

硫酸アルミニウムの
Bhas 42 細胞を用いる形質転換試験（プロモーション試験）報告書

試験番号 7456

2015年3月17日

目 次

[項目]	[ページ]
標題	
試験目的	
GLP 対応	
試験委託者	
試験施設の名称及び所在地	
試験日程	
業務分担	
試資料の保管	
試験責任者の署名、捺印及び日付	
運営管理者及び試験責任者陳述書	
信頼性保証証明書	
本文	

標題

硫酸アルミニウムの Bhas 42 細胞を用いる形質転換試験(プロモーション試験)

試験目的

硫酸アルミニウム(被験物質番号：4307)の Bhas 42 細胞を用いる形質転換試験(プロモーション試験)を実施し、*in vitro* での発がんプロモーション作用を評価した。

GLP 対応

試験は、「労働安全衛生規則第 34 条の 3 第 2 項の規定に基づく試験施設等が具備すべき基準」(昭和 63 年 9 月 1 日労働省告示第 76 号、最終改正平成 12 年 12 月 25 日労働省告示第 120 号)に準拠して実施した。

試験委託者

厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 化学物質対策課
東京都千代田区霞が関 1-2-2

試験施設の名称及び所在地

中央労働災害防止協会 日本バイオアッセイ研究センター
神奈川県秦野市平沢 2445 番地

電話 0463-82-3911

FAX 0463-82-3860

Bhas 42 細胞を用いる形質転換試験（プロモーション試験）報告書

試験番号 7456

本 文

本文目次

[項目]	[ページ]
1. 要約	1
2. 試験材料	
2-1. 被験物質	2
2-2. 陽性対照	3
2-3. 陰性(溶媒)対照	4
2-4. 使用した細胞	4
3. 試験方法	
3-1. 採用した試験方法	5
3-2. 試験構成	5
3-3. プロモーション試験	5
3-4. 観察	6
3-5. 判定	7
4. 試験成績	
4-1. プロモーション試験	8
5. 結果の判定	9
6. 予見することができなかつた試験の信頼性に影響を及ぼす疑いのある事態 及び試験計画書に従わなかつたこと	9
7. 参考文献	9
試験結果 表 1、2	11
試験結果 図 1、2	13

1. 要約

硫酸アルミニウムの Bhas 42 細胞を用いる形質転換試験(プロモーション試験)を実施し、*in vitro* での発がんプロモーション作用を評価した。

形質転換試験の用量設定のための細胞増殖試験は、6.4 mg/ml(無水物換算 3.4 mg/ml : 約 10 mM)を最高用量とし、公比 2 で 10 段階の用量で実施した。その結果、陰性(溶媒)対照群に対する相対細胞増殖率は、0.050、0.10、0.20、0.40、0.80、1.6、3.2、6.4 mg/ml の用量でそれぞれ、110、143、201、188、70.6、103、99.3、91.4%であり、0.10 から 0.40 mg/ml の用量範囲で細胞増殖の促進作用、0.80 mg/ml の用量で細胞増殖の抑制作用を示した。また、1.6 mg/ml 以上の 3 用量では、被験物質を培養液に添加した際に、被験物質培養液の色が黄色に変化して pH が低下したことを示した。細胞増殖試験の結果から、形質転換試験は 0.80mg/ml(無水物換算 0.43 mg/ml)を最高用量とし、公比 2 で 8 段階の用量に設定した。

形質転換試験を実施した結果、0.0063 から 0.050 mg/ml までの被験物質処理群で、ウェルあたりの平均形質転換巢数(形質転換率)に統計学的に有意な増加は認められなかった。なお、0.025 と 0.050mg/ml の用量ではプレート中に形質転換巢は全く観察されなかった。また、0.10 mg/ml 以上の用量では、ウェルの底面に一杯となる細胞生育状態(コンフルエント)となっておらず、細胞増殖抑制作用を示したと考えられた。陰性(溶媒)対照群に対する相対細胞増殖率は、0.0063、0.013、0.025、0.050、0.10、0.20、0.40、0.80 mg/ml の用量でそれぞれ、101、99.6、110、105、152、200、216、84.9%であり、0.10 から 0.40 mg/ml までの用量範囲で細胞増殖の促進作用を示した。

なお、試験成立の判定基準(被験物質処理群の統計処理対象群が 3 濃度以上、陰性(溶媒)対照群の形質転換率が 12 個/ウェル未満、陽性対照群の形質転換巢数が有意に高い)は、全て満たされていた。

形質転換試験(プロモーション試験)において、全ての被験物質処理群で形質転換率に統計学的に有意な増加は認められなかった。かつ、試験成立の判定基準は全て満たされており、結果を評価できる試験が成立したと判断した。

以上の結果より、本被験物質の Bhas 42 細胞に対する *in vitro* での発がんプロモーション作用は陰性と判定した。

2. 試験材料

2-1. 被験物質(被験物質番号：4307)

1) 被験物質の性質

化学物質の名称 (IUPAC 命名法による)	硫酸アルミニウム 14~18 水					
別 名	Aluminum sulfate 14-18-water					
構造式又は示性式 (いずれも不明の場合は、その製法の概要)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \sim 18 \text{H}_2\text{O}$ (硫酸アルミニウム含量：53.4%)					
試験に供した 化学物質の純度	99.5%以上	試験に供した化学 物質のロット番号			CTL6391	
不純物の名称及び 濃度(含有率)	-					
C A S 番 号	17927-65-0	蒸 気 圧		-		
分 子 量	342.14 (硫酸アルミニウムとして)	分 配 係 数 (1-オクタノール/水分配係数)		-		
融 点	-	常 温 に お け る 性 状			白色結晶性粉末	
沸 点	-					
安 定 性	水： - 光： - 熱： -					
溶媒に対する溶解度等	溶媒	溶解度	溶媒中の安定性	溶媒	溶解度	溶媒中の安定性
	水*	128mg/ml 以上**	安定	DMSO	-	-
	エタノール	-	-	その他)	-	-
供 試 元	和光純薬工業株式会社					
備 考	「硫酸アルミニウム無水物」(CAS No. 10043-01-3)は、難溶であったため、試験委託者と協議の結果、水に可溶な「硫酸アルミニウム・14~18 水」(CAS No. 17927-65-0)を被験物質とした。					

* 日本バイオアッセイ研究センターの試験による。

** 硫酸アルミニウムとしての溶解度は 68.4 mg/ml 以上。

2) 保管及び取り扱い

被験物質は、被験物質保管区域に室温、遮光にて保管した。被験物質の取り扱いは、黄色灯下で行った。

3) 被験物質の調製

使用溶媒

名称： 超純水（ミリ-Q 水）

製造元： 自家製

溶媒選択の理由

被験物質は水に対する溶解度が十分に高いので、超純水を溶媒として選択した。

被験物質溶液の調製

被験物質を秤量し、超純水を添加したものを最高調製溶液とした。これを超純水で段階希釈して各被験物質溶液を調製した。調製作業は、黄色灯下で行った。被験物質溶液の調製は用時調製とした。

被験物質溶液の処理

必要量の培養液を 50 ml スピッツに取り、攪拌しながら被験物質の水溶液を添加(最終濃度 5%)した(被験物質培養液)。細胞への処理はプレートの培養液を抜き、ただちに被験物質培養液を添加することにより行った。処理作業は、黄色灯下で行った。

純度換算

被験物質の純度が 95%以上であるため、純度換算は実施しなかった。ただし、硫酸アルミニウム・14~18 水を使用したために、用量は水和物としての用量を記載した上で、カッコ内に硫酸アルミニウム含量を併記した。

2-2 . 陽性対照

1) 陽性対照物質

名称： 12-*O*-テトラデカノイルフォルボール-13-アセテート(TPA)

ロット番号： MKBQ9406V

純度： 99%

製造元： Sigma-Aldrich 社

2) 陽性対照物質の選択理由

TPA は Bhas 42 細胞を用いる形質転換試験にプロモーターとして広く使用されており、日本バイオアッセイ研究センターの背景データも豊富なため。

3) 陽性対照物質溶液の調製、保存について

所定の濃度の DMSO 溶液を調製、分注して、-30 以下で凍結保存し、調製後 1 年以内に用時解凍して用いた。凍結保存溶液は、使用直前に解凍して用いた。

使用溶媒： DMSO(和光純薬工業(株)、Lot No.: AWF1092、純度:100.0%)

最終濃度： 50 ng/ml

2-3 . 陰性(溶媒)対照

陰性(溶媒)対照として、超純水を培養液に添加した。培地への添加液量は、5 vol%とした。

2-4 . 使用した細胞

1) 種類

Bhas 42(マウス全胎児由来 BALB/c 3T3 A31-1-1 に *v-Ha-ras* 遺伝子を導入した細胞)¹⁾

2) 供給源

一般財団法人 食品薬品安全センターより入手(2008年11月13日、入手時17代)

3) 保存条件

液体窒素中で保存(18代)

4) 培養条件

ウシ胎児血清(FBS、ロット番号：S11605S1780、Biowest 製)を 5 vol%、ペニシリンを 50 U/ml、ストレプトマイシン 50 µg/ml を含む Dulbecco's modified Eagle's medium/ Ham's F12 (DF5F、Life Technologies)を用い、37℃、5%CO₂の条件下で培養した。

5) 特性

接触阻止能を維持している。マイコプラズマの汚染は無い。

6) 選択理由

形質転換試験に常用されている²⁻⁵⁾。

7) 使用条件

凍結保存した細胞(18代)を解凍して、細胞増殖試験では解凍してから継代数10代以内の細胞を用いた。形質転換試験では解凍してから継代数3代以内の細胞を用いた。

3. 試験方法

3-1. 採用した試験方法

「Bhas 42 細胞を用いる形質転換試験による調査の基準」(平成 26 年 7 月 4 日、厚生労働省第 3 回遺伝毒性評価ワーキンググループ合意事項)に準拠して実施した。

3-2. 試験構成

初めに形質転換試験の濃度設定のために細胞増殖試験を実施したのちに、形質転換試験を実施した。形質転換試験はプロモーション試験のみ実施した。

3-3. プロモーション試験

3-3-1. 用量設定のための細胞増殖試験

細胞増殖試験は、各用量 3 ウェルを用いて実施した。細胞増殖試験は 6.4 mg/ml(無水物換算 3.4 mg/ml : 約 10 mM)を最高用量とし、公比 2 で 10 段階の用量で実施した。細胞増殖試験の対照として陰性(溶媒)対照及びブランクを設けた。

実験方法

細胞は 0.25%トリプシンを用いて剥離した後、細胞濃度 0.7×10^4 個/ml の懸濁液とした。この細胞懸濁液 2 ml(1.4×10^4 個)を 6 ウェルプレートに分注(3 ウェル/群)した。播種 4 日後に培地を被験物質または溶媒を含む培地 2ml と交換した。播種 7 日後に 10%ホルマリンで固定し、水洗、乾燥して 0.1%クリスタルバイオレット溶液で染色した。乾燥後、2.0 ml の色素抽出液(50%エタノール及び 0.02 N 塩酸を含む)でクリスタルバイオレットを抽出後、0.1ml を 96 ウェルプレートに移し、550 nm における吸光度をマイクロプレートリーダーで測定した。次の式により各処理群での相対細胞増殖率(%)を求めた。

$$X(\%) = (T - B) / (S - B) \times 100$$

X : 被験物質処理群の相対細胞増殖率(%)

S : 陰性(溶媒)対照群の吸光度

T : 被験物質群の吸光度

B : ブランクの吸光度(培地のみを入れたウェル)

3-3-2 . 形質転換試験

形質転換試験は、形質転換用に各用量 6 ウェル、細胞増殖率測定用に 3 ウェルを用いて実施した。用量設定のための細胞増殖試験の結果に基づき、形質転換試験は 0.80 mg/ml l(無水物換算 0.43 mg/ml)を最高用量とし、公比 2 で 8 段階の用量で実施した。形質転換試験の対照として陰性(溶媒)対照及び陽性対照を設けた。なお、TPA の培地における溶媒(DMSO)濃度は 0.1 vol%とし、TPA に対する陰性(溶媒)対照群(0.1 vol% DMSO)も設けた。

実験方法

細胞は 0.25%トリプシンを用いて剥離した後、細胞濃度 0.7×10^4 個/ml の懸濁液とした。この細胞懸濁液 2 ml(1.4×10^4 個)を 6 ウェルプレートに分注し、それぞれ形質転換試験(6 ウェル/群)及び細胞増殖試験(3 ウェル/群)用とした。播種 4 日後に培地を被験物質または溶媒を含む培地と交換した。形質転換試験用の細胞は、播種 7 日後、播種 11 日後に培地を被験物質または陰性(溶媒)対照物質を含む培地と交換し、播種 14 日後に新鮮培地に交換した。細胞播種 21 日後にエタノールで固定した後、5 vol%ギムザ液で染色し、各ウェルの形質転換巣を数えた。細胞増殖試験用の細胞は、播種 7 日後 10%ホルマリンで固定後、細胞増殖試験と同様の操作を行った。

3-4 . 観察

1) 形質転換巣観察

実体顕微鏡を用いて細胞を観察し、次の基準により形質転換巣であると判定したのについて、その数を数えた。なお、プレートをコード化し、処理条件が判らない状況で観察した。

形質転換巣の大きさが 2 mm 以上のもの。

紡錘形をしている(spindle-shaped)。

細胞質が塩基性(濃い紫色)に強く染まっている(basophilic)。

ランダムな配列で互いに交差している(criss-cross)。

積み重なりあっている(piling-up)。

周辺部の単層の細胞へ浸潤している(invasive)。

- の所見が全部揃わなくても、一部著しければ形質転換巣と判定した。形質転換巣の数は、それぞれのウェルごとに記録した。

2) 結果の表示

相対細胞増殖率(%)

ウェルごとの形質転換巢の数

ウェルあたりの平均形質転換巢の数(形質転換率)

3-5. 判定

1) 統計処理対照群

以下に示す基準を満たした群について統計処理を行った。

細胞増殖試験用のプレートでは2ウェル以上が測定可能である。

形質転換本試験用のプレートでは4ウェル以上が計数可能である。

被験物質群の相対細胞増殖率が20%を超えている。

2) 結果の解析

各被験物質処理群と陰性(溶媒)対照群間において Dunnett 検定を行った(有意水準 $\alpha=0.05$ 、片側)。また、陽性対照群と陰性(溶媒)対照群間において Student の t 検定を行った(有意水準 $\alpha=0.05$ 、片側)。

3) 試験成立の判定

以下の基準が全て満たされた場合、結果を評価できる試験が成立したと考えた。

被験物質処理群において統計処理対象群が3濃度以上ある。

陰性(溶媒)対照群の形質転換率が12個/ウェルを越えていない。

陽性対照群の形質転換巢数が有意に高い。

4) 結果の判定

3)の「試験成立の判定」により試験が成立した場合、被験物質群の統計処理を実施した群において、以下の基準によって結果を判定した。

陰性：形質転換率の統計学的に有意な増加が、全ての群で認められない。

陽性：形質転換率の統計学的に有意な増加が、2濃度以上で認められ、かつ濃度依存性を示す。

疑陽性：形質転換率の統計学的に有意な増加が、1濃度で認められる。

最終的な判定は、統計学的検定、背景データ、形質転換巢の誘発率を考慮し、生物学的な観点からの判断を加味して総合的に評価した。

4. 試験成績

4-1. プロモーション試験

4-1-1. 用量設定のための細胞増殖試験

細胞増殖試験の結果を表 1 と図 1 に示した。6.4 mg/ml(無水物換算 3.4 mg/ml : 約 10 mM)を最高用量とし、公比 2 で 10 段階の用量で実施した。その結果、陰性(溶媒)対照群に対する相対細胞増殖率は、0.050、0.10、0.20、0.40、0.80、1.6、3.2、6.4 mg/ml の用量でそれぞれ、110、143、201、188、70.6、103、99.3、91.4%であり、0.10 から 0.40 mg/ml の用量範囲で細胞増殖の促進作用、0.80 mg/ml の用量で細胞増殖の抑制作用を示した。また、位相差顕微鏡による細胞観察では、陰性(溶媒)対照群と 0.013 から 0.40 mg/ml までの用量では、ウェルの底面に一杯となる細胞生育状態(コンフルエント)であったのに対し、0.80 mg/ml 以上の用量ではコンフルエントになっていなかった。個々の細胞を見てみると、1.6 mg/ml 以上の用量と比較して、0.80 mg/ml の用量の細胞の厚みだけが減少していた。なお、1.6 mg/ml 以上の用量では、被験物質を培養液に添加した際に、被験物質培養液の色が黄色に変化して pH が低下したことを示した。

従って、細胞毒性が認められない濃度に 1 用量以上、細胞増殖の促進が認められる濃度に 3 用量、弱い増殖阻害が認められる濃度に 1 用量を設定するため、形質転換試験の用量は、0.80mg/ml(無水物換算 0.43 mg/ml)を最高用量とし、公比 2 で 8 段階の用量に設定した。

4-1-2. 形質転換試験

形質転換試験の結果を表 2 と図 2 に示した。形質転換試験は 0.80mg/ml(無水物換算 0.43 mg/ml)を最高用量とし、公比 2 で 8 段階の用量で実施した。その結果、0.0063 から 0.050 mg/ml までの被験物質処理群で、ウェルあたりの平均形質転換巢数(形質転換率)に統計学的に有意な増加は認められなかった。なお、0.025 と 0.050mg/ml の用量ではプレート中に形質転換巢は全く観察されなかった。また、0.10 mg/ml 以上の用量では、ウェルの底面に一杯となる細胞生育状態(コンフルエント)となっておらず、細胞増殖抑制作用を示したと考えられた。陰性(溶媒)対照群に対する相対細胞増殖率は、0.0063、0.013、0.025、0.050、0.10、0.20、0.40、0.80 mg/ml の用量でそれぞれ、101、99.6、110、105、152、200、216、84.9%であり、0.10 から 0.40 mg/ml までの用量範囲で細胞増殖の促進作用

を示した。なお、0.10 から 0.40 mg/ml までの用量では、被験物質の処理期間が 3 日間で細胞増殖促進作用を示したにもかかわらず、10 日間では細胞増殖抑制作用を示す結果となった。

なお、試験成立の判定基準（被験物質処理群の統計処理対象群が 3 濃度以上、陰性(溶媒)対照群の形質転換率が 12 個/ウェル未満、陽性対照群の形質転換集数が有意に高い）は、全て満たされていた。

5. 結果の判定

形質転換試験(プロモーション試験)において、0.0063 から 0.050 mg/ml までの用量の被験物質処理群で、形質転換率に統計学的に有意な増加は認められなかった。かつ、試験成立の判定基準は全て満たされており、結果を評価できる試験が成立したと判断した。

以上の結果より、本被験物質の Bhas 42 細胞に対する *in vitro* での発がんプロモーション作用は陰性と判定した。

6. 予見することができなかった試験の信頼性に影響を及ぼす疑いのある事態及び試験計画書に従わなかったこと

予見することができなかった試験の信頼性に影響を及ぼす疑いのある事態は発生しなかった。また、試験計画書に従わない事態は発生しなかった。

7. 参考文献

- 1) Sasaki, K. et al.: Isolation and characterization of ras-transfected BALB/3T3 clone showing morphological transformation by 12-*O*-tetradecanoyl-phorbol-13-acetate, Jpn. J. Cancer Res. 79 (1988) 921-930.
- 2) Ohmori, K. et al.: An assay method for the prediction of tumor promoting potential of chemicals by the use of Bhas 42 cells, Mutation Res. 557 (2004) 191-202.

- 3) Ohmori, K. et al.: An inter-laboratory collaborative study by the non-genotoxic carcinogen study group in Japan, on a cell transformation assay for tumor promoters using Bhas 42 cells, *Altern. Lab. Animal* 33 (2005) 619-639.
- 4) Sakai, A. et al.: A Bhas 42 cell transformation assay on 98 chemicals: the characteristics and performance for the prediction of chemical carcinogenicity, *Mutation Res.* 702 (2010) 100 - 122.
- 5) Sakai, A. et al.: An international validation study of a Bhas 42 cell transformation assay for the prediction of chemical carcinogenicity, *Mutation Res.* 725 (2011) 57 - 77.

表1 硫酸アルミニウムの細胞増殖試験（プロモーション試験）結果

用量 ^{a)} (mg/ml)	吸光度の平均値 ^{b)}	相対細胞増殖率 ^{c)} (% of control)
0	0.279	100
0.013 [0.0069]	0.289	104
0.025 [0.013]	0.268	96.1
0.050 [0.027]	0.307	110
0.10 [0.053]	0.398	143
0.20 [0.11]	0.562	201
0.40 [0.21]	0.525	188
0.80 [0.43]	0.197	70.6
1.6 † [0.85]	0.287	103
3.2 † [1.7]	0.277	99.3
6.4 † [3.4]	0.255	91.4

a) 用量は、硫酸アルミニウム水和物の用量とし、角括弧内に無水物の換算値を併記した

b) 各群の吸光度の平均からブランクの吸光度の平均を引いた数値を示した

c) 陰性(溶媒)対照群の吸光度に対する各処理群の吸光度のパーセンテージを示した

† 被験物質を培養液に添加した際に培養液の色が黄色に変化した用量

表2 硫酸アルミニウムの形質転換試験（プロモーション試験）結果

用量 ^{a)} (mg/ml)	形質転換巢数								相対細胞増殖率 ^{c)} (% of control)
	Well 1	Well 2	Well 3	Well 4	Well 5	Well 6	平均値 ^{b)}	SD	
0 (5% 超純水)	2	0	1	0	1	3	1.2	1.2	100
0.0063 [0.0034]	1	1	1	1	1	-	1.0	0.0	101
0.013 [0.0063]	1	2	1	2	1	0	1.2	0.8	99.6
0.025 [0.013]	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	110
0.050 [0.027]	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	105
0.10 [0.053]	Tox	Tox	Tox	Tox	Tox	Tox			152
0.20 [0.11]	Tox	Tox	Tox	Tox	Tox	Tox			200
0.40 [0.21]	Tox	Tox	Tox	Tox	Tox	Tox			216
0.80 [0.43]	Tox	Tox	Tox	Tox	Tox	Tox			84.9
0 (0.1% DMSO)	1	3	2	2	0	3	1.8	1.2	100
TPA (50 ng/ml)	5	3	5	6	3	-	4.4[#]	1.3	145

a) 被験物質の用量は、硫酸アルミニウム水和物の用量とし、角括弧内に無水物の換算値を併記した

b) 結果の解析として、被験物質処理群ではDunnett検定、陽性対照のTPA処理群ではStudentのt検定を実施した
 Dunnett検定(有意水準 $\alpha=0.05$ 、片側)：陰性(溶媒)対照群に対して有意差を示した平均値の右側に*を付した
 Studentのt検定(有意水準 $\alpha=0.05$ 、片側)：0.1% DMSO処理群に対して有意差を示した平均値の右側に#を付した

c) それぞれの陰性(溶媒)対照群の吸光度に対する各処理群の吸光度のパーセンテージを示した。

-：形質転換巢の観察が不能であったウェル

Tox：コンフルエントとならなかったウェル

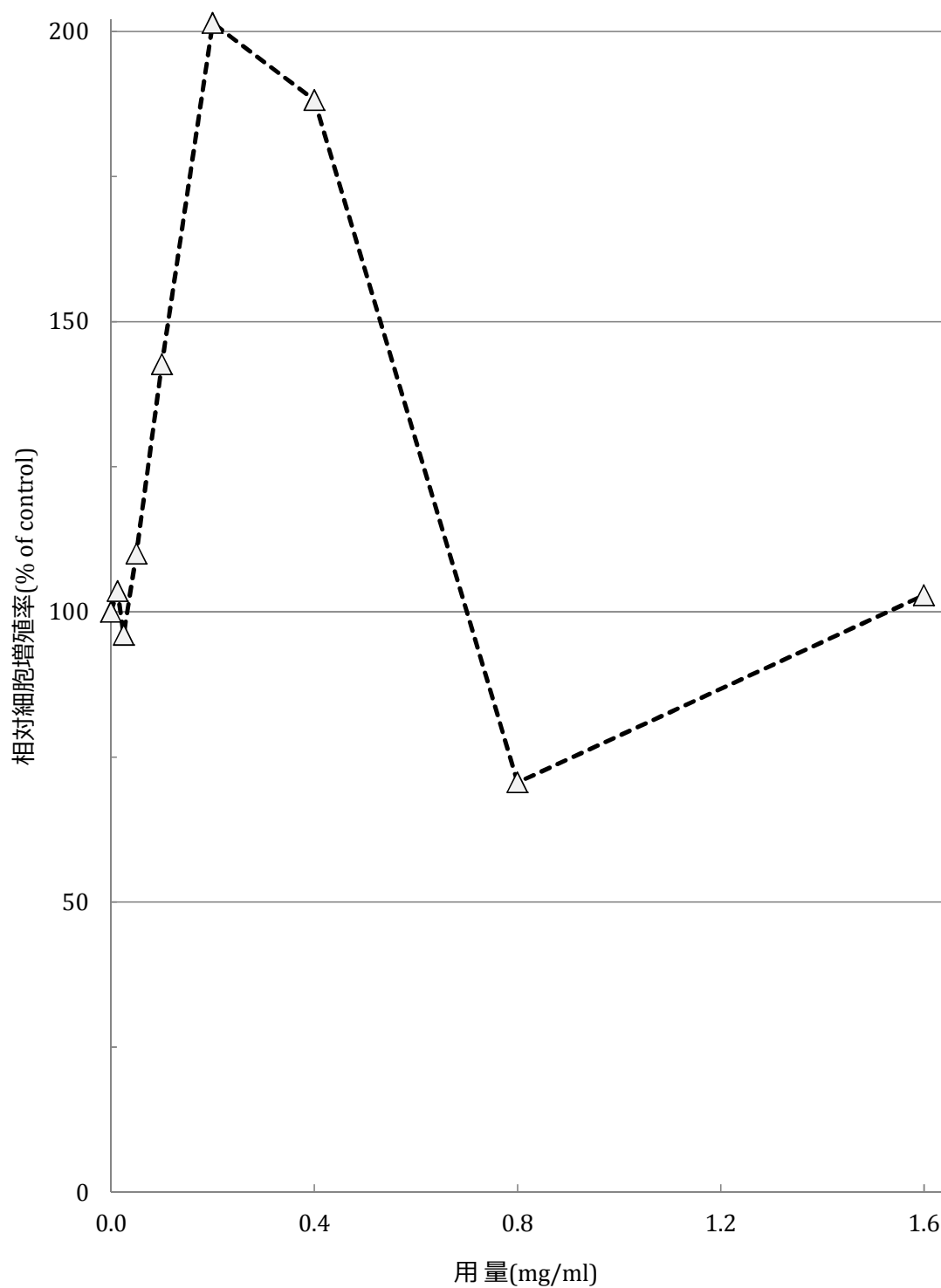


図1 硫酸アルミニウムの細胞増殖試験（プロモーション試験）結果

注) 1.6 mg/ml以上の用量では、被験物質処理時に培養液の色が黄色に変化した。また、3.2 mg/ml以上のデータは省略した

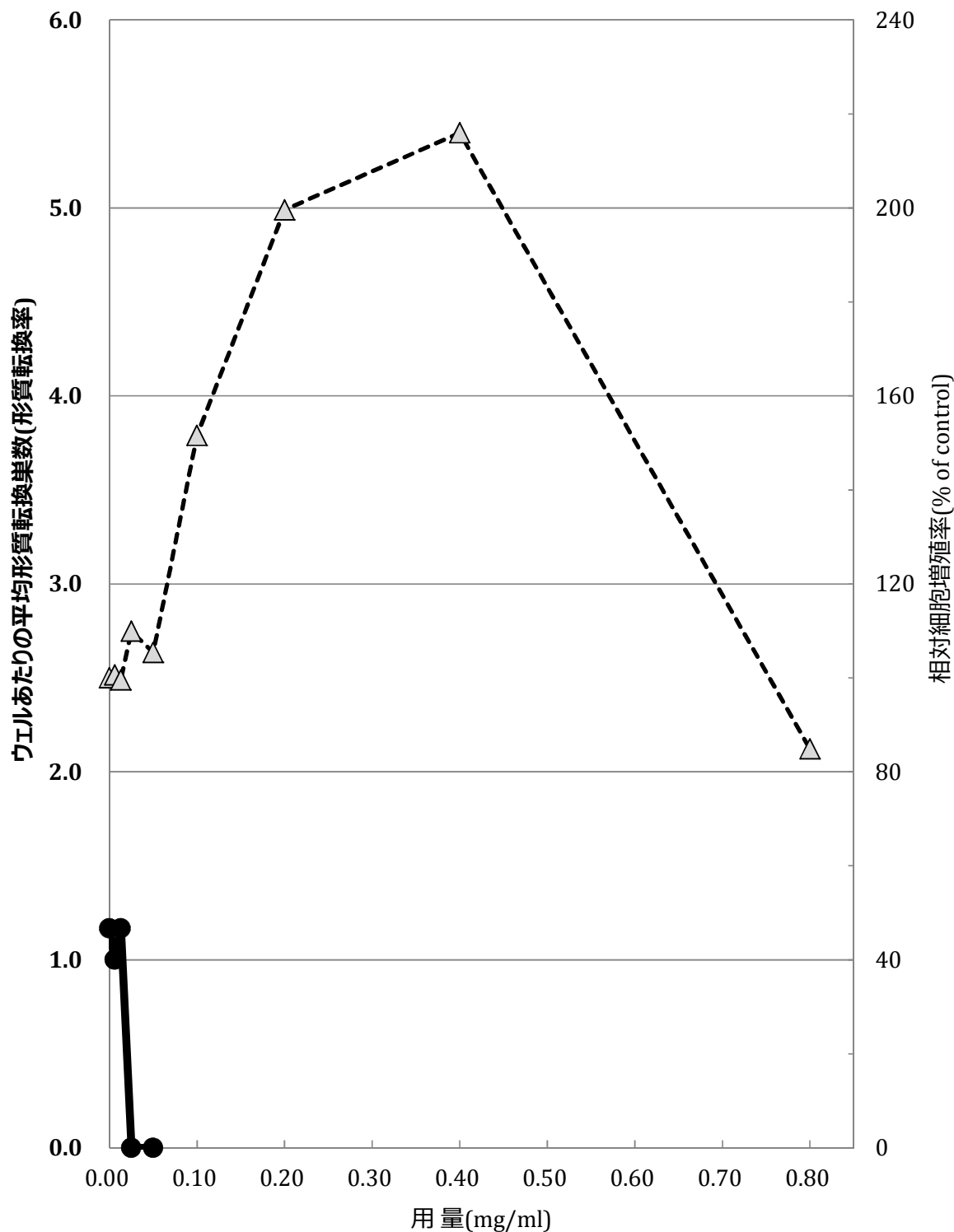


図2 硫酸アルミニウムの形質転換試験（プロモーション試験）結果

●—● 形質転換率

-△- 相対細胞増殖率

注) 0.10 mg/ml以上の用量では、細胞はコンフルエントとならなかった