において、*S. typhimurium* TA100、1535、98 および 1537につき、直接法の15あるいは50 μg/plate以上と低用量から生育阻害が観察されたため、これらの試験系列について、用量設定試験の確認試験を直接法で実施した。

被験物質の最高用量を50 μg/plateとし、以下公比約3で用量を低下させた計7用量の試験群(50、15、5、1.5、0.5、0.15および0.05 μg/plate)を設定した。

(3) 本試験

各菌株につき直接法および代謝活性化法で試験を実施した。

直接法では、*S. typhimurium* TA100、1535、98 および 1537については、用量設定試験の確認試験の結果、15あるいは50 μg/plate以上の用量で生育阻害が観察されたことから、本試験では、被験物質の最高用量を50 μg/plateとし、以下公比2で低下させた計7用量(0.781~50 μg/plate)を設定した。直接法の*E. coli* WP2uvrA および代

謝活性化法の各菌株については、用量設定試験の結果、生育阻害は観察されなかったが、150 µg/plate 以上で被験物質の析出が観察されたことから、本試験では、被験物質の最高用量を 500 µg/plate とし、以下公比 2 で低下させた計 7 用量(7.81~500 µg/plate)を設定した。

(4) 陰性対照群および陽性対照群

用量設定試験、用量設定試験の確認試験および本試験いずれにおいても、試験系列毎に陰性対照群(アセトン)および次表の陽性対照群を設定した。

供試菌株	陽性対照物質 (用量: µg/plate)	
	直接法	代謝活性化法
<i>S. typhimurium</i> TA100	AF-2 (0.01)	2-AA (1)
<i>S. typhimurium</i> TA1535	NaN ₃ (0.5)	2-AA (2)
<i>E. coli</i> WP2uvrA	AF-2 (0.01)	2-AA (10)
<i>S. typhimurium</i> TA98	AF-2 (0.1)	2-AA (0.5)
<i>S. typhimurium</i> TA1537	9-AA (80)	2-AA (2)

AF-2 : 2-(2-フリル)-3-(5-ニトロ-2-フリル)アクリルアミド

NaN₃ : アジ化ナトリウム、 9-AA : 9-アミノアクリジン塩酸塩一水和物

2-AA : 2-アミノアントラセン

(5) プレート数およびプレートの識別

プレート数は、各試験群ともに 3 枚とした。

プレートには、識別のための試験番号および試験群を記載したラベルを貼付した。

9. 試験方法

(1) 試験菌株の前培養

容量約 40 mL の L 字管に前培養用培地(ニュートリエントブロス培地)12 mL を入れ、解凍した保存菌を 12 µL 接種し、37°C、振幅 40 mm、振盪速度 100 回/分に設定した振盪恒温槽(Personal-11・EX、タイテック株式会社)で 10 時間の往復振盪培養を行った。なお、菌株の接種後、L 字管は振盪培養開始まで冷却(氷冷)した。培養終了時に、得られた菌培養液の OD_{660nm} を比色計(mini photo 518、タイテック株式会社)で測定し、各菌株の生菌数-OD_{660nm} 相関式より生菌数を算出した。生菌数が 1×10⁹ cells/mL より多く、十分に菌が生育していることが確認された菌培養液を試験に使用した。

各培養液の生菌数(計算値)は次頁の表の通りであった。

供試菌株	生菌数(計算値)($\times 10^9$ cells/mL)		
	用量設定試験	用量設定試験(確認試験)	本試験
<i>S. typhimurium</i> TA100	3.06	2.68	2.77
<i>S. typhimurium</i> TA1535	3.52	3.21	3.21
<i>E. coli</i> WP2uvrA	4.32	-	3.81
<i>S. typhimurium</i> TA98	3.06	2.97	2.97
<i>S. typhimurium</i> TA1537	1.97	1.81	1.81

(2) 被験物質および対照物質調製液の処理

被験物質および対照物質調製液の処理は、プレインキュベーション法で行った。すなわち、蓋付きのポリエチレン製チューブ(5 mL 容量)を使用して、被験物質調製液および陰性対照物質の 25 μ L あるいは陽性対照物質の 0.1 mL に、直接法の場合は 0.1 mol/L Na-リン酸緩衝液(pH 7.4) 0.5 mL を、代謝活性化法の場合は S9 mix 0.5 mL を混合し、更に菌培養液 0.1 mL を加えて 37°C で 20 分間振盪培養(プレインキュベーション)した。プレインキュベーション終了後、*S. typhimurium* には 0.05 mmol/L L-ヒスチジンおよび 0.05 mmol/L D-ビオチンを含む重層用培地を、*E. coli* には 0.05 mmol/L L-トリプトファンを含む重層用培地を 2 mL 加えて混和し、最少グルコース寒天培地に重層した。平坦な場所で重層用培地を固化させた後、37°C に設定したインキュベーター(MIR-262: 三洋電機バイオメディカ株式会社)で 48~50 時間の静置培養を行った。

試験実施の都度、試験に使用した被験物質の最高濃度調製液および S9 mix について、無菌試験を実施した。

(3) 観察

各菌株の陰性対照群、被験物質処理群および陽性対照群について、プレートでの生育阻害の有無を実体顕微鏡(SZ6045TR、オリンパス光学工業株式会社)で確認するとともに、被験物質処理群について、プレートでの被験物質の析出の有無を目視確認した。次に、各菌株の陰性対照群、被験物質処理群および陽性対照群の各プレートについて、コロニーアナライザー(CA-11D、システムサイエンス株式会社)を用いて復帰変異コロニー数の計測を行った。

菌株の生育阻害の有無の判定は標準操作手順書に基づき以下の基準(0~4)で行い、基準 1 以上を生育阻害有りとした。

0: 生育阻害が認められない。

微細なバックグラウンドコロニー(50 倍程度の倍率で観察可能)が培地一面に観察され、陰性対照群のバックグラウンドコロニーとの差が認められない場合。

1：わずかな生育阻害が認められる。

陰性対照群に比べ、バックグラウンドコロニー数が減少して個々のコロニーの大きさが大きくなっている場合。

2：中程度の生育阻害が認められる。

隆起した大きな復帰変異コロニーと、平坦で小さなバックグラウンドコロニーが並存している場合。

3：強い生育阻害が認められる。

バックグラウンドコロニーが復帰変異コロニーと同程度の大きさまで成長し、両者の判別が困難である場合。

4：生存菌が全く認められない。

(4) 観察結果の集計方法

各試験群の復帰変異コロニー数の平均値±標準偏差を求めた。

10. 試験結果の評価

(1) 試験系の感度確認

各菌株の陰性対照群の復帰変異コロニー数の平均値が、それぞれ試験施設の背景データに基づく管理値の範囲内であり、かつ、各菌株の陽性対照群の復帰変異コロニー数の平均値が陰性対照群の値の2倍以上である場合に、試験系が適切な感度を有しているものと判断した。

(2) 試験結果の判定基準

被験物質処理群の復帰変異コロニー数の平均値が陰性対照群の値の2倍以上となり、かつ用量の増加にともなう復帰変異コロニー数の増加が、再現性を持って認められた場合に陽性であるとした。試験結果の判定にあたって、統計学的手法は用いなかった。

成 績

用量設定試験の復帰変異コロニー数の計測結果を Table 1 および 2 に、用量設定試験の確認試験の復帰変異コロニー数の計測結果を Table 3 に、本試験の復帰変異コロニー数の計測結果を Table 4-1~5 に示す。また、用量設定試験、用量設定試験の確認試験および本試験における被験物質用量と復帰変異コロニー数の用量-反応曲線を Figure 1-1~5-2 に示す。

用量設定試験(5~5000 µg/plate)およびその確認試験(0.05~50 µg/plate)の結果、いずれの菌株においても、被験物質処理群の復帰変異コロニー数の平均値は陰性対照群の 2 倍未満であり、用量の増加に伴う復帰変異コロニーの増加もみられなかった。生育阻害が、*S. typhimurium* TA100、TA1535、TA98 および TA1537 の直接法の 15 あるいは 50 µg/plate 以上の用量で観察された。被験物質の析出が、直接法および代謝活性化法の 150 µg/plate 以上の用量で観察された。

本試験(0.781~50 µg/plate : *S. typhimurium* TA100、TA1535、TA98 および TA1537 の直接法、7.81~500 µg/plate : *E. coli* WP2uvrA の直接法およびすべての菌株の代謝活性化法)の結果、いずれの菌株においても、被験物質処理群の復帰変異コロニー数の平均値は陰性対照群の 2 倍未満であり、用量の増加に伴う復帰変異コロニーの増加もみられなかった。生育阻害が、*S. typhimurium* TA100、TA1535、TA98 および TA1537 の直接法の 12.5 あるいは 25 µg/plate 以上の用量で観察された。被験物質の析出が、*E. coli* WP2uvrA の直接法の 125 µg/plate 以上の用量およびすべての菌株の代謝活性化法の 125 µg/plate 以上の用量で観察された。

用量設定試験、用量設定試験の確認試験および本試験いずれにおいても、各菌株の陰性対照群の復帰変異コロニー数の平均値は、全て試験施設の背景データに基づく管理値(Appendix 3)の範囲内であり、また、陽性対照群の復帰変異コロニー数の平均値は、全て陰性対照群の値の 2 倍以上であった。

用量設定試験、用量設定試験の確認試験および本試験いずれの無菌試験においても、被験物質調製液の最高濃度および S9 mix に雑菌の混入はみられなかった。

考 察

ジペンタメチレンチウラムテトラスルフィドの細菌における遺伝子突然変異誘発性の有無を、*S. typhimurium* TA100、TA1535、TA98、TA1537 および *E. coli* WP2uvrA を用いる復帰突然変異試験により検討した。

用量設定試験は、被験物質の最高用量を 5000 µg/plate とし、以下公比約 3 で用量を低下させた計 7 用量の試験群で実施した。また用量設定試験の確認試験は、*S. typhimurium* TA100、TA1535、TA98 および TA1537 につき、被験物質の最高用量を 50 µg/plate とし、以下公比約 3 で用量を低下させた計 7 用量の試験群で実施した。本試験は、用量設定試験および用量設定試験の確認試験の結果に基づき、被験物質の最高用量を 50 あるいは 500 µg/plate とし、以下公比 2 で用量を低下させた計 7 用量の試験群で実施した。

試験の結果、用量設定試験、用量設定試験の確認試験および本試験ともに、各菌株の直接法および代謝活性化法のいずれの試験系列においても、被験物質処理群の復帰変異コロニー数の平均値は陰性対照群の値の 2 倍未満であり、用量の増加にともなう復帰変異コロニー数の増加も認められず、結果は陰性であった。生育阻害は、*S. typhimurium* TA100、TA1535、TA98 および TA1537 において、用量設定試験およびその確認試験では直接法の 15 あるいは 50 µg/plate 以上の用量で、本試験では直接法の 12.5 あるいは 25 µg/plate 以上の用量で観察された。被験物質処理による析出が、用量設定試験では各菌株の直接法および代謝活性化法の 150 µg/plate 以上の用量で、本試験では *E. coli* WP2uvrA の直接法および各菌株の代謝活性化法の 125 µg/plate 以上の用量で観察された。このように、用量設定試験および本試験の結果には再現性が確認された。

用量設定試験、用量設定試験の確認試験および本試験のいずれにおいても、各菌株の陰性対照群の復帰変異コロニー数の平均値は、全て試験施設の背景データに基づく管理値の範囲内であった。各菌株の陽性対照群の復帰変異コロニー数の平均値には、それぞれの陰性対照群の値と比較して 2 倍以上の明確な増加が認められた。これらの結果、各菌株が変異原物質に対し適切な感度を有していたことが確認された。

以上のことから、ジペンタメチレンチウラムテトラスルフィドは、当該試験条件下において試験菌株に対する遺伝子突然変異誘発性を有しないと判断した。

Table 1 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA100, TA1535, TA98, TA1537 and *Escherichia coli* WP2uvr A without metabolic activation (dose-finding test) (SR05359)

Compound	Concentration (µg/plate)	Revertants per plate (Mean±S.D.)				
		S9 (-)				
		TA100	TA1535	WP2uvr A	TA98	TA1537
Control ^a		129 , 156 145 (143±14)	14 , 11 14 (13±2)	16 , 20 18 (18±2)	12 , 11 15 (13±2)	14 , 12 18 (15±3)
Dipentamethylenethiuram tetrasulfide	5	153 , 116 144 (138±19)	11 , 9 5 (8±3)	17 , 21 18 (19±2)	14 , 13 15 (14±1)	12 , 12 10 (11±1)
	15	76 , 75 66 (72±6)	5 [*] , 12 [*] 5 [*] (7±4)	26 , 34 16 (25±9)	21 [*] , 13 [*] 18 [*] (17±4)	12 , 5 2 [*] (6±5)
	50	23 [*] , 25 [*] 41 [*] (30±10)	0 [*] , 0 [*] 0 [*] (0±0)	22 , 16 11 (16±6)	12 [*] , 16 [*] 17 [*] (15±3)	0 [*] , 0 [*] 0 [*] (0±0)
	150	31 ^{#*} , 25 ^{#*} 7 ^{#*} (21±12)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)	27 [#] , 20 [#] 16 [#] (21±6)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)
	500	50 ^{#*} , 1 ^{#*} 6 ^{#*} (19±27)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)	16 [#] , 22 [#] 32 [#] (23±8)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)
	1500	38 ^{#*} , 58 ^{#*} 17 ^{#*} (38±21)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)	18 [#] , 16 [#] 22 [#] (19±3)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)
	5000	86 ^{#*} , 92 ^{#*} 105 ^{#*} (94±10)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)	22 [#] , 27 [#] 20 [#] (23±4)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)	0 ^{#*} , 0 ^{#*} 0 ^{#*} (0±0)
Positive control		AF-2	NaN ₃	AF-2	AF-2	9-AA
	Concentration (µg/plate)	0.01	0.5	0.01	0.1	80
	Rev./plate (Mean±S.D.)	819 , 774 755 (783±33)	284 , 275 258 (272±13)	94 , 104 88 (95±8)	402 , 404 396 (401±4)	350 , 236 274 (287±58)

a : Acetone

AF-2 : 2-(2-Furyl)-3-(5-nitro-2-furyl)acrylamide

NaN₃ : Sodium azide

9-AA : 9-Aminoacridine hydrochloride hydrate

Rev. : Revertants

: Precipitation at the end of treatment

* : Growth inhibition

Table 2 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA100, TA1535, TA98, TA1537 and *Escherichia coli* WP2uvr A with metabolic activation (dose-finding test) (SR05359)

Compound	Concentration ($\mu\text{g}/\text{plate}$)	Revertants per plate (Mean \pm S.D.)				
		S9 (+)				
		TA100	TA1535	WP2uvr A	TA98	TA1537
Control ^a		155 , 180 162 (166 \pm 13)	11 , 12 12 (12 \pm 1)	26 , 26 21 (24 \pm 3)	25 , 26 16 (22 \pm 6)	9 , 9 11 (10 \pm 1)
Dipentamethylenethiuram tetrasulfide	5	170 , 167 162 (166 \pm 4)	12 , 5 11 (9 \pm 4)	26 , 20 13 (20 \pm 7)	28 , 22 23 (24 \pm 3)	21 , 15 16 (17 \pm 3)
	15	186 , 174 183 (181 \pm 6)	5 , 6 10 (7 \pm 3)	17 , 25 15 (19 \pm 5)	35 , 31 32 (33 \pm 2)	11 , 13 17 (14 \pm 3)
	50	174 , 186 156 (172 \pm 15)	13 , 11 17 (14 \pm 3)	30 , 24 25 (26 \pm 3)	35 , 26 30 (30 \pm 5)	15 , 7 10 (11 \pm 4)
	150	174 # , 163 # 141 # (159 \pm 17)	16 # , 15 # 17 # (16 \pm 1)	25 # , 27 # 35 # (29 \pm 5)	21 # , 26 # 32 # (26 \pm 6)	8 # , 13 # 5 # (9 \pm 4)
	500	143 # , 157 # 173 # (158 \pm 15)	10 # , 14 # 11 # (12 \pm 2)	26 # , 22 # 18 # (22 \pm 4)	27 # , 18 # 23 # (23 \pm 5)	10 # , 12 # 13 # (12 \pm 2)
	1500	177 # , 183 # 159 # (173 \pm 12)	16 # , 12 # 10 # (13 \pm 3)	32 # , 28 # 27 # (29 \pm 3)	30 # , 26 # 30 # (29 \pm 2)	11 # , 10 # 6 # (9 \pm 3)
	5000	195 # , 172 # 175 # (181 \pm 13)	19 # , 17 # 8 # (15 \pm 6)	11 # , 12 # 27 # (17 \pm 9)	36 # , 18 # 25 # (26 \pm 9)	7 # , 10 # 8 # (8 \pm 2)
Positive control		2-AA	2-AA	2-AA	2-AA	2-AA
	Concentration ($\mu\text{g}/\text{plate}$)	1	2	10	0.5	2
	Rev./plate (Mean \pm S.D.)	1415 , 1384 1328 (1376 \pm 44)	312 , 235 291 (279 \pm 40)	1098 , 986 1128 (1071 \pm 75)	239 , 285 229 (251 \pm 30)	276 , 268 224 (256 \pm 28)

a : Acetone

2-AA : 2-Aminoanthracene

Rev. : Revertants

: Precipitation at the end of treatment

Table 3 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA100, TA1535, TA98 and TA1537 without metabolic activation (dose-finding test , confirmatory test) (SR05359)

Compound	Concentration ($\mu\text{g}/\text{plate}$)	Revertants per plate (Mean \pm S.D.)			
		S9 (-)			
		TA100	TA1535	TA98	TA1537
Control ^a		132 , 135 117 (128 \pm 10)	5 , 7 8 (7 \pm 2)	12 , 15 20 (16 \pm 4)	13 , 10 15 (13 \pm 3)
Dipentamethylenethiuram tetrasulfide	0.05	149 , 99 106 (118 \pm 27)	6 , 6 10 (7 \pm 2)	13 , 16 13 (14 \pm 2)	9 , 15 9 (11 \pm 3)
	0.15	85 , 108 126 (106 \pm 21)	11 , 8 12 (10 \pm 2)	13 , 12 18 (14 \pm 3)	9 , 15 11 (12 \pm 3)
	0.5	116 , 123 91 (110 \pm 17)	5 , 5 7 (6 \pm 1)	13 , 15 20 (16 \pm 4)	13 , 12 6 (10 \pm 4)
	1.5	103 , 96 113 (104 \pm 9)	5 , 8 9 (7 \pm 2)	17 , 7 23 (16 \pm 8)	11 , 10 12 (11 \pm 1)
	5	69 , 73 82 (75 \pm 7)	8 , 4 6 (6 \pm 2)	16 , 13 11 (13 \pm 3)	10 , 8 9 (9 \pm 1)
	15	47 * , 8 * 53 * (36 \pm 24)	0 * , 0 * 0 * (0)	18 * , 16 * 17 * (17 \pm 1)	1 * , 1 * 10 * (4 \pm 5)
	50	0 * , 0 * 0 * (0)	0 * , 0 * 0 * (0)	0 * , 0 * 0 * (0)	0 * , 0 * 0 * (0)
Positive control		AF-2	NaN ₃	AF-2	9-AA
	Concentration ($\mu\text{g}/\text{plate}$)	0.01	0.5	0.1	80
	Rev./plate	680 , 655 688	321 , 279 290	286 , 311 313	317 , 334 348
	(Mean \pm S.D.)	(674 \pm 17)	(297 \pm 22)	(303 \pm 15)	(333 \pm 16)

a : Acetone

AF-2 : 2-(2-Furyl)-3-(5-nitro-2-furyl)acrylamide

NaN₃ : Sodium azide

9-AA : 9-Aminoacridine hydrochloride hydrate

Rev. : Revertants

* : Growth inhibition

Table 4-1 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA100, TA1535, TA98 and TA1537 without metabolic activation (main test) (SR05359)

Compound	Concentration ($\mu\text{g}/\text{plate}$)	Revertants per plate (Mean \pm S.D.)			
		S9 (-)			
		TA100	TA1535	TA98	TA1537
Control ^a		110 , 126 140 (125 \pm 15)	7 , 8 8 (8 \pm 1)	24 , 16 17 (19 \pm 4)	8 , 4 8 (7 \pm 2)
Dipentamethylenethiuram tetrasulfide	0.781	61 , 91 95 (82 \pm 19)	7 , 7 7 (7 \pm 0)	14 , 13 12 (13 \pm 1)	12 , 7 9 (9 \pm 3)
	1.56	109 , 99 113 (107 \pm 7)	7 , 10 5 (7 \pm 3)	12 , 20 10 (14 \pm 5)	5 , 11 5 (7 \pm 3)
	3.13	75 , 97 113 (95 \pm 19)	10 , 8 2 (7 \pm 4)	13 , 25 15 (18 \pm 6)	13 , 7 10 (10 \pm 3)
	6.25	76 , 55 65 (65 \pm 11)	2 , 1 10 (4 \pm 5)	16 , 11 15 (14 \pm 3)	1 , 5 7 (4 \pm 3)
	12.5	97 , 72 * 51 * (73 \pm 23)	10 * , 0 * 0 * (3 \pm 6)	15 , 17 13 (15 \pm 2)	0 * , 2 * 0 * (1 \pm 1)
	25	0 * , 35 * 0 * (12 \pm 20)	0 * , 0 * 0 * (0 \pm 0)	22 * , 19 * 11 * (17 \pm 6)	0 * , 0 * 0 * (0 \pm 0)
	50	0 * , 0 * 0 * (0 \pm 0)	0 * , 0 * 0 * (0 \pm 0)	0 * , 0 * 0 * (0 \pm 0)	0 * , 0 * 0 * (0 \pm 0)
Positive control		AF-2	NaN ₃	AF-2	9-AA
	Concentration ($\mu\text{g}/\text{plate}$)	0.01	0.5	0.1	80
	Rev./plate (Mean \pm S.D.)	853 , 752 761 (789 \pm 56)	251 , 245 232 (243 \pm 10)	445 , 436 484 (455 \pm 26)	311 , 282 176 (256 \pm 71)

a : Acetone

AF-2 : 2-(2-Furyl)-3-(5-nitro-2-furyl)acrylamide

NaN₃ : Sodium azide

9-AA : 9-Aminoacridine hydrochloride hydrate

Rev. : Revertants

* : Growth inhibition

Table 4-2 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Escherichia coli* WP2uvr A without metabolic activation (main test) (SR05359)

Compound	Concentration ($\mu\text{g}/\text{plate}$)	Revertants per plate (Mean \pm S.D.)
		S9 (-)
		WP2uvr A
Control ^a		16 , 13 19 (16 \pm 3)
Dipentamethylenethiuram tetrasulfide	7.81	21 , 15 10 (15 \pm 6)
	15.6	25 , 26 22 (24 \pm 2)
	31.3	17 , 20 18 (18 \pm 2)
	62.5	28 , 31 15 (25 \pm 9)
	125	20 [#] , 22 [#] 18 [#] (20 \pm 2)
	250	12 [#] , 20 [#] 18 [#] (17 \pm 4)
	500	18 [#] , 14 [#] 23 [#] (18 \pm 5)
		AF-2
Positive control	Concentration ($\mu\text{g}/\text{plate}$)	0.01
	Rev./plate	94 , 71 107
	(Mean \pm S.D.)	(91 \pm 18)

a : Acetone

AF-2 : 2-(2-Furyl)-3-(5-nitro-2-furyl)acrylamide

Rev. : Revertants

: Precipitation at the end of treatment

Table 5 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA100, TA1535, TA98, TA1537 and *Escherichia coli* WP2uvr A with metabolic activation (main test) (SR05359)

Compound	Concentration ($\mu\text{g}/\text{plate}$)	Revertants per plate (Mean \pm S.D.)				
		S9 (+)				
		TA100	TA1535	WP2uvr A	TA98	TA1537
Control ^a		142 , 134 143 (140 \pm 5)	10 , 7 11 (9 \pm 2)	16 , 22 12 (17 \pm 5)	28 , 30 31 (30 \pm 2)	13 , 8 8 (10 \pm 3)
Dipentamethylenethiuram tetrasulfide	7.81	167 , 158 133 (153 \pm 18)	8 , 6 16 (10 \pm 5)	22 , 20 19 (20 \pm 2)	20 , 23 34 (26 \pm 7)	8 , 4 11 (8 \pm 4)
	15.6	148 , 193 157 (166 \pm 24)	16 , 15 8 (13 \pm 4)	23 , 20 25 (23 \pm 3)	25 , 27 27 (26 \pm 1)	15 , 13 8 (12 \pm 4)
	31.3	156 , 168 152 (159 \pm 8)	9 , 11 17 (12 \pm 4)	12 , 26 19 (19 \pm 7)	27 , 29 38 (31 \pm 6)	15 , 11 9 (12 \pm 3)
	62.5	173 , 181 186 (180 \pm 7)	8 , 15 8 (10 \pm 4)	20 , 23 25 (23 \pm 3)	30 , 36 25 (30 \pm 6)	12 , 10 6 (9 \pm 3)
	125	137 # , 194 # 184 # (172 \pm 30)	9 # , 13 # 20 # (14 \pm 6)	16 # , 18 # 15 # (16 \pm 2)	36 # , 40 # 23 # (33 \pm 9)	7 # , 6 # 9 # (7 \pm 2)
	250	153 # , 147 # 132 # (144 \pm 11)	8 # , 5 # 6 # (6 \pm 2)	28 # , 17 # 23 # (23 \pm 6)	35 # , 28 # 32 # (32 \pm 4)	3 # , 16 # 8 # (9 \pm 7)
	500	176 # , 181 # 172 # (176 \pm 5)	8 # , 13 # 7 # (9 \pm 3)	21 # , 19 # 18 # (19 \pm 2)	28 # , 26 # 36 # (30 \pm 5)	5 # , 8 # 6 # (6 \pm 2)
Positive control		2-AA	2-AA	2-AA	2-AA	2-AA
	Concentration ($\mu\text{g}/\text{plate}$)	1	2	10	0.5	2
	Rev./plate (Mean \pm S.D.)	1577 , 1556 1492 (1542 \pm 44)	562 , 579 610 (584 \pm 24)	1100 , 1168 1131 (1133 \pm 34)	302 , 331 251 (295 \pm 41)	503 , 560 443 (502 \pm 59)

a : Dimethyl sulfoxide

2-AA : 2-Aminoanthracene

Rev. : Revertants

: Precipitation at the end of treatment

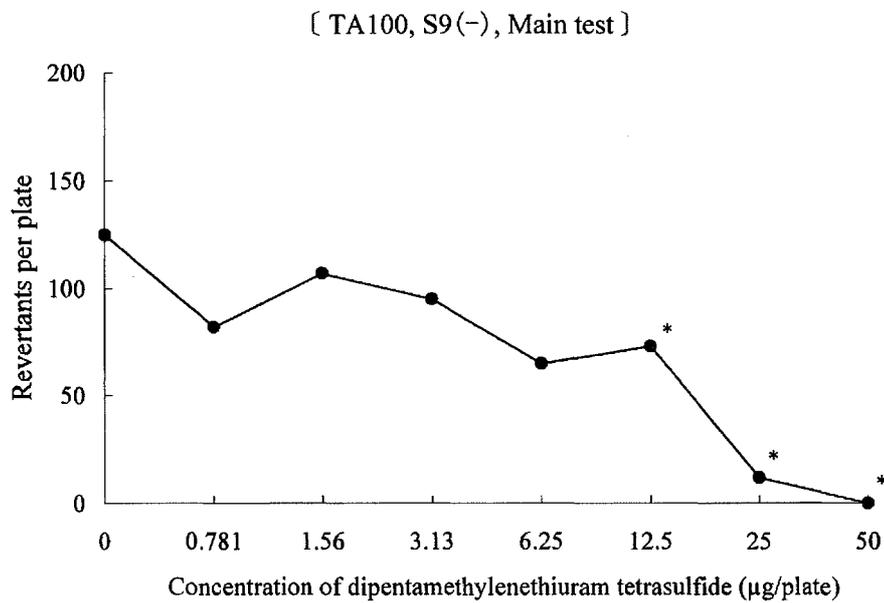
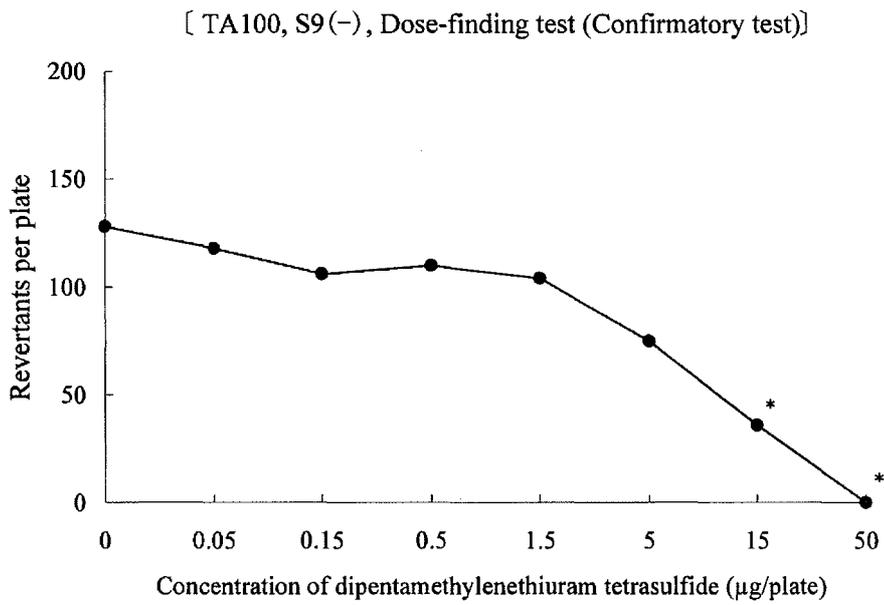


Figure 1-1 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA100 without metabolic activation (dose-response curves) (SR05359)

* : Growth inhibition

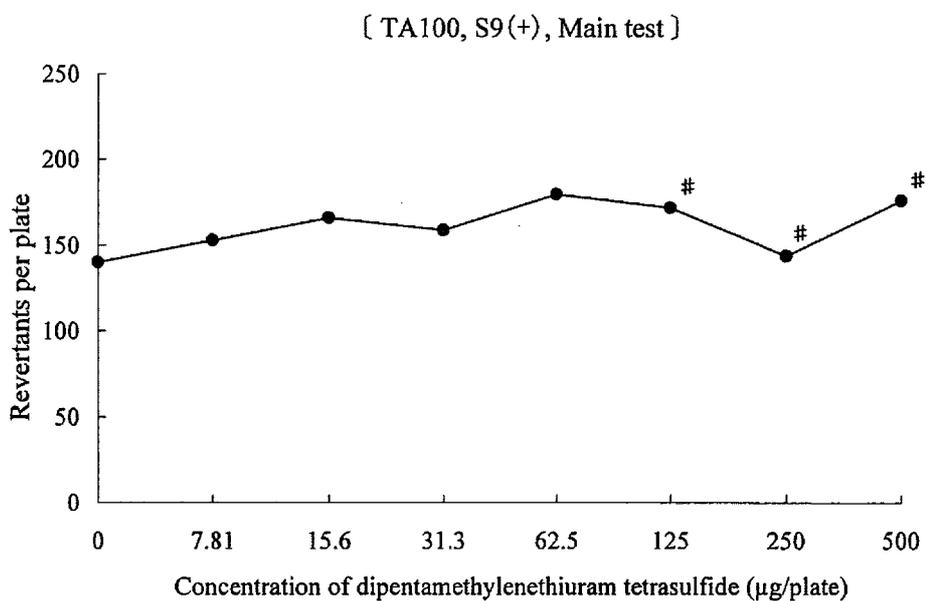
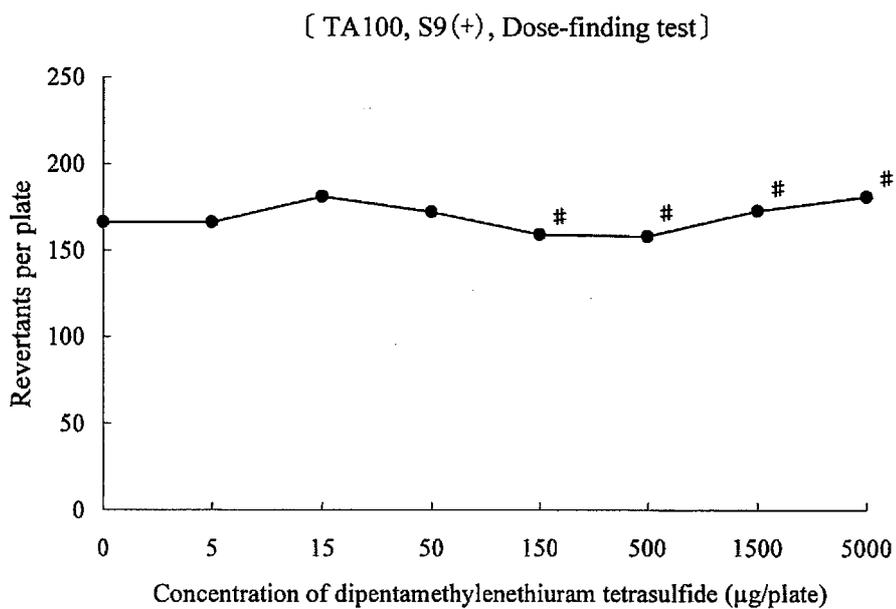


Figure 1-2 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA100 with metabolic activation (dose-response curves) (SR05359)

: Precipitation at the end of treatment

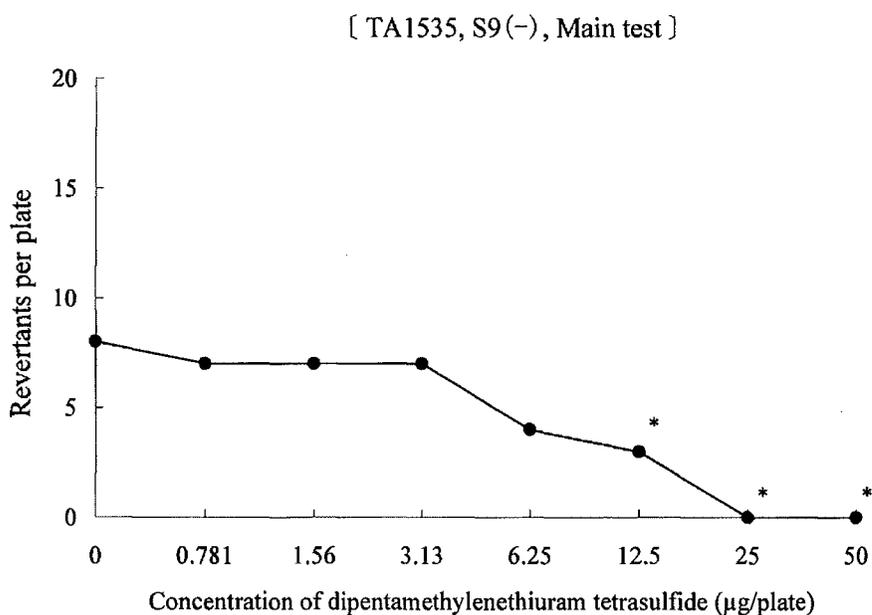
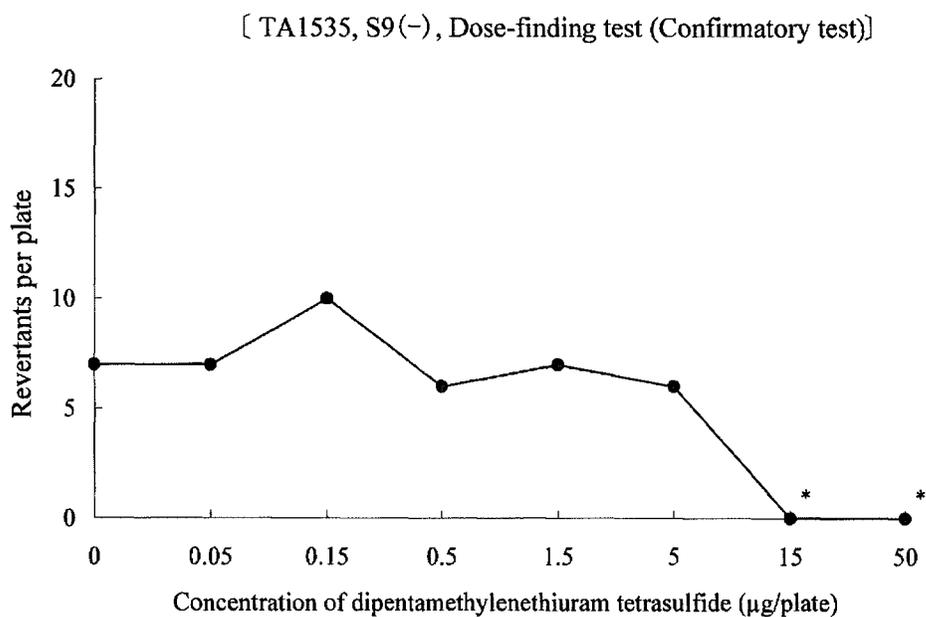


Figure 2-1 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA1535 without metabolic activation (dose-response curves) (SR05359)

* : Growth inhibition

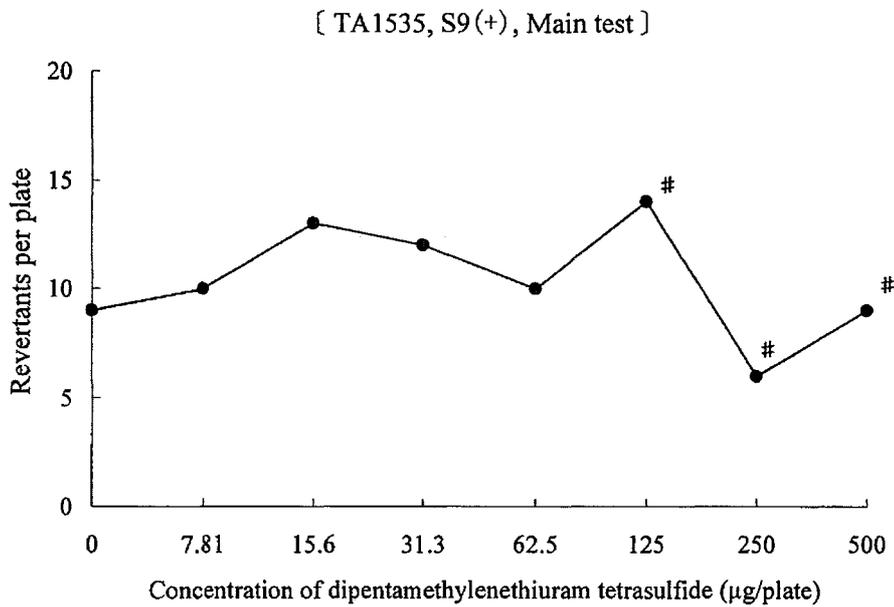
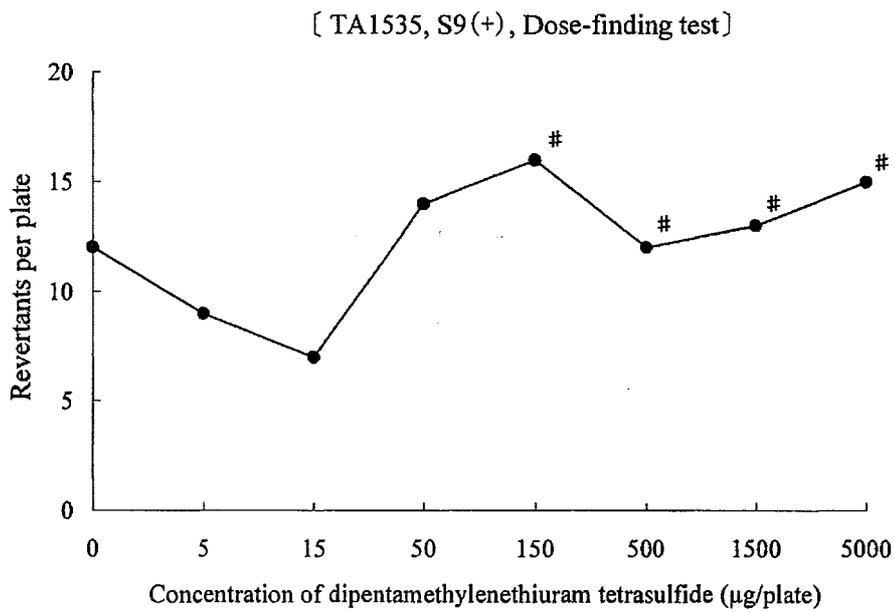


Figure 2-2 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA1535 with metabolic activation (dose-response curves) (SR05359)

: Precipitation at the end of treatment

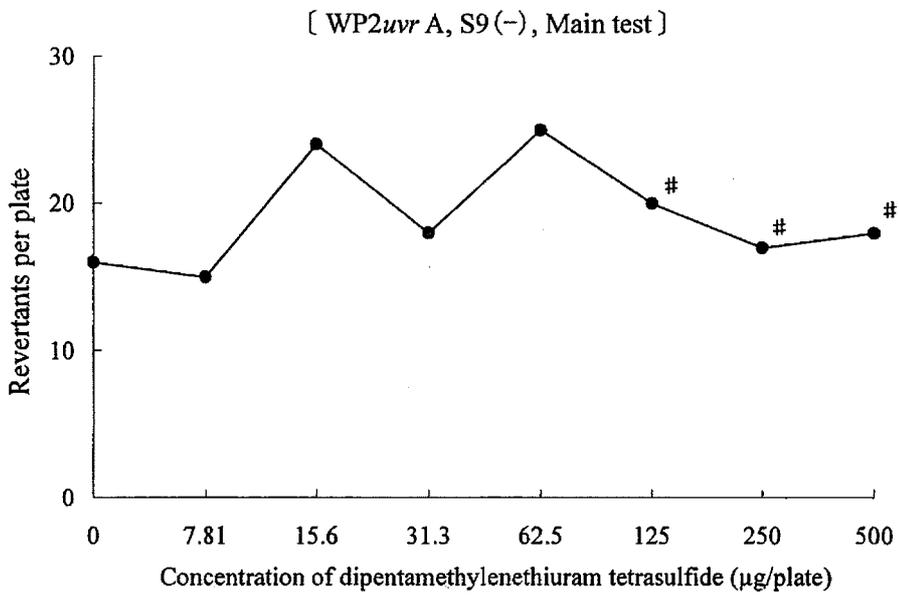
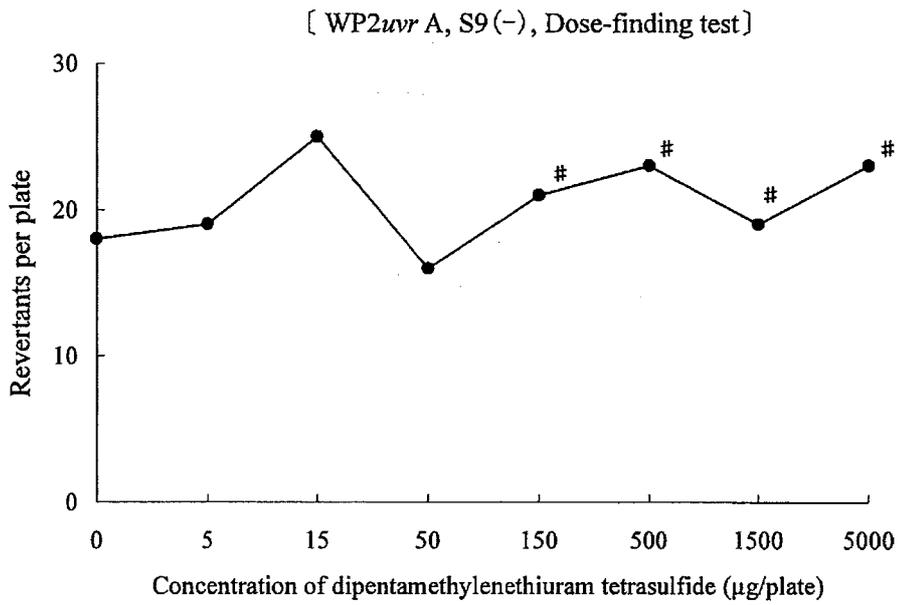


Figure 3-1 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Escherichia coli* WP2*uvr* A without metabolic activation (dose-response curves) (SR05359)

: Precipitation at the end of treatment

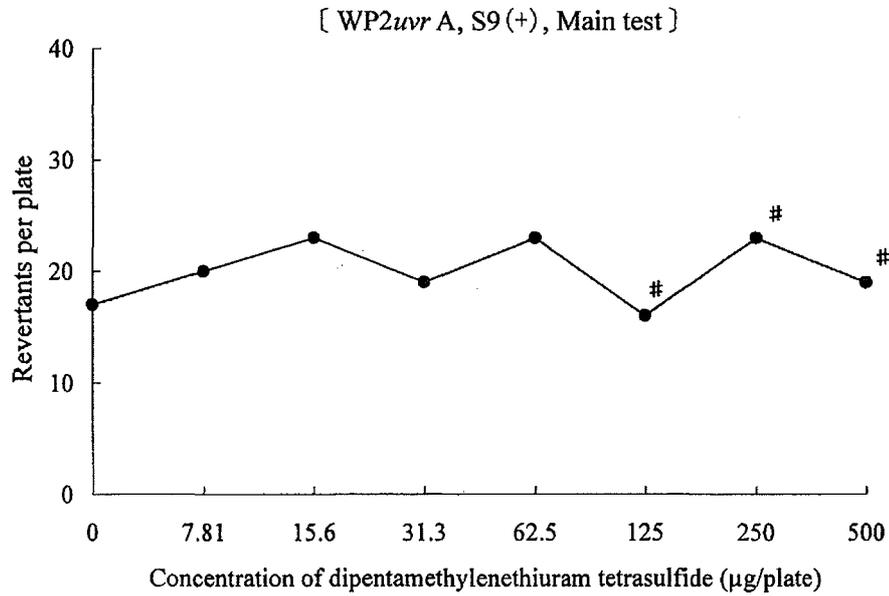
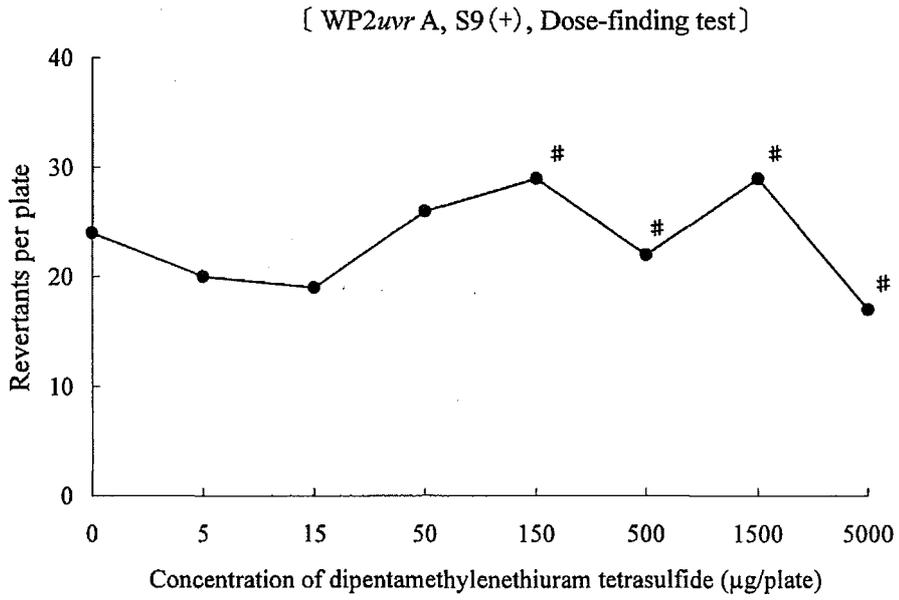


Figure 3-2 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Escherichia coli* WP2_{uvr} A with metabolic activation (dose-response curves) (SR05359)

: Precipitation at the end of treatment

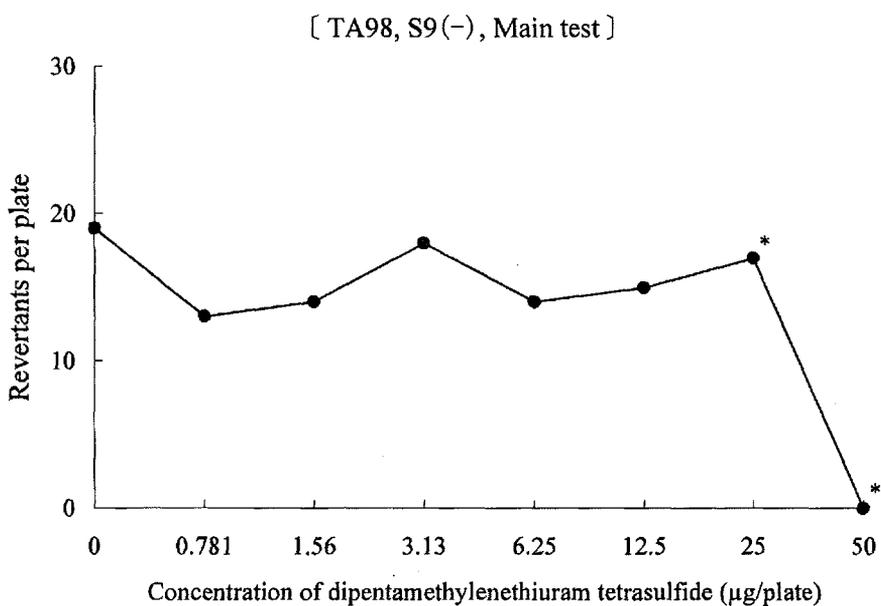
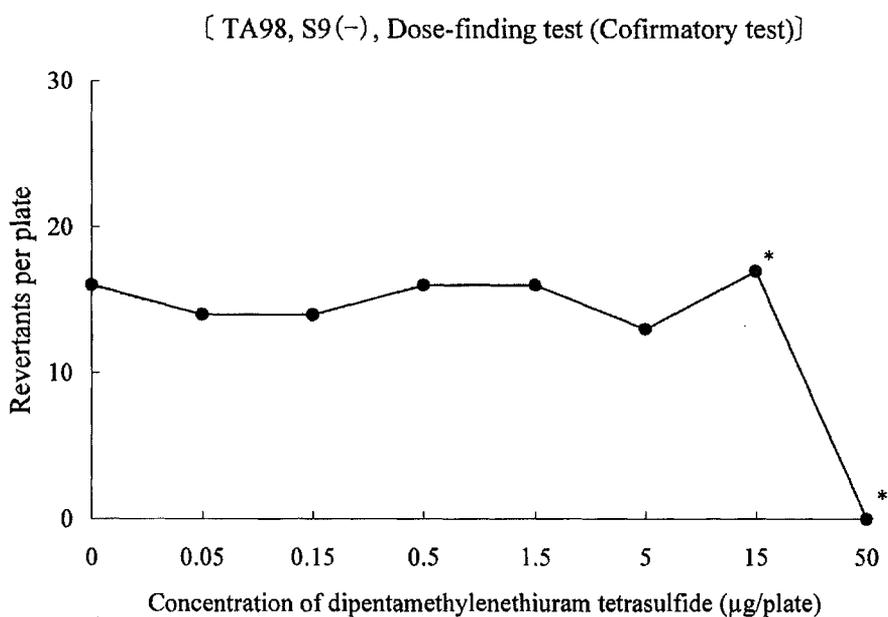


Figure 4-1 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA98 without metabolic activation (dose-response curves) (SR05359)

* : Growth inhibition

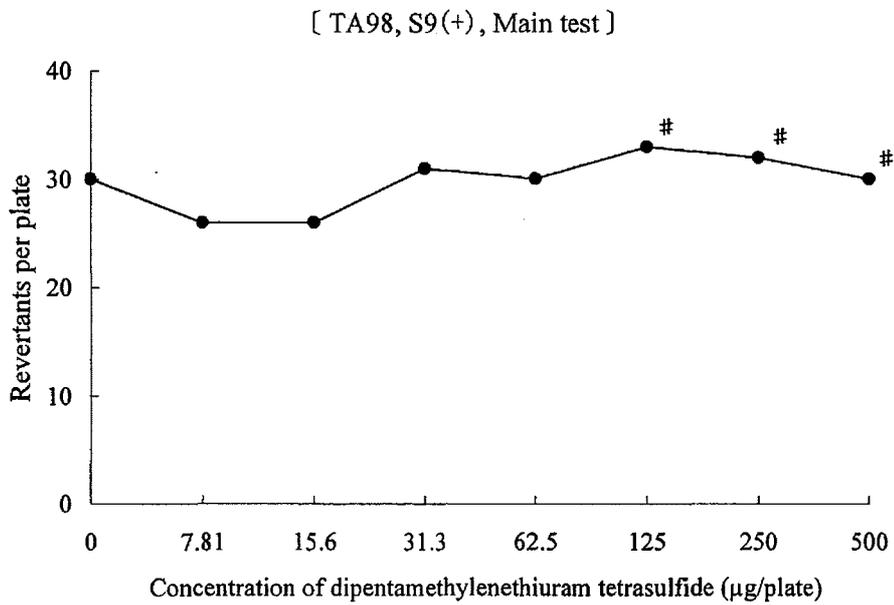
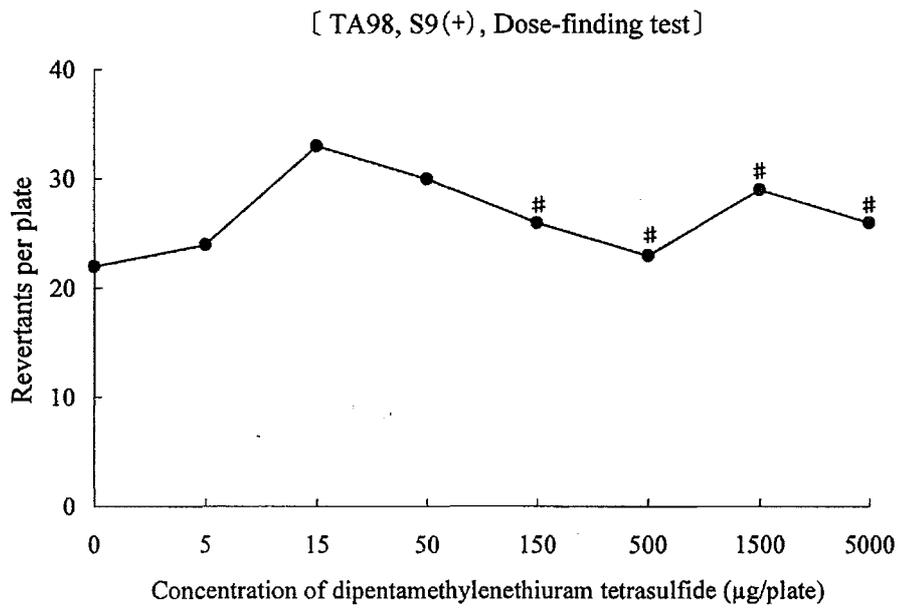


Figure 4-2 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA98 with metabolic activation (dose-response curves) (SR05359)

: Precipitation at the end of treatment

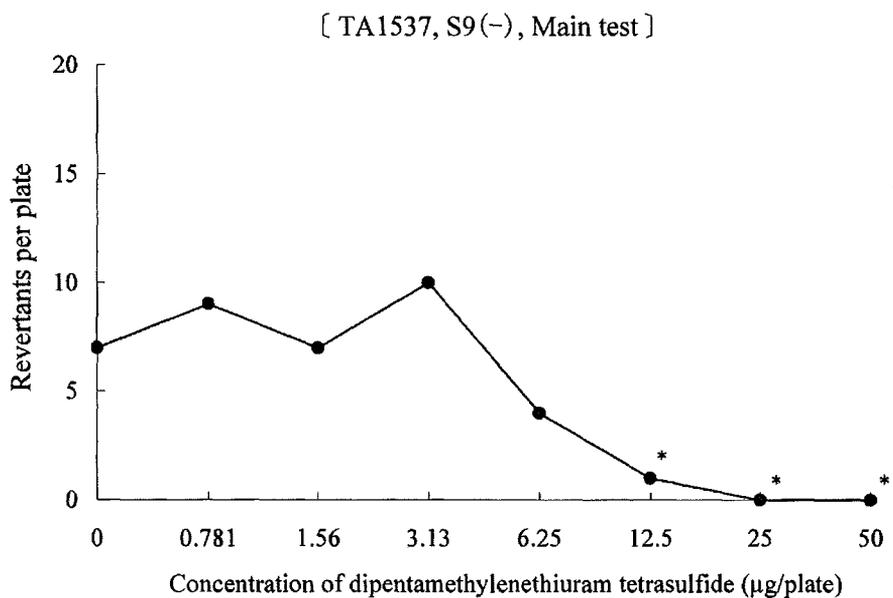
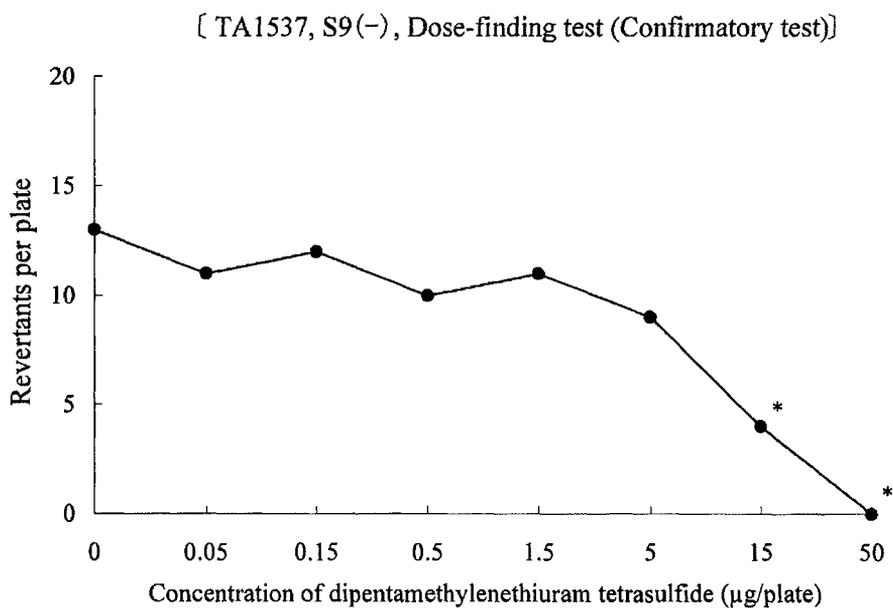


Figure 5-1 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA1537 without metabolic activation (dose-response curves) (SR05359)

* : Growth inhibition

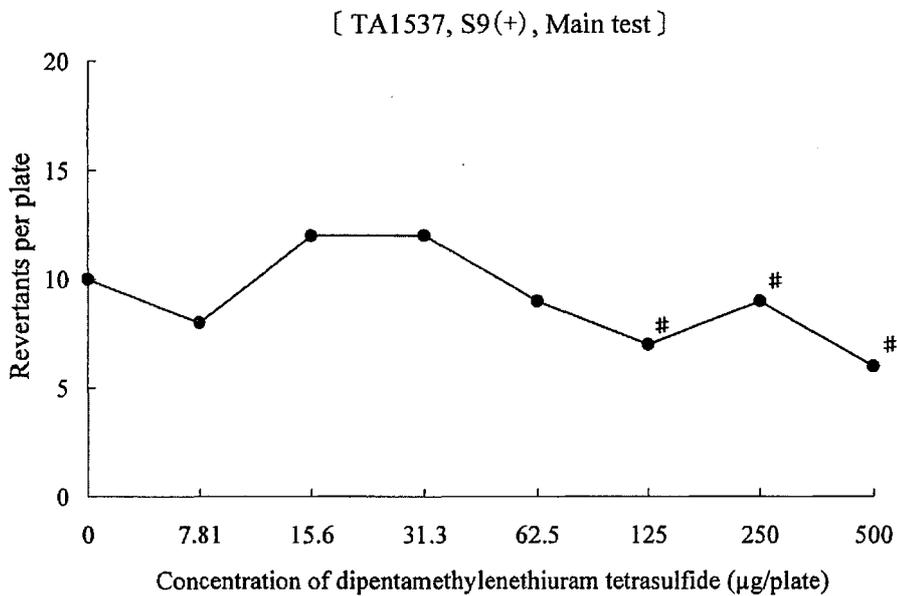
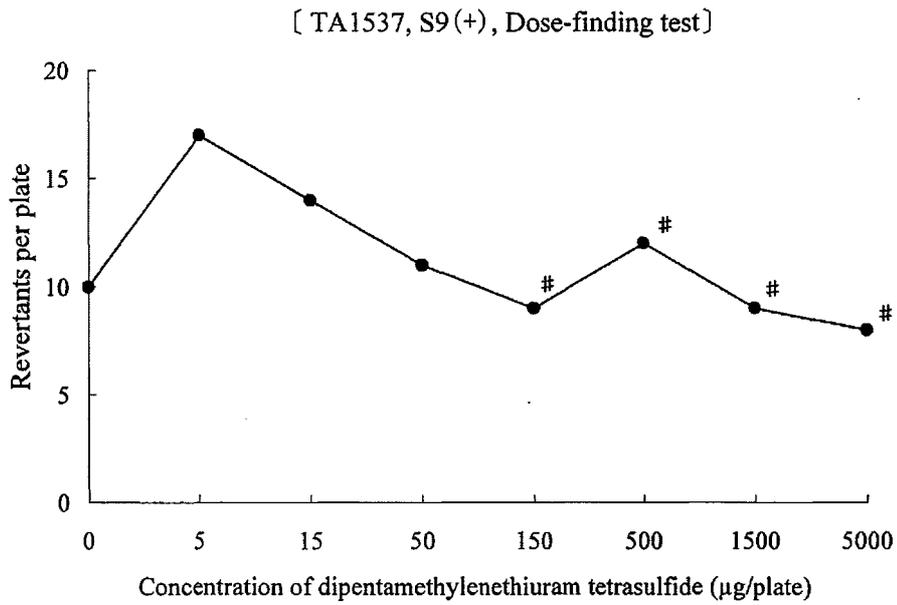


Figure 5-2 Reverse mutation test of dipentamethylenethiuram tetrasulfide in *Salmonella typhimurium* TA1537 with metabolic activation (dose-response curves) (SR05359)

: Precipitation at the end of treatment