

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4452458号
(P4452458)

(45) 発行日 平成22年4月21日(2010.4.21)

(24) 登録日 平成22年2月5日(2010.2.5)

(51) Int. Cl. F 1
C 1 2 Q 1/02 (2006.01) C 1 2 Q 1/02

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-160007 (P2003-160007)	(73) 特許権者	390033857 株式会社フジキン
(22) 出願日	平成15年6月4日(2003.6.4)		大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号
(65) 公開番号	特開2004-81202 (P2004-81202A)	(74) 代理人	100106611 弁理士 辻田 幸史
(43) 公開日	平成16年3月18日(2004.3.18)	(74) 代理人	100087745 弁理士 清水 善廣
審査請求日	平成18年4月19日(2006.4.19)	(74) 代理人	100098545 弁理士 阿部 伸一
(31) 優先権主張番号	特願2002-189283 (P2002-189283)	(72) 発明者	小野 信一 静岡県清水市草薙1181-16
(32) 優先日	平成14年6月28日(2002.6.28)	(72) 発明者	平岡 潔 茨城県つくば市御幸が丘18番地 株式会 社フジキン 筑波研究工場内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
特許法第30条第1項適用 平成14年12月6日伊勢 シティホテルにおいて開催された社団法人日本水産学会 中部支部第2回大会で発表			
微生物の受託番号 FERM BP-8421			
微生物の受託番号 FERM BP-8422			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 細胞毒性試験方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

チョウザメ由来の株化細胞としてペステルの虹彩色素上皮細胞由来の50回以上の継代培養が可能な株化細胞であるSTIP-1細胞(FERM BP-8421)またはSTIP-3細胞(FERM BP-8422)に対する毒性に基づいて被検物質の毒性評価を行う細胞毒性試験方法。

【請求項2】

被検物質の毒性評価にアラマーブルーアッセイ法を用いる請求項1記載の細胞毒性試験方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、化学物質や重金属などの各種の被検物質の細胞毒性試験方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

これまで、化学物質や重金属(亜鉛、カドミウム、銅、砒素、コバルト、モリブデン、ニッケル、鉛、セレン、クロム、錫、水銀など)などの各種の被検物質の毒性試験は動物個体を用いて行われてきたが、動物個体を用いた方法は、時間と費用がかかり過ぎるという問題だけでなく、動物愛護の観点からも問題がある。従って、近年、株化細胞(培養細胞)を用いた毒性試験方法、即ち、細胞毒性試験方法が検討されている。

【 0 0 0 3 】

【 発明が解決しようとする課題 】

水環境における被検物質の毒性試験は魚類由来の株化細胞を用いて行うことが望ましく、ニジマス卵巣由来の線維芽性株化細胞である R T G - 2 細胞やファットヘッドミノール由来の上皮性株化細胞である F H M 細胞などを用いた毒性試験方法が既に検討されている。しかしながら、これらの方法は感受性などの面において十分なものではなく、また、R T G - 2 細胞は、増殖速度が遅いといった問題や、増殖温度範囲が狭いといった問題があり、利便性の面においても必ずしも満足できるものではない。

そこで本発明は、新規な魚類株化細胞を用いた細胞毒性試験方法を提供することを目的とする。

10

【 0 0 0 4 】

【 課題を解決するための手段 】

上記の点に鑑みてなされた本発明は、請求項 1 記載の通り、チョウザメ由来の株化細胞としてベステルの虹彩色素上皮細胞由来の 5 0 回以上の継代培養が可能な株化細胞である S T I P - 1 細胞 (F E R M B P - 8 4 2 1) または S T I P - 3 細胞 (F E R M B P - 8 4 2 2) に対する毒性に基づいて被検物質の毒性評価を行う細胞毒性試験方法である。

また、請求項 2 記載の細胞毒性試験方法は、被検物質の毒性評価にアラマーブルーアッセイ法を用いるものである。

20

【 0 0 0 5 】

【 発明の実施の形態 】

本発明の細胞毒性試験方法においては、被検物質の毒性評価を行うためにチョウザメ由来の株化細胞を用いる。チョウザメ (s t u r g e o n) としては、例えば、H u s o 属や A c i p e n s e r 属に属するものが挙げられるが、好適には H u s o 属に属するブルーガ (H . H u s o) の雌と A c i p e n s e r 属に属するステールリヤチ (A . r u t h e n u s) の雄から作出された品種改良種であるベステル (B e s t e r) が挙げられる。ベステルは交雑種であるため、ベステル由来の株化細胞は、各種の被検物質に対する感受性に関して H u s o 属チョウザメの細胞と A c i p e n s e r 属チョウザメの細胞の双方の特性を兼ね備えていることが期待されるからである。

30

【 0 0 0 6 】

チョウザメ由来の株化細胞は、例えば、上皮細胞から樹立される。当該上皮細胞は、チョウザメのどの部位の組織のものであってもよいが、眼球のいずれかの組織の上皮細胞であることが望ましく、好適な上皮細胞としては、外界と非接触の状態が存在する虹彩色素上皮細胞や網膜色素上皮細胞などが挙げられる。これらの細胞は元来、微生物汚染の可能性がないので、無菌的に細胞を取出せば、その後の作業を無菌的に行うことで株化細胞の微生物汚染を確実に防ぐことができるからである。なお、株化細胞は、腎臓や卵巣を由来とする上皮細胞から樹立されたものであってもよいが、この場合、株化細胞を樹立するに当たっては、これらの組織から上皮細胞のみを選択して分離培養するためにはある程度の時間と労力を必要とするといった点や、微生物汚染の可能性が否定できないといった点を認識しておく必要がある。

40

【 0 0 0 7 】

株化細胞の樹立方法は、公知の方法に従って、初代培養細胞を継代培養することで行えばよい。培地は、魚類細胞の培養に通常用いられる L 1 5 培地に牛胎児血清 (F B S) を加えたようなものでよい。

【 0 0 0 8 】

チョウザメ由来の株化細胞として好適なものは、例えば、ベステル眼球の虹彩色素上皮細胞由来の株化細胞である S T I P - 1 細胞 (F E R M B P - 8 4 2 1) と S T I P - 3 細胞 (F E R M B P - 8 4 2 2) が挙げられる。いずれの細胞も、R T G - 2 細胞や F H M 細胞などよりも感受性が高いという利点を有する。また、いずれの細胞も、細胞外基質を添加することなしに継代培養が可能であること、5 0 回以上の継代培養が可能であ

50

ることから、利便性の面において優れている。とりわけ、STIP-1細胞は、20での培養開始後2日目～6日目のダブリングタイムが50時間未満であるといった特性や、培養皿に添加してから接着するまでの着定率が1時間後に75%以上であるといった特性を有するので、一度に大量の試験区を設定しても簡便かつ迅速に試験を行うことができる。

【0009】

被検物質のチョウザメ由来の株化細胞に対する毒性は、例えば、アラマーブルーアッセイ法を用いて評価すればよい。

アラマーブルーアッセイ法は、動物細胞などの細胞代謝を測定するために開発されたバイオアッセイ法の一つである。アラマーブルーは、その還元細胞への取込みを必要とする酸化還元色素であり、ミトコンドリア内で行われている呼吸代謝系の還元反応により、酸化型（無蛍光・青）から還元型（蛍光・赤）に変化する性質を持つ。細胞代謝が正常であると還元反応が進行する一方、細胞代謝に異常をきたすと酸化型のままであるので、色の变化を測定して細胞代謝の異常を調べることができる。また、細胞代謝の測定を蛍光や吸光に基づいて行ってもよい。この場合、蛍光は530nm～560nmの励起波長と590nmの検出波長でモニターされ、吸光は570nmと600nmでモニターされる。

アラマーブルーアッセイ法は、アラマーブルーが水溶性であり、ニュートラルレッドなどの他の色素を用いたバイオアッセイ法において必要とされる抽出操作や固定操作が不要なため、評価を簡便に行うことができるという点において望ましいものである。

なお、このアラマーブルーアッセイ法は、例えば、市販のキット（BIOSOURCE社製）を用いて行うことができる。

【0010】

【実施例】

以下に参考例と実施例を挙げ、本発明を具体的に説明する。

【0011】

参考例：チョウザメ由来の株化細胞の樹立

1. ベステル眼球からの虹彩色素上皮細胞の分離

体長約15cmのベステル30尾から眼球を摘出して70%エタノール中で殺菌処理した後、殺菌処理した眼球をペニシリンとストレプトマイシンを添加したPBS(-)中でよく洗浄した。その後、眼球から角膜とレンズを取り除いて虹彩を切り出した。こうして得られた虹彩を0.05%EDTAで約40分間処理し、虹彩色素上皮細胞と、虹彩のストローマや強膜などの結合組織との分離を容易にした後、これらの結合組織を取り除き、分離したシート状の虹彩色素上皮細胞を0.125%トリプシンで酵素処理してシングルセル状態の細胞（初代細胞）を得た。

【0012】

2. 初代培養

上記のようにして得られた初代細胞を、直径3.5cmプラスチックディッシュ（培養皿）に加えた、Leibovits L15培地（Gibco社製）に10%FBS（Gibco社製の牛胎児血清）とペニシリン（10unit/ml）とストレプトマイシン（50µg/ml）を添加した培地を用い、20のCO₂インキュベータ内（但し大気雰囲気）で培養した。初代細胞の中から増殖性の優れた細胞を選択し、継代培養を繰り返した。

【0013】

3. 継代培養

培養皿が細胞で集密的（confluent）な状態になったら、0.05%EDTAと0.125%トリプシンを含有する溶液で細胞を培養皿から剥離し遠心分離により細胞を回収し、別の培養皿に移し、上記の培地を用いて培養を継続した。これを繰り返すことによって、長期間培養可能な2種類の株化細胞（STIP-1細胞とSTIP-3細胞）を得た。いずれの株化細胞も、継代培養の際、コラーゲンなどの細胞外基質を培養皿底面にコーティングするといったような添加をしなくても培養皿に着定した。なお、上記の2

種類の株化細胞は独立行政法人産業技術総合研究所特許生物寄託センターに寄託されており、それらの受託番号は、STIP-1細胞がFERM BP-8421、STIP-3細胞がFERM BP-8422である。この特許出願の時点において、株化細胞STIP-1の継代培養回数は140回を超え、株化細胞STIP-3の継代培養回数は80回を超える。

【0014】

4. STIP-1細胞とSTIP-3細胞の特性

(細胞の形態)

STIP-1細胞は細長い細胞であるが上皮性の細胞であった(図1参照:培養開始後8日目の倍率100倍の顕微鏡写真)。一方、STIP-3細胞は典型的な敷石状の上皮性の細胞であった(図2参照:培養開始後14日目の倍率100倍の顕微鏡写真)。

【0015】

(細胞の温度特性)

図3に示したように、STIP-1細胞は15 ~ 32 の広い温度範囲で良好な増殖性を示し、特に20での増殖性が優れていた。20での培養開始後2日目~6日目の細胞のダブリングタイム(指数関数的に細胞が増殖する時間)は38.9時間であり、RTG-2細胞と比較して約2倍の増殖速度を有していた。一方、図4に示したように、STIP-3細胞は15 ~ 20で良好な増殖性を示したが、30以上ではその増殖性は阻害された。20での培養開始後2日目~6日目の細胞のダブリングタイムは74.9時間であった。

【0016】

(細胞増殖に対するFBSの影響)

図5に示したように、STIP-1細胞を増殖せしめるために必要なL15培地に添加されるFBSの濃度は4%で足りた。また、図6に示したように、STIP-3細胞を増殖せしめるために必要なL15培地に添加されるFBSの濃度も4%で足りた。よって、これらの株化細胞を増殖せしめるために必要なFBSは少量であることから、これらの株化細胞の大量培養は経済的に有利であることがわかった。

【0017】

(細胞の染色体数)

STIP-1細胞とSTIP-3細胞の染色体数を、継代培養80回目の細胞について、培養6日目の対数増殖期の細胞にコルヒチン処理を行う常法にて調べた。具体的には、細胞に最終濃度が0.20 $\mu\text{g}/\text{ml}$ になるようにコルヒチンを加え、18時間培養した後培地を取り除いてから細胞をPBS(-)で洗浄した。次に、0.05% EDTAと0.125%トリプシンを含有する溶液で細胞を培養皿から剥離し遠心分離により細胞を回収した。こうして回収した細胞に0.075MのKClを添加して室温にて20分間静置して低張処理を行った。低張処理した細胞懸濁液はカルノア液を用いて20分間水中で固定した後、フレイムドライ法によって染色体標本とした。これをギムザ染色し、顕微鏡(倍率1000倍)で染色体を計数した。その結果、STIP-1細胞の染色体数は $2n = 166 \pm 7.6$ 本、STIP-3細胞の染色体数は $2n = 121 \pm 6.1$ 本となり、いずれの細胞もベステルの染色体数である $2n = 117$ 本と比較して増加していた(図7参照)。この結果は、いずれの細胞も株化細胞であることを特徴付けるものである。染色体を分類すると、いずれの細胞も基本的には2倍体であるが、ランダムに異数性を示していた。 $2n = 173$ 本のSTIP-1細胞の一例の染色体標本を図8に、 $2n = 126$ 本のSTIP-3細胞の一例の染色体標本を図9に示す。

【0018】

(細胞の接着性)

STIP-1細胞の培養皿への接着性を、細胞を培養皿に添加してから接着するまでの時間(着定率: *Plating Efficiency*: 一定時間後に培養皿に定着した細胞数を細胞皿に添加した全細胞数で割った値を百分率で表したもの)により調べた。結果を図10に示す。図10から明らかなように、STIP-1細胞は細胞を培養皿に添加し

てから5分後には51.4%の着定率を示し、1時間後には83.5%、24時間後には94.8%と極めて高い数値を示した。

【0019】

実施例1：STIP-1細胞とSTIP-3細胞を用いた重金属類の細胞毒性試験

(A) STIP-1細胞とSTIP-3細胞に対するカドミウムの毒性評価を以下のようにして行った。

【0020】

1. 方法

細胞を96穴マイクロプレート内で集密的(*confluent*)な状態になるまで20のCO₂インキュベータ内(但し大気雰囲気)で培養した。培養はLeibovits L15培地(Gibco社製)に10%FBS(Gibco社製の牛胎児血清)とペニシリン(10unit/ml)とストレプトマイシン(50μg/ml)を添加した培地を用いて行った。

被検物質(塩化カドミウム: CdCl₂·2H₂O)の0.2M水溶液を作成し、0.2μmのフィルタで濾過滅菌してから4℃で保存した。

このカドミウム水溶液から0.01mM, 0.025mM, 0.05mM, 0.075mM, 0.1mM, 0.25mM, 0.5mM, 0.75mM, 1mMの9段階の濃度のカドミウム水溶液を作成し、各ウェルに接種した。コントロールには培地のみを加えた。24時間経過後、アラマブルー色素を加えてさらに24時間培養を続けた。

次に、マイクロプレートリーダーを用いて2波長(570nmと600nm)で各ウェルの吸光度を測定した。カドミウム水溶液による細胞代謝の障害値は、培地のみ加えたウェルをコントロールとして、カドミウム水溶液を接種したウェル(サンプル)のコントロールに対する減少率として求めた。計算式は以下に示す通りである。

【0021】

障害値(%) = 100 - (A / B) × 100

A = サンプルウェル(A570nm A600nm) ブランクウェル(A570nm A600nm)

B = コントロールウェル(A570nm A600nm) ブランクウェル(A570nm A600nm)

なお、(A / B) × 100は細胞の生存率(%)を意味する。

【0022】

以上の方法によって、50%の細胞に影響が認められる毒性濃度EC₅₀値でもってSTIP-1細胞とSTIP-3細胞に対するカドミウムの毒性評価を行った。

【0023】

2. 結果

STIP-1細胞に対するカドミウムのEC₅₀値は0.089mMであり、STIP-3細胞に対するカドミウムのEC₅₀値は0.1mMであった(図11参照)。このEC₅₀値は、RTG-2細胞を用いた場合やFHM細胞を用いた場合のEC₅₀値である0.18mM~0.38mMよりも低く、STIP-1細胞とSTIP-3細胞は、RTG-2細胞やFHM細胞よりも感受性が高いことがわかった。

【0024】

(B) STIP-1細胞に対するカドミウム以外の8種類の重金属類の毒性評価を(A)に記載の方法と同様にして行った。結果を表1に示す。

【0025】

【表1】

重金属類	EC ₅₀ (mM)
CoCl ₂ ・6H ₂ O	2.2000
CuCl ₂ ・2H ₂ O	1.3200
HgCl ₂	0.0850
MnCl ₂ ・4H ₂ O	0.4000
NiCl ₂ ・6H ₂ O	>10
Pb(NO ₃) ₂	3.3000
ZnSO ₄ ・7H ₂ O	0.4000
トリブチルスズ	0.0009

【 0 0 2 6 】

(C) 実施例 1 のまとめ

STIP - 1 細胞に対する 9 種類の重金属類の毒性評価を行った結果、トリブチルスズが最も強い毒性を示し、その EC₅₀ 値は 9×10^{-4} mM であった。トリブチルスズは他の重金属類よりも約 100 倍の低濃度で細胞に対して毒性を示した。また、STIP - 1 細胞に対する重金属類を毒性の強い順に並べると、スズ > 水銀 > カドミウム > 亜鉛 = マンガン > 銅 > コバルト > 鉛 > ニッケル のようになり、既に報告されている他の魚類由来の培養細胞に対する毒性と同様の傾向であった。この中で、マンガンは STIP - 1 細胞に対して他の魚類由来の培養細胞よりも約 10 倍以上強い毒性を示した。

20

【 0 0 2 7 】

実施例 2 : STIP - 1 細胞を用いたフェノール類の細胞毒性試験

STIP - 1 細胞に対する 12 種類のフェノール類の毒性評価を実施例 1 の (A) に記載の方法と同様にして行った。結果を表 2 に示す。

【 0 0 2 8 】

【表 2】

フェノール類	EC ₅₀ (mM)
フェノール	8.6000
p-ニトロフェノール	0.3500
p-クロロフェノール	0.8000
2,3-ジクロロフェノール	0.0800
2,4-ジクロロフェノール	0.0550
2,5-ジクロロフェノール	0.0560
2,6-ジクロロフェノール	0.9000
3,4-ジクロロフェノール	0.0300
2,4,5-トリクロロフェノール	0.0070
2,4,6-トリクロロフェノール	0.7000
2,3,4,6-テトラクロロフェノール	0.0090
ペンタクロロフェノール	0.0900

【 0 0 2 9 】

表 2 から明らかなように、2, 4, 5 - トリクロロフェノールが STIP - 1 細胞に対して最も強い毒性を示した。今回調べた 12 種類のフェノール類の EC₅₀ 値は、他の魚類由来の培養細胞に対する EC₅₀ 値よりも 2 倍 ~ 6 倍低い値であった。これは STIP - 1 細胞がフェノール類の毒性を調べる上で有用な細胞であることを示唆するものであった。

50

【 0 0 3 0 】

【 発 明 の 効 果 】

本発明によれば、新規な魚類株化細胞、即ち、チョウザメ由来の株化細胞を用いた細胞毒性試験方法が提供される。

【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 図 1 】 S T I P - 1 細胞の顕微鏡写真。

【 図 2 】 S T I P - 3 細胞の顕微鏡写真。

【 図 3 】 各温度における S T I P - 1 細胞の増殖曲線。

【 図 4 】 各温度における S T I P - 3 細胞の増殖曲線。

【 図 5 】 S T I P - 1 細胞の増殖に対する F B S の影響を示すグラフ。

10

【 図 6 】 S T I P - 3 細胞の増殖に対する F B S の影響を示すグラフ。

【 図 7 】 S T I P - 1 細胞と S T I P - 3 細胞の染色体数を示すグラフ。

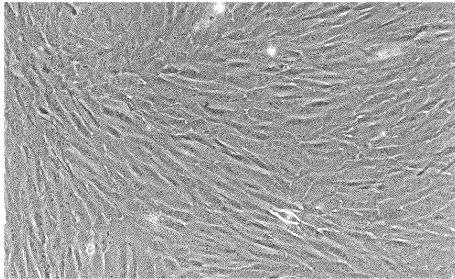
【 図 8 】 S T I P - 1 細胞の染色体標本。

【 図 9 】 S T I P - 3 細胞の染色体標本。

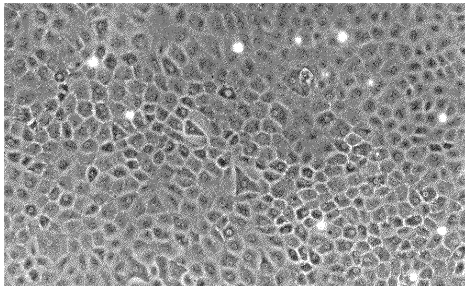
【 図 1 0 】 S T I P - 1 細胞の培養皿への接着性を示すグラフ。

【 図 1 1 】 S T I P - 1 細胞と S T I P - 3 細胞に対するカドミウムの毒性を示すグラフ。

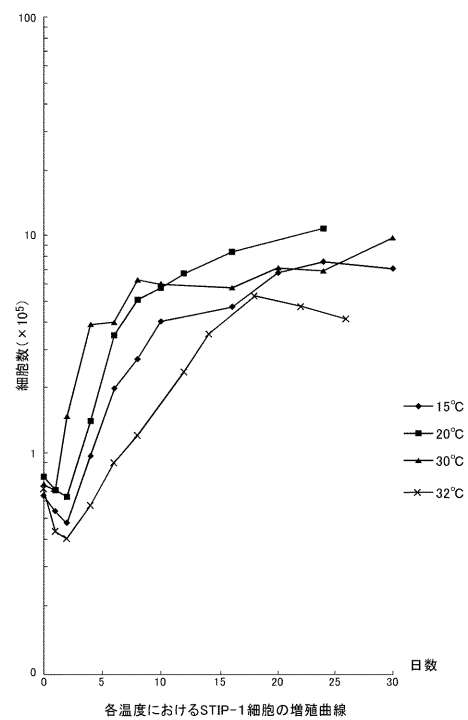
【 図 1 】



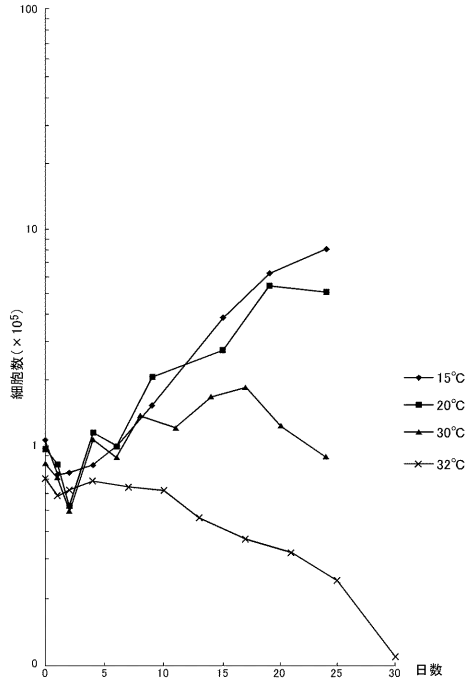
【 図 2 】



【 図 3 】

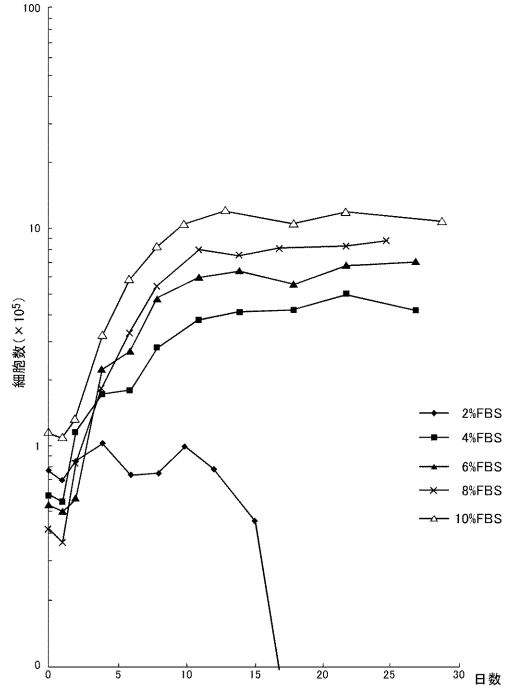


【図4】



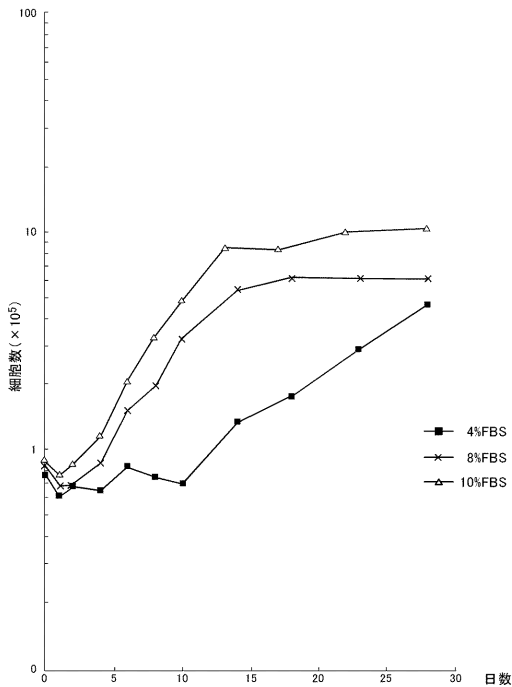
各温度におけるSTIP-3細胞の増殖曲線

【図5】



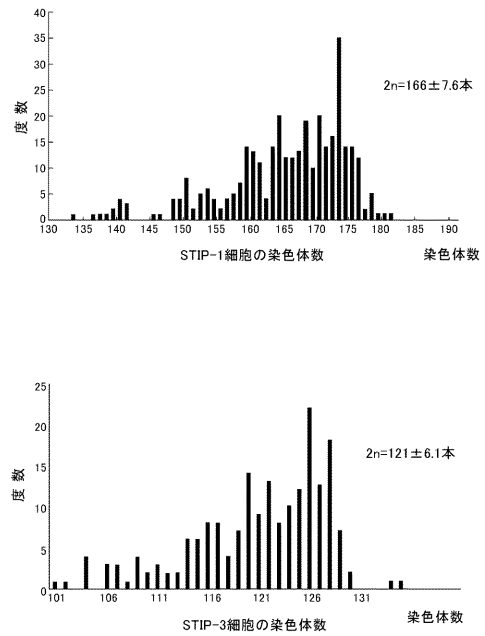
L-15培地に添加した牛胎児血清(FBS)がSTIP-1細胞の増殖に与える影響

【図6】

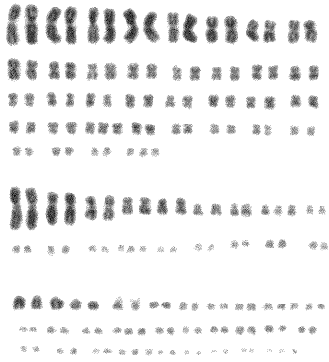


L-15培地に添加した牛胎児血清(FBS)がSTIP-3細胞の増殖に与える影響

【図7】

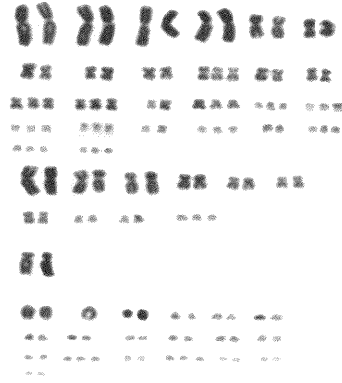


【 図 8 】



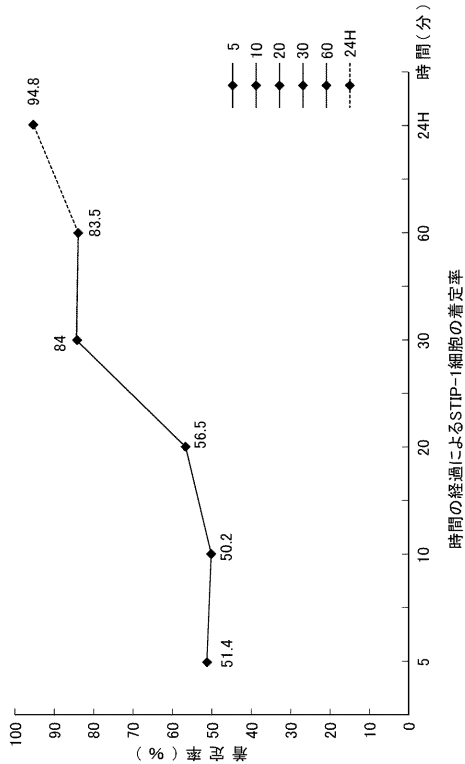
STIP-1細胞から作出した染色体標本(2n=173). 中部動原体型(M型)74本、次中部動原体型(SM型)38本、次端部型(ST型)0本、末端動原体型61本

【 図 9 】

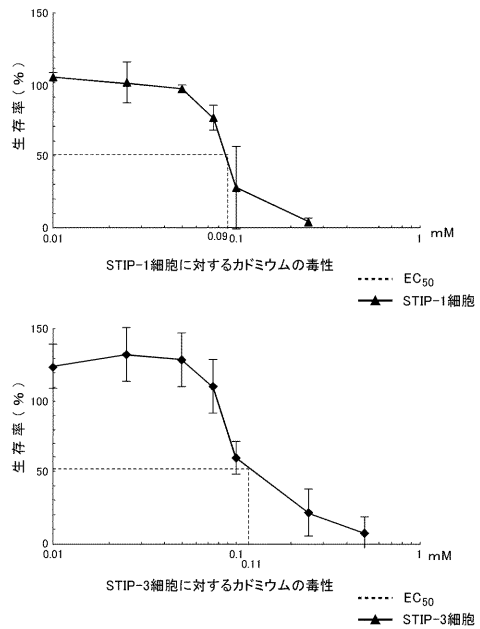


STIP-3細胞から作出した染色体標本(2n=126). 中部動原体型(M型)64本、次中部動原体型(SM型)21本、次端部型(ST型)2本、末端動原体型39本

【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

審査官 左海 匡子

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 4 9 7 6 5 (J P , A)

平成 1 4 年度第 2 回日本水産学会中部支部大会講演要旨集, 2 0 0 2 年, pp.19 20

Transactions of the American Fisheries Society, 1 9 9 1 年, vol.120, pp.528 534

Diseases of aquatic organisms, 1 9 9 8 年, vol.32, pp.173 184

Proc. Japan Acad., 1 9 8 6 年, vol.62 no.3, pp.87 90

ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY, 1 9 8 7 年, vol.14, pp.78 87

東京都環境科学研究所年報, 1 9 9 8 年, pp.101 106

Toxicology in Vitro, 2 0 0 1 年, vol.15, pp.519 524

昭和 6 1 年度 魚病対策技術開発 研究成果報告書, 1 9 8 7 年, pp.8 12

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

IPC

C12Q 1/02

DB名

CA/BIOSIS/MEDLINE(STN)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)

PubMed

Science Direct

CiNii

WPI