

メトキシメタノールの チャイニーズ・ハムスター 培養細胞を用いる 染色体異常試験

厚生省生活衛生局 委託

財団法人食品薬品安全毛ンター:秦野研究所

[目 次]

	頁
要 約	1
緒 言	2
材料および方法	3
1. 使用した細胞	3
2. 培養液の調製	3
3. 培養条件	3
4. 被験物質および陽性対照物質	3
5. 被験物質の調製	4
6. 試験条件	5
7. 細胞増殖抑制試験	5
7.1 処理条件	5
7.2 標本作製法	5
7.3 増殖抑制の指標とその結果	6
8. 本試験の群構成	6
8.1 直接法	6
8.2 代謝活性化法	7
9. 染色体標本作製法	7
10. 染色体分析	8
11. 記録と判定	8
結果および考察	10
結 論	10
特記事項	11
文 献	11
Tables 1~5, Figure 1, Appendix 1	

メトキシメタノールの染色体異常誘発能を、チャイニーズ・ハムスター培養細胞(CHL)を用いて検討した。

1. 細胞增殖抑制試験

直接法における約50%の増殖抑制を示す濃度は0.020 mg/ml であった。一方、代謝活性化法のS9mix 存在下および非存在下における約50%の増殖抑制を示す濃度は、それぞれ0.032 mg/ml および0.019 mg/ml であった。

従って、染色体異常試験において、直接法では 0.020 mg/ml、代謝活性化法のS9mix 存在下では 0.032 mg/ml、非存在下では 0.020 mg/ml の処理濃度をそれぞれ高濃度とし、その 1/2 の濃度を中濃度、1/4 の濃度を低濃度として用いた。

2. 染色体異常試験

直接法により、CHL細胞を24時間処理した結果、染色体の構造異常をもつ細胞および倍数性細胞の出現頻度が濃度に依存して有意に増加し、高濃度群(0.020 mg/ml)で構造異常については陽性(約21%)、倍数性細胞については疑陽性(約6%)と判定された。また、48時間処理した高濃度群(0.020 mg/ml)においても、染色体の構造異常をもつ細胞および倍数性細胞の出現頻度が有意に増加し、疑陽性と判定された。

一方、代謝活性化法により6時間処理した高濃度群では、観察した細胞の16%以上に染色体の構造異常が認められ、陽性の結果が得られた。また、中濃度および高濃度群で倍数性細胞の出現頻度が有意に増加し、疑陽性の結果が得られた。

3. 結論

メトキシメタノールは、今回実施した試験条件下で、試験管内の CHL 細胞に染色体異常を誘発すると結論した。

[緒 言]

OECD 既存化学物質安全性点検に係る毒性調査事業の一環として、メトキシメタノールの培養細胞に及ぼす細胞遺伝学的影響を評価するため、チャイニーズ・ハムスター培養細胞(CHL)を用いて試験管内染色体異常試験を実施した。

上記の試験は、「新規化学物質に係る試験の方法について」(昭和62年3月31日、環保業第237号、薬発第306号、62基局第303号)およびOECDガイドライン:473に準拠し、化学物質GLP(昭和59年3月31日、環保業第39号、薬発第229号、59基局第85号、改訂昭和63年11月18日、環企研第233号、衛生第38号、63基局第823号)に基づいて実施した。

[材料および方法]

1. 使用した細胞

リサーチ・リソースバンク(JCRB)から入手(1988年2月、入手時:継代4代)した チャイニーズ・ハムスター由来のCHL細胞を、解凍後継代10代以内で試験に用いた。 このCHL細胞株は、一般的に化学物質に対して検出感度が高いため常用されている。

2. 培養液の調製

培養には、牛胎児血清(FCS:JRH BIOSCIENCES、ロット番号:1C2073)を 10% 添加したイーグル MEM 培養液を用いた。MEM 培養液は、イーグル MEM 培地「ニッスイ」① 粉末(日水製薬(株))9.4gを1ℓの蒸留水に溶解し、121℃で 15分間、高圧蒸気滅菌したのち、L-グルタミン(滅菌済み、日水製薬(株))300 mg と 10% NaHCO₃溶液 12.5 mℓを加えて調製した。2倍濃度の MEM 培養液は、上記の培地 9.4gを 500 mℓの蒸留水に溶解し、以下 MEM 培養液と同様に調製した。

3. 培養条件

2×10⁴個の CHL 細胞を、培養液 5 ml を入れたフラスコ (面積25 cm 、 Coming) に播き、37 ℃ の CO₂ インキュベーター (5% CO₂) 内で培養した。

4. 被験物質および陽性対照物質

[被験物質]

(名 称) メトキシメタノール(略 号) MOM

2 2 2

(CAS No.) 4461-52-3

(ロット番号)

(分 子 式) C₂H₆O₂

(純 度) 46.73% (主な不純物としてメタノール: 44.93%)

(性 状) 無色透明の液体で、水 およびアセトンに可溶、融点-10℃、 沸点64~90℃の物質である。

(提供者)

(保存条件) 室温保存

(安 定 性) 保証期間1ケ月。

(溶媒中での安定性) この物質は低沸点であるため、現在実施している分析操作方法と試験条件下では、揮発によるデータのバラツキが大きく評価に耐えうる結果を得ることができないと判断し、安定性試験は実施しなかった。

[陽性対照物質]

1) 直接法の試験に用いる物質

(化 学 名) マイトマイシン C

(略 号) MC

(ロット番号) 814 ABB

(製 造 者) 協和醗酵工業(株)

(保存条件)冷暗所保存

2) 代謝活性化法の試験に用いる物質

(化 学 名) シクロホスファミド

(略 号) CPA

(ロット番号) 67F-0155

(製 造 者) Sigma Chemical Co.

(保存条件) 冷暗所保存

5. 被験物質の調製

被験物質の調製は、使用のつど行った。また、調製および処理にあたっては、キャップつきの器具を使用する等の揮発による処理条件の変化が少ないように注意して操作した。溶媒はアセトン(和光純薬工業(株)、ロット番号:DCK1899およびDSR8970)を用いた。原体を溶媒に溶解して原液(増殖抑制試験では4 mg/ml および30 mg/ml、染色体異常試験では4 mg/ml および6.4 mg/ml)を調製し、ついで原液を溶媒で順次希釈して所定の濃度の被験物質調製液を作製した。被験物質調製液は、全ての試験において培養液の0.5%(v/v)になるように加えた。染色体異常試験においては、直接法および代謝活性化法におけるS9 mix 存在下の高濃度群および低濃度群について、被験物質調製液の含量測定を秦野研究所分析化学研究室において行った。その結果、1.00 mg/mlの濃度の調製液は、許容範

囲内(平均含量が添加量の85%以上)からはずれた値であった(Appendix 1)。これは、 被験物質の特性により揮発性が高く、被験物質調製操作過程でのサンプリングの変動が避 け難いため、本試験条件下ではやむを得ないと判断し、このまま本含有量の調製液を用い て試験を実施した。なお、濃度の記載に関しては純度換算は行わなかった。

6. 試験条件

直接法では、細胞を 3日間培養したのち培養液を捨て、フラスコに培養液 5ml と各濃度の被験物質調製液 25 μ l を加え、24時間および48時間処理した。

代謝活性化法では、細胞を 3日間培養したのち培養液を捨て、MEM 培養液、2倍濃度のMEM 培養液、およびS9 mixをそれぞれ4:1:1 の割合で混合した溶液 3 ml をフラスコに加えた。また、S9 mix 非存在下の処理群においては、MEM 培養液 3 ml をフラスコに加えた。その後、さらに 15 μ l の被験物質調製液を加えて 6時間処理した。処理終了後、新鮮な培養液に交換し、更に 18時間培養した。S9 mixの調製は下記の組成で行った。

S9*	3	
20 mM HEPES (pH 7.2	2) 2	
50 mM MgCl ₂	1	
330 mM KCl	1	
50 mM G-6-P	1	
40 mM NADP	1	
蒸留水	11	
	合計 10 mℓ	

* S9 : Sprague-Dawley 系ラットにフェノバルビタールと 5,6-ベンゾフラボンを投与 して調製したキッコーマン(株)の S9 (ロット番号:RAA-281、1992年8月製造およびロッ ト番号:RAA-285、1992年11月製造)を購入し、使用時まで-80℃の超低温槽内に保存し た。

7. 細胞增殖抑制試験

染色体異常試験に用いる被験物質の処理濃度を決定するため、被験物質の細胞増殖に及 はす影響を調べた。

7.1 処理条件

直接法では48時間処理群について、また代謝活性化法では、S9mix 存在下および非存在

下の処理群について細胞増殖抑制試験を実施した。処理濃度は、培養液中での最終濃度が直接法では 0.008~0.020 mg/ml、代謝活性化法では0.005~0.150 mg/mlの範囲の濃度(理論値、以下同じ)を用いた。フラスコは 1濃度について 2個用いた。

7.2 標本作製法

培養終了後、後述の染色体標本作製法と同様の方法で染色体標本を作製した。

7.3 増殖抑制の指標とその結果

被験物質の CHL 細胞に対する増殖抑制作用は、全細胞(800細胞)に占める分裂中期細胞の割合、すなわち分裂指数を計測し、被験物質処理群の溶媒対照に対する分裂指数の比をもって指標とした。

その結果、メトキシメタノールの約50% の増殖抑制を示す濃度を、50%をはさむ2濃度の値より算出したところ、直接法では 0.020~mg/ml であった。一方、代謝活性化法の S9mix 存在下および非存在下における約50% の増殖抑制を示す濃度は、それぞれ 0.032~mg/ml および 0.019~mg/ml であった(Table 1、2、3 および Fig.1、2)。

8. 本試験の群構成

細胞増殖抑制試験の結果より、染色体異常試験で用いる被験物質の高濃度群を、直接法では 0.020 mg/ml、代謝活性化法のS9mix 存在下および非存在下では それぞれ0.032 mg/ml および 0.020 mg/ml とし、それぞれ高濃度群の 1/2 の濃度を中濃度、1/4 の濃度を低濃度とした。 陽性対照物質として用いたMC および CPA は注射用水(大塚製薬工場(株)、ロット番号:K1G70)に溶解して調製した。それぞれ染色体異常を誘発することが知られている濃度を適用した。

8.1 直接法

直接法では、3段階の被験物質処理濃度群に、対照群を含め下記の11群を設け、各群2個のフラスコを用いた。

	群	濃度 (mg/ml)	処理時間 (hours)
1)	無処理対照	_	
2)	溶媒対照	0	24
3)	MOM	0.005	24
4)	MOM	0.010	24
5)	MOM	0.020	24
6)	陽性対照 (MC)	0.00005	24
7)	溶媒対照	0	48
8)	MOM	0.005	48
9)	MOM	0.010	48
10)	MOM	0.020	48
11)	陽性対照 (MC)	0.00005	48

8.2 代謝活性化法

代謝活性化法では、3段階の被験物質処理濃度群に、対照群として S9mix を加えない群を含め、下記の11群を設け、各群2個のフラスコを用いた。

	群	濃度 (mg/ml)	S9mixの有無	処理時間 (hours)
1)	無処理対照	_	_	
2)	溶媒対照	0	-	6-(18)
3)	MOM	0.005		6-(18)
4)	MOM	0.010	_	6-(18)
5)	MOM	0.020	-	6-(18)
6)	陽性対照 (CPA)	0.005	-	6-(18)
7)	溶媒対照	0	+	6-(18)
8)	MOM	0.008	+	6-(18)
9)	MOM	0.016	+	6-(18)
10)	MOM	0.032	+	6-(18)
11)	陽性対照 (CPA)	0.005	+	6-(18)

9. 染色体標本作製法

1) 培養終了の 2時間前に、コルセミドを最終濃度が約 0.1 μg/ml になるように培養液に加え、培養終了後、各群の細胞をリン酸緩衝液(Ca⁺⁺、Mg⁺⁺を含まない)で洗い、

0.25% トリプシン溶液を用いてはがし、10 ml の遠沈管に集めた。

- 2) 1,000~1,200 rpm で 5分間遠沈し、上清を捨てたのち、沈殿した細胞に 3 ml の0.075 M KCl 水溶液を加えることにより約 30分間低張処理を行った。
- 3) 低張処理後、低張液の上層にカルノア液(氷酢酸:メタノール = 1:3 v/v) 約 6 mleを加え、下方から静かにピペッティングしながら混和して固定し、その後 1,000~1,200 rpm で 5分間遠沈した。
- 4) 遠沈後上清を除き、再び新鮮なカルノア液を加えて細胞をピペッティングにより再浮遊させ、1,000~1,200 rpm で 5分間遠沈した。この操作を数回繰り返した。
- 5) 遠沈して得た白色の細胞塊に、0.2~0.5 ml のカルノア液を加え、十分に懸濁させた。
- 6) 細胞浮遊液の少量を、あらかじめ洗浄しておいたスライドグラス上に滴下し、そのま ま風乾した。
- 7) スライド標本は各フラスコにつき6枚作製した。
- 8) スライドグラスのフロスト部分に鉛筆で、試験系識別番号、暗番号およびスライド番号を記入した。
- 9) 乾燥したスライドは、ギムザ原液 (Merck) 4.5 ml を M/15 リン酸緩衝液 (pH 6.8) 150 ml に希釈した染色液で約 8分間染色後、蒸留水で軽くすすいで風乾した。
- 10) 染色したスライド標本は、暗番号順にスライドケースに入れ、ケースには試験系識別番号、標本作製の日付を明示して保存した。

10. 染色体分析

作製したスライド標本のうち、1つのフラスコから得られた異なるスライドを、複数の 観察者がそれぞれ処理条件が分からないようにコード化した状態で分析した。よく広がり、 かつ染色体が散逸していない分裂中期像を探し、異常を有する細胞については、スライド 上のその位置を顕微鏡のステージの位置で記録用紙に記録した。

染色体の分析は、日本環境変異原学会、哺乳動物試験(MMS)分科会¹⁾ による分類法に基づいて行い、染色体型あるいは染色分体型のギャップ、切断、交換などの構造異常の有無と倍数性細胞(polyploid)の有無について観察した。また構造異常については1群200個、倍数性細胞については1群800個の分裂中期細胞を分析した。

11. 記録と判定

無処理対照、溶媒および陽性対照群と被験物質処理群についての分析結果は、観察した 細胞数、構造異常の種類と数、倍数性細胞の数について集計し、各群の値を記録用紙に記 入した。

染色体異常を有する細胞の出現頻度について、フィッシャーの Exact probability test 法により、溶媒対照群と被験物質処理群間および溶媒対照群と陽性対照群の有意差検定を行った。

被験物質の染色体異常誘発性についての判定は、石館ら²⁾の判定基準に従い、染色体異常を有する胞の頻度が5%未満を陰性、5%以上10%未満を疑陽性、10%以上を陽性とした。

[結果および考察]

直接法による染色体分析の結果を Table 4 に示した。

MOMを加えて24時間処理した結果、染色体の構造異常をもつ細胞および倍数性細胞の出現頻度が濃度に依存して有意に増加し、構造異常における判定は陽性、倍数性細胞における判定は疑陽性であった。また、48時間処理した高濃度(0.020 mg/ml)群で観察した細胞の6%(gapを含む)に染色体の構造異常が誘発され、疑陽性の結果が得られた。また、低濃度(0.005 mg/ml)群および高濃度(0.020 mg/ml)群で倍数性細胞の有意な増加が認められ、高濃度群で疑陽性の結果が得られた。

代謝活性化法による染色体分析の結果を Table 5 に示した。

MOMを加えて S9mix 存在下および非存在下で 6時間処理した高濃度群では、観察した細胞の16.5~26%(gapを含む)に染色体異常が認められ、判定は陽性であった。また、中濃度および高濃度群で倍数性細胞の出現頻度に有意な増加が認められ、判定は疑陽性であった。

陽性対照として用いた直接法での MC 処理群、および S9mix 存在下での CPA 処理群では染色分体交換 (cte) や染色分体切断 (ctb) などの構造異常をもつ細胞が高頻度に誘発された。

[結 論]

メトキシメタノールは、直接法における24時間および48時間処理の各処理群において、 CHL 細胞に染色体の構造異常や倍数性細胞を誘発した。

また、代謝活性化法におけるS9mix 存在下および非存在下においても、染色体の構造異常や倍数性細胞を誘発した。

従って、MOMは、上記の試験条件下で試験管内の CHL 細胞に染色体異常を誘発すると 結論した。

[特記事項]

本試験の実施にあたり、試験の信頼性に悪影響を及ぼす疑いのある予期し得なかった事 態及び試験計画書からの逸脱はなかった。

[文献]

- 1) 日本環境変異原学会・哺乳動物試験分科会編:化学物質による染色体異常アトラス、 朝倉書店 1988
- 2) 石館 基 監修: 〈改訂〉染色体異常試験データ集、エル・アイ・シー社、1987

Table 1 Inhibition of cell growth treated with methoxymethanol (MOM) for 48 hours by direct method in CHL cells

Concentration	Mitotic index (% of control)									
of MOM (mg/ml)			Average							
0.000	100.0,	100.0	100.0							
0.008	84.6,	122.7	103.6							
0.010	107.6,	122.7	115.1							
0.012	80.8,	104.5	92.6							
0.014	80.8,	113.6	97.2							
0.017	80.8,	104.5	92.6							
0.020	53.8,	40.9	47.4							

Table 2 Inhibition of cell growth treated with methoxymethanol (MOM) for 6 hours with S9 mix by metabolic activation method in CHL cells

Concentration of MOM	Mitotic index (% of control)										
(mg/ml)			Average								
0.000	100.0,	100.0	100.0								
0.005	85.7,	102.1	93.9								
0.009	85.7,	80.9	83.3								
0.019	123.8,	80.9	102.3								
0.038	26.2,	25.5	25.9								
0.075	Tox,	Tox	Tox								
0.150	Tox,	Tox	Tox								

Tox: toxicity

Table 3 Inhibition of cell growth treated with methoxymethanol (MOM) for 6 hours without S9 mix by metabolic activation method in CHL cells

Concentration	Mitotic index (% of control)									
of MOM (mg/ml)			Average							
0.000	100.0,	100.0	100.0							
0.005	83.1,	106.6	94.8							
0.009	54.9,	101.6	78.3							
0.019	40.8,	58.3	49.6							
0.038	0.0,	0.0	0.0							
0.075	0.0,	0.0	0.0							
0.150	0.0,	0.0	0.0							

Table 4 Results of chromosome analysis of Chinese hamster cells (CHL) treated with methoxymethanol (MOM)** by direct method

Group	Concent- ration	Time of exposure			No	o. of	struc		abe	errations 2)		Others ³⁾	No. of cells with aberrations			Polyploid 4) Judge	ement 5
	(mg/ml)	(hr)	analysed	gap	ctb	cte	csb	cse	f	mul	total		TAG (%)	TA	(%)	(%)	SA	NA
Control,			200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	(0.0)	0.25		
Solvent1)	0	24	200	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1 (0.5)	1	(0.5)	0.13		
MOM	0.005	24	200	0	0	0	0	1	0	0	1	3	1 (0.5)	1	(0.5)	0.13	_	-
MOM	0.010	24	200	0	3	14	0	0	0	0	17	1	10*(5.0)	10 *	(5.0)	3.13 *	土	_
MOM	0.020	24	200	1	29	74	1	2	1	0	108	3	41 *(20.5)	40 *	(20.0)	5.88 *	+	\pm
MC	0.00005	24	200	3	25	50	3	4	0	0	85	1	59 *(29.5)	57 *	(28.5)	0.13	+	-
Solvent ¹⁾	0	48	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0	(0.0)	0.13		
MOM	0.005	48	200	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1 (0.5)	1	(0.5)	1.38 *	-	
MOM	0.010	48	200	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0 (0.0)	0	(0.0)	1.00	_	_
MOM	0.020	48	200	1	1	10	0	3	2	10	27	6	12*(6.0)	11 *	(5.5)	5.00 *	\pm	土
MC	0.00005	48	200	4	21	53	2	3	16	0	99	8	59 *(29.5)	59 *	(29.5)	0.38	+	-

Abbreviations: gap: chromatid gap and chromosome gap, ctb: chromatid break, cte: chromatid exchange, csb: chromosome break, cse: chromosome exchange (dicentric and ring etc.), f: fragment (deletion), mul: multiple aberrations, TAG: total no. of cells with aberrations, TA: total no. of cells with aberrations except gap, SA: structural aberration, NA: numerical aberration, MC: mitomycin C.

1) Acetone was used as solvent.

2) More than ten aberrations in a cell were scored as 10.

³⁾ Others, such as attenuation and premature chromosome condensation, were excluded from the no. of structural aberrations.

⁴⁾ Eight hundred cells were analyzed in each group. 5) Judgement was done on the basis of the criteria of Ishidate et al. (1987).

^{*:} Significantly different from solvent control at p<0.05. **: Purity was 46.73%, and methanol (44.93%) was contained as impurity

Table 5 Results of chromosome analysis of Chinese hamster cells (CHL) treated with methoxymethanol (MOM)** by metabolic activation method

Group	Concent- ration				No. of structural aberrations								Others ³⁾	No. of cells with aberrations		Polyploid ⁴⁾	Judgement 5)	
(2000-100) Filling processing	(mg/ml)		(hr)	analysed	gap	ctb	cte	csb	cse	f	mul	2) total		TAG (%)	TA (%)	(%)	SA	NA
Control,				200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0 (0.0)	0.50		
Solvent1)	0	_	6 - (18)	200	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1 (0.5)	1 (0.5)	1.50		
MOM	0.005		6 - (18)	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(0.0)	0 (0.0)	1.25	A-2-1-1	-
MOM	0.010	-	6 - (18)	200	0	1	2	0	0	0	0	3	0	2 (1.0)	2 (1.0)	3.25 *	-	1 - 100 m
MOM	0.020	-	6 - (18)	200	0	28	87	0	0	1	10	126	0	52 *(26.0)	52 *(26.0)	2.65*6	+	19-
CPA	0.005	-	6 - (18)	200	2	0	1	0	0	0	0	3	1	3 (1.5)	1 (0.5)	0.13	-	
Solvent ¹⁾	0	+	6 - (18)	200	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1 (0.5)	1 (0.5)	0.25		/*:
MOM	0.008	+	6 - (18)	200	1	0	1	0	0	0	0	2	1	2 (1.0)	1 (0.5)	0.13	-	-
MOM	0.016	+	6 - (18)	200	1	0	0	0	0	1	0	. 2	0	2 (1.0)		1.63 *	-	_
MOM	0.032	+	6 - (18)	200	2	16	41	0	1	2	0	62	2	33 *(16.5)	32 *(16.0)	5.75 *	+	土
CPA	0.005	+	6 - (18)	200	4	22	33	2	0	3	0	64	4	49 *(24.5)	45 *(22.5)		+	-

Abbreviations: gap: chromatid gap and chromosome gap, ctb: chromatid break, cte: chromatid exchange, csb: chromosome break, cse: chromosome exchange (dicentric and ring etc.), f: fragment (deletion), mul: multiple aberrations, TAG: total no. of cells with aberrations, SA: structural aberration, NA: numerical aberration, CPA: cyclophosphamide.

1) Acetone was used as solvent.

2) More than ten aberrations in a cell were scored as 10.

³⁾ Others, such as attenuation and premature chromosome condensation, were excluded from the no. of structural aberrations.

⁴⁾ Eight hundred cells were analyzed in each group. 5) Judgement was done on the basis of the criteria of Ishidate et al. (1987).

⁶⁾ Seven hundred and nineteen-three cells were analyzed. *: Significantly different from solvent control at p<0.05

^{**:} Purity was 46.73%, and methanol (44.93%) was contained as impurity

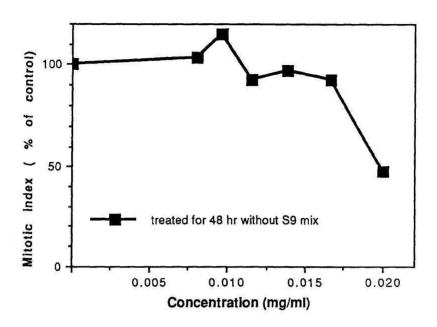


Fig. 1 Inhibition of cell growth treated with methoxymethanol in CHL cells by direct method

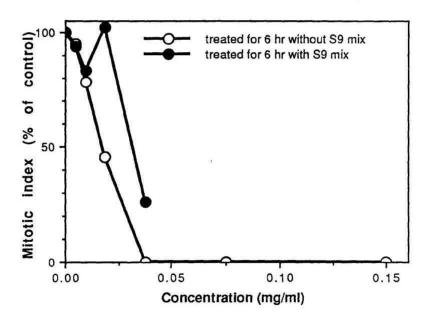


Fig.2 Inhibition of cell growth treated with methoxymethanol in CHL cells by metabolic activation method