

をリン酸化する活性を有する（文献23、24）。ACV や GCV は生物活性が低いプロドラッグ（prodrug）と呼ばれ、これらを基質とするキナーゼを発現していない細胞に対しては毒性を示さないが、ウイルス感染や HSV-TK 遺伝子導入等により HSV-TK が発現している細胞では ACV や GCV がリン酸化され（一リン酸化物）、さらには内在性のグアニル酸キナーゼとチミジンキナーゼにより二、三リン酸化物へと変換される。この最終産物である三リン酸化物が DNA ポリメラーゼ阻害や DNA 伸長障害を引き起こすことで細胞に強い障害を与え、最終的に細胞を死に至らせる。このように HSV-TK は ACV や GCV との組み合わせにより生物活性を示す特異的な酵素であり、HSV-TK 遺伝子は自殺遺伝子と呼ばれる。尚、Ebeling らによって、T 細胞に導入された HSV-TK 遺伝子の 4.2+/-1.2%に splicing variant が見られることが報告されている。MolMed 社の欧州における治験並びに筑波における臨床研究症例においても splicing variant の出現の可能性は十分想定されるものの、両研究の中で遺伝子導入細胞投与後に引き起こされた移植片対宿主病がガンシクロビルの投与によって鎮静化されていること、また、仮に splicing variant に起因する HSV-TK 不応性の移植片対宿主病が出現したとしても、ステロイドの使用によって鎮静化させることが可能であることから、本試験の遂行上重大な問題とならないと考えられる（文献25）。その他、プロモーターのメチル化により HSV-TK 遺伝子発現が抑制される可能性も考えられるが、splicing variant と同様の理由にて、本研究の遂行上重大な問題とならないと考えられる。

HSV-TK はウイルス由来の蛋白質であるためヒトに対して免疫原性を有しており、本遺伝子組換え生物又はこれと類似のレトロウイルスベクター-SFCMM-2 (HSV-TK/neo 融合蛋白質の遺伝子を持つ) による遺伝子導入 T リンパ球が白血病患者に輸注された結果、8 例中 3 例 (SFCMM-2) 又は 15 例中 4 例 (本遺伝子組換え生物) において、HSV-TK に特異的な細胞傷害性 T 細胞 (CTL) の誘導が確認されている (文献26)。

2) SV40 初期プロモーター

多くの細胞において構成的に機能するプロモーターであり、本遺伝子組換え生物により遺伝子導入した細胞においては Δ LNGFR 遺伝子の転写を行う。

SV40 初期プロモーター配列中には、23 アミノ酸から成る early leader protein (SELP) をコードするオープンリーディングフレーム (ORF) が含まれる。SV40 を感染させた培養細胞において SELP と同等の分子量を有する蛋白質の発現が確認されており (文献27)、類縁のウイルスにも保存されていることから重要な機能を有することが示唆されるが、その機能についてはほとんど知られていない (文献28)。なお、本遺伝子組換え生物により遺伝子導入した細胞における SELP の発現の有無に関しては不明である。

3) Δ LNGFR 遺伝子

LNGFR は神経成長因子 (nerve growth factor: NGF) に対する受容体であり、膜貫通型

の蛋白質である。LNGFR は主に神経系細胞において発現しており、このほかに筋肉、精巣で発現しているが、ほとんどの造血系細胞では発現していない（文献29）。Tropomyosin related kinase (Trk) と結合することで高親和性の神経成長因子受容体を形成すると報告されており、LNGFR 単独では NGF の刺激を細胞内に伝達することはない（文献30）。SFCMM-3 DNA がコードする Δ LNGFR は LNGFR の細胞内領域を欠損させたものであり、 Δ LNGFR を発現する細胞に抗 LNGFR 抗体を加えても細胞内に刺激が伝達されることはない。

4) 5'-LTR、 Ψ の前半及び 3'-LTR の R 領域

これらの供与核酸は MoMSV 由来であるが、MoMLV の相同配列と同等の機能を有していると考えられる。5'-LTR 及び 3'-LTR はウイルスゲノムの細胞染色体への組込みに必須である。また、本遺伝子組換え生物により遺伝子導入された細胞において、プロウイルスの 5'-LTR は HSV-TK 遺伝子の転写を行う。 Ψ は、産生細胞において本遺伝子組換え生物のゲノム RNA がウイルス粒子にパッケージングされる際に必須である。

5) neo の断片

本遺伝子組換え生物のゲノムにおいて、neo の断片の上流には同じ読み枠に終止コドンが存在するので、翻訳されることはないと考えられる。また、仮に翻訳されたとしても、野生型 neo が 264 アミノ酸からなる蛋白質をコードしているのに対して、本断片は 53 アミノ酸をコードするだけなので、機能を有する蛋白質を発現する可能性は非常に低いと考えられる。

6) 制限酵素認識部位等の人工配列

本遺伝子組換え生物の生物学的機能には影響を及ぼさないと考えられる。

7) SFCMM-3 DNA 中の有害配列の有無

SFCMM-3 DNA の全塩基配列中の有害配列（がん遺伝子、有害物質、トキシン）の有無について相同性の検索を行ったところ、有害配列は見当たらなかった。

文献18 : Wagner MJ, et al. Nucleotide sequence of the thymidine kinase gene of herpes simplex virus type 1. Proc Natl Acad Sci USA 78:1441-1445 (1981)

文献19 : Johnson D, et al. Expression and structure of the human NGF receptor. Cell 47:545-554 (1986)

文献20 : Hempstead BL, et al. Deletion of cytoplasmic sequences of the nerve growth factor receptor leads to loss of high affinity ligand binding. J Biol Chem 265:9595-9598 (1990)

文献21 : Mavilio F, et al. Peripheral blood lymphocytes as target cells of retroviral

- vector-mediated gene transfer. Blood 83:1988-1997 (1994)
- 文献22 : Bender MA, et al. Evidence that the packaging signal of Moloney Murine Leukemia Virus extends into the gag region. J Virol 61:1639-1646 (1987)
- 文献23 : Moolten FW, et al. Tumor chemosensitivity conferred by inserted herpes thymidine kinase genes: paradigm for a prospective cancer control strategy. Cancer Res 46:5276-5281 (1986)
- 文献24 : Reardon JE. Herpes simplex virus type 1 and human DNA polymerase interactions with 2'-deoxyguanosine 5'-triphosphate analogues: kinetics of incorporation into DNA and induction of inhibition. J Biol Chem 264:19039-19044 (1989)
- 文献25 : Ebeling SB, et al. Development and application of quantitative real time PCR and RT-PCR assays that discriminate between the full-length and truncated herpes simplex virus thymidine kinase gene. J Virol Methods 109(2):177-186 (2003)
- 文献26 : Bonini C, et al. Safety of retroviral gene marking with a truncated NGF receptor. Nat Med 9:367-369 (2003)
- 文献27 : Khalili K, et al. Translational regulation of SV40 early mRNA defines a new viral protein. Cell 48:639-645 (1987)
- 文献28 : Khalili K, et al. The agnoprotein of polyomaviruses: a multifunctional auxiliary protein. J Cell Physiol 204:1-7 (2005)
- 文献29 : Casaccia-Bonofil P, et al. Neurotrophins in cell survival/death decisions. Adv Exp Med Biol 468:275-282 (1999)
- 文献30 : Klein R, et al. The trk protooncogene encodes a receptor for nerve growth factor. Cell 65:189-197 (1991)

2 ベクターに関する情報

(空欄)

3 遺伝子組換え生物等の調製方法

(1) 宿主内に移入された核酸全体の構成

本遺伝子組換え生物のゲノムの構成と制限酵素地図を別紙2に示す。本遺伝子組換え生物のゲノムは1本鎖RNAであるが、別紙2の制限酵素認識部位はDNA配列に変換したときのものである。本遺伝子組換え生物のゲノムの構成成分は、5'末端側から順に、5'-LTR、 Ψ 、HSV-TK 遺伝子、SV40 初期プロモーター、 Δ LNGFR 遺伝子、neo の断片及び3'-LTRである(詳細はII-1-(1)「構成及び構成要素の由来」及びII-1-(2)「構成要素の機能」を参照)。

(2) 宿主内に移入された核酸の移入方法

SFCMM-3 DNA はサンラファエル研究所(イタリア、ミラノ)において構築された。SFCMM-3

DNA 構築にあたっては、pLXSN [I-3-(7)-2] 「MoMLV からの、増殖能欠損型レトロウイルスベクターの構築」参照] (文献 17) の Hpa I 部位 (MCS 内) に HSV-TK 遺伝子が、Hind III (SV40 初期プロモーターの下流) -Nae I (neo の内部) 部位に Δ LNGFR 遺伝子が組み込まれた。

(3) 遺伝子組換え生物等の育成の経過

1) パッケージング細胞株

SFCMM-3 DNA は、ウイルス粒子形成に必須な遺伝子である gag、pol、env を欠いているため、この DNA を通常の細胞に導入してもウイルス粒子を産生することはない。したがって、ウイルス粒子の産生にはパッケージング細胞が必要となる。本遺伝子組換え生物の産生細胞株の作製に使用したパッケージング細胞株は GP+envAm12 (文献31) で、パッケージングに必要なウイルス遺伝子を 2 種類のプラスミド (一方は gag と pol、他方は env 遺伝子) により別々に導入した細胞株である。古い世代のパッケージング細胞株と比較して、このパッケージング細胞を使用した場合には RCR 出現のリスクが極めて少ないことが知られている。

2) ウイルス産生細胞株の作製

エコトロピックパッケージング細胞 GP+E-86 (文献32) に SFCMM-3 DNA をトランスフェクションし、培養上清を回収した。この培養上清をアンフォトロピックパッケージング細胞 GP+envAm12 に感染させることにより、レトロウイルスベクター-SFCMM-3 産生細胞を作製した。本遺伝子組換え生物の産生性が高いクローンを選択し、シードセルとした。パッケージング細胞株である GP+envAm12 及び GP+E-86 の作製に用いられたパッケージングプラスミド中の、gag、pol、env 遺伝子の塩基配列及びコードする蛋白質のアミノ酸配列並びにこれらの遺伝子産物からプロセッシングにより生ずるウイルス構成蛋白質を別紙 3 に示す。

シードセルからマスターセルバンク (MCB) を作製し、MCB からワーキングセルバンク (WCB) を作製した。MCB 及び WCB はモルメド社 (イタリア、ミラノ) において作製され、同社内の液体窒素保存容器において保管されている (品質試験の詳細を別紙 4 に、MCB 及び WCB の監視計画を別紙 5 に記載)。

3) 本遺伝子組換え生物の最終製品の製造・輸送

すべての製造はモルメド社の管理された製造エリアにて、GMP 遵守下で行われた (別紙 6)。MCB 又は WCB を融解し、拡大培養及び生産培養を行うことにより本遺伝子組換え生物を含む培養上清を得、これを無菌ろ過して小分け分注することにより、本遺伝子組換え生物を有効成分とする本臨床研究に用いる製剤 (以下、本製剤) を製造した。本製剤の各ロットについて、品質試験を実施する (別紙 7)。

モルメド社において製造された本製剤は国立がんセンター中央病院（以下、中央病院）が輸入する。運搬にあたっては適切な拡散防止措置を執り、ドライアイス詰め日本まで空輸し、中央病院が受入れ試験を実施する（別紙7）。合格した本製剤は中央病院12階の施設可能な製剤保管室に設置した超低温フリーザー（-80℃）に保管する（当該治療施設の地図、保管場所の概略図及び本遺伝子治療を行う病室を別紙8に示す）。

文献31 : Markowitz D, et al. Construction and use of a safe and efficient amphotropic packaging cell line. *Virology* 167:400-406 (1988)

文献32 : Markowitz D, et al. A safe packaging line for gene transfer: separating viral genes on two different plasmids. *J Virol* 62:1120-1124 (1988)

4 移入した核酸の存在状態及び当該核酸による形質発現の安定性

移入した核酸は本遺伝子組換え生物のゲノム RNA の一部として存在する。凍結保管中は安定である。感染する動植物の種類及び感染様式が保管中に変化することはない。

本遺伝子組換え生物が細胞に感染すると、移入した核酸を含むウイルスゲノム RNA は逆転写され、プロウイルスとして細胞染色体に組み込まれる。プロウイルスは細胞染色体の複製に伴って複製されるので、移入された核酸は細胞が活着しているかぎり安定に保持される。

HSV-TK 遺伝子は MoMLV の LTR により、 Δ LNGFR 遺伝子は SV40 初期プロモーターにより転写される。これらのプロモーターは持続的に機能するので、両遺伝子の発現は構成的である。

本遺伝子組換え生物を製造する際に、ウイルス産生細胞の細胞内で本遺伝子組換え生物のゲノム、gag-pol 遺伝子断片及び env 遺伝子断片が相同組換えを起こし、RCR が出現する可能性がある。RCR の出現機構から、その大部分は gag、pol 及び env 遺伝子を持ち、HSV-TK 遺伝子及び Δ LNGFR 遺伝子を持たないものである（env 遺伝子は MLV 4070A 由来、LTR の一部は MoMSV 由来であり、これらは MLV の変異体の範囲と考えられる）。しかし、HSV-TK 遺伝子又は Δ LNGFR 遺伝子を持つ RCR（遺伝子組換え生物等に該当）の出現する可能性は否定できない。実際、本研究で用いているマウス NIH3T3 細胞由来のパッケージング細胞・Am12 は、RCR を生成しうることが文献的に知られている（文献33）。また、RCR 産生への関与が指摘されている内因性レトロウイルス（Endogenous Retrovirus : ERV）の存在も指摘されている（文献34）。本遺伝子組換え生物を用いた臨床試験において RCR 出現の報告はないが、上に述べたリスクが存在するため、感度の高い RCR 検出系を用い、感染用レトロウイルスベクター溶液並びに遺伝子導入細胞中の RCR の検出検査を行い、陰性を確認した上で使用する。本遺伝子組換え生物を用いて遺伝子導入したリンパ球の投与

は、イタリア MolMed 社並びに筑波大学において既に行われているが、RCR が出現したとの報告はない。RCR が出現する可能性は理論的にゼロではないものの、きわめて低く、かつそれが原因で長期間にわたり個室管理が必要になる可能性はきわめて低いと考えられる。万が一 RCR が出現した場合は、AZT 等の抗ウイルス剤を用いたウイルス感染症治療を含めて専門家と協議することとする。

文献 33 : Chong H, et al. Replication-competent retrovirus produced by a 'split-function' third generation amphotropic packaging cell line. Gene Ther 3(7):624-629 (1996)

文献34 : Patience C, et al. Packaging of endogenous retroviral sequences in retroviral vectors produced by murine and human packaging cells. J Virol 72(4):2671-2676 (1998)

5 遺伝子組換え生物等の検出及び識別の方法並びにそれらの感度及び信頼性

1) 本遺伝子組換え生物の検出方法

本遺伝子組換え生物は宿主である MoMLV にはない HSV-TK 遺伝子を持つので、HSV-TK 遺伝子をリアルタイム RT-PCR 法で定量することにより本遺伝子組換え生物の検出が可能である。

2) 本遺伝子組換え生物により遺伝子導入された細胞の検出方法

細胞から調製したゲノム DNA を鋳型に、HSV-TK 遺伝子をリアルタイム PCR で定量することにより検出可能である。この方法による定量の下限は、遺伝子導入細胞の非導入細胞中の希釈率として 10^{-3} であることを確認している。

3) RCR の検出方法

・Mus dunni を用いた増幅法

Mus dunni 細胞に検体を添加し、5 回の継代培養を行う。この培養上清を PG-4 細胞に接種し、S+L-アッセイを行う。この方法は増殖能を持つレトロウイルスを検出する方法であり、本遺伝子組換え生物に由来する RCR を特異的に検出するものではない。検出感度は 1 RCR/接種物であることを確認している。100 mL あたり 1 RCR が含まれる検体から 300 mL の被検試料をサンプリングして接種した場合、95%の確率で被検試料中に RCR が含まれ、検出される。

・RT-PCR 法

被検試料から RNA を調製し、4070A env 遺伝子に特異的なプライマーを用いて RT-PCR を行った後、アガロースゲル電気泳動を行って増幅産物を検出する。本試験の感度は、パッケージング細胞の末梢血リンパ球中の希釈率として $10^{-4} \sim 10^{-5}$ であることを確認している。

6 宿主又は宿主の属する分類学上の種との相違

宿主である MoMLV と本遺伝子組換え生物の間には以下の相違点がある。

- ・本遺伝子組換え生物は gag、pol 及び env 遺伝子を欠損しているため、本遺伝子組換え生物が感染した通常の細胞はウイルス粒子形成に必要な蛋白質を合成できない。したがって、本遺伝子組換え生物は gag、pol 及び env 遺伝子を発現する細胞においてのみ増殖できる。
- ・本遺伝子組換え生物は HSV-TK 遺伝子及び SV40 初期プロモーターの支配下にある Δ LNGFR 遺伝子を持つ。したがって、本遺伝子組換え生物が感染した細胞は HSV-TK と Δ LNGFR を発現する。
- ・MoMLV がマウス、ラット等のげっ歯類にだけ感染しうるのに対して、アンフォトロピック MLV 4070A はこれらのほか、ヒト、サル、イヌ、ネコ、ミンク、ウサギ、ニワトリ、ウシ及びハムスターの細胞にも感染するとの報告がある（文献35）。本遺伝子組換え生物はウイルス粒子表面に 4070A アンフォトロピック env 蛋白質を持つ。したがって、本遺伝子組換え生物はマウス、ラット等に加えてヒト、サル、イヌ等、幅広い動物種の細胞に本遺伝子組換え生物の核酸を伝達しうる。

本遺伝子組換え生物が自立的増殖能を欠損している点を除いて、I-3「生理・生態学的特性」に記載した性質は同等であると考えられる。

遺伝子組換え生物等に該当するものを含めて、本遺伝子組換え生物由来の RCR が感染可能な生物種は宿主である MoMLV のそれと異なっているものの、感染様式、病原性及び挿入変異の可能性などの、生物多様性に影響を及ぼす程度に大きな違いはないと考えられる。

文献35 : Miller AD. Cell-surface receptors for retroviruses and implications for gene transfer. Proc Natl Acad Sci USA 93:11407-11413 (1996)

III 遺伝子組換え生物等の使用等に関する情報

1 使用等の内容

治療施設におけるヒト遺伝子治療を目的とした使用、保管、運搬及び廃棄並びにこれらに付随する行為。

2 使用等の方法

- (1) SFCMM-3 溶液は、容器に密封され、凍結状態で治療施設に輸送し、施設内の P2 レベルの実験室（以下「P2 実験室」という。）内の冷凍庫に保管する。
- (2) 凍結状態の SFCMM-3 溶液の融解、希釈及び分注操作は、P2 実験室内の安全キャビネット内又は P2 実験室内で閉鎖系にて行う。ドナーリンパ球への SFCMM-3 導入操作、SFCMM-3 導入細胞の培養その他の SFCMM-3 希釈溶液及び SFCMM-3 導入細胞の取扱いも同様に P2 実験室内の安全キャビネット内又は P2 実験室内で閉鎖系にて行う。SFCMM-3 希釈溶液及び SFCMM-3 導入細胞の保管は、P2 実験室内の冷蔵庫、冷凍庫又は培養器にて行う。なお、SFCMM-3 希釈溶液若しくはその凍結品又は SFCMM-3 導入細胞を開放系区域を通して他の P2 レベル区域に運搬する場合には、密閉した容器に入れ、容器の落下や破損を防止するために当該容器を箱等に入れ運搬する。
- (3) SFCMM-3 溶液（希釈溶液を含む。）又は SFCMM-3 導入細胞を廃棄する際には、滅菌処理（121℃、20 分間以上の高圧蒸気滅菌処理又は 0.5%次亜塩素酸ナトリウム溶液への 2 時間以上の浸漬処理による。以下同じ。）を行った後、国立がんセンター中央病院で定められた医療廃棄物管理規程（以下「医療廃棄物管理規程」という。）に従い廃棄する。
- (4) 被験者に対する遺伝子導入細胞の投与は、環境中への拡散防止措置を適切に執った個室（以下「クリーンルーム」という。）内において、輸注により行う。なお、投与時に SFCMM-3 導入細胞に直接接触する注射針、注射器、チューブ等の器具類は使い捨てとし、適切に滅菌処理を実施した後、医療廃棄物管理規程に従い廃棄する。なお、これらの滅菌処理をクリーンルーム外の区域で行う場合には、二重に密閉した容器に入れて運搬する。
- (5) 投与後 3 日まで、被験者をクリーンルーム内で管理する。検査等の理由で被験者が一時的にクリーンルーム外の開放区域に出る場合には、マスク及びガウン着用等のウイルス漏出予防措置を義務付ける。
- (6) クリーンルーム内における管理期間中の被験者の血液及び体液は、その都度適切に滅菌処理を行い、医療廃棄物管理規程に従い廃棄する。また、被験者の尿及び糞便等の排泄物は、投与翌日以降に行われる被験者の血液を用いたポリメラーゼ連鎖反応法試

験にて自己増殖能を獲得したレトロウイルス（以下「RCR」という。）の存在が否定されるまで、適切に滅菌処理を行い、医療廃棄物管理規程に従い廃棄する。なお、これらの滅菌処理をクリーンルーム外の区域で行う場合には、二重に密閉した容器に入れて運搬する。また、臨床検体として使用する被験者の排泄物等の取扱いは、SFCMM-3 溶液及び SFCMM-3 導入細胞の取扱いに準ずる。

- (7) クリーンルーム内における管理期間中、被験者に対して侵襲的に使用した器具等及び被験者の排泄物等に接触した器具等は、適切に滅菌処理を実施した後、医療廃棄物管理規程に従い廃棄又は十分に洗浄する。なお、これらの滅菌処理をクリーンルーム外の区域で行う場合には、二重に密閉した容器に入れて運搬する。
- (8) クリーンルーム内における被験者の管理を解除する前に、RCR が被験者の末梢血単核球（以下「PBMC」という。）及び血漿において陰性であることを確認する。RCR が検出されたときは、クリーンルーム内における管理を継続する。
- (9) クリーンルーム内における管理解除後に被験者の PBMC 又は血漿から RCR が検出された場合は、直ちに被験者をクリーンルーム内における管理下に移し、上記(5)から(8)までと同様の措置を執る。

別紙 9：国立がんセンター中央病院医療廃棄物管理規程

別紙 10：医療廃棄物適正管理処理マニュアル

3 承認を受けようとする者による第一種使用等の開始後における情報収集の方法

遺伝子導入細胞を患者に投与した後、患者の末梢血単核球（PBMC）及び血漿を試料として、4070A env 遺伝子に対する RT-PCR 法により RCR のモニタリングを実施する。RCR のモニタリングは、クリーンルームにおける管理解除前、投与 14 日後、28 日後、56 日後及び 84 日後並びに生存中にわたり 1 年ごとに実施する。

4 生物多様性影響が生じるおそれのある場合における生物多様性影響を防止するための措置

本遺伝子組換え生物を用いた遺伝子導入細胞は、P2 レベルの拡散防止措置を執ることができる細胞調製室において、第一種使用規程に従い調製される。本遺伝子組換え生物が細胞調製室の床等に漏出した場合には、ただちにペーパータオル、布等で拭き取る。拭き取った後は、消毒用エタノールを当該箇所が完全に覆われるまで噴霧して 1 分以上放置し、ペーパータオル、布等で拭き取ることにより本遺伝子組換え生物を不活化する。当該ペーパータオル、布等は 121℃、20 分間以上オートクレーブにより滅菌した後、廃棄する。以上により、本遺伝子組換え生物が環境中に漏出して生物多様性影響が生じることはない

と考えられる。

クリーンルームにおける管理解除後の患者の PBMC 又は血漿において RCR が検出された場合には、第一種使用規程に従い患者を直ちにクリーンルームにおける管理下に移すとともに、血液及び体液の消毒等、第一種使用規程に定められた措置を執る。

5 実験室等での使用又は第一種使用等が予定されている環境と類似の環境での使用等の結果

本製剤を用いて、国立がんセンター中央病院において前臨床研究として 5 回の遺伝子導入を行った。RT-PCR 法による RCR 試験を 5 回すべての遺伝子導入細胞最終産物について、また、Mus dunni 細胞を用いた増幅法による RCR 試験をそのうち 2 回の遺伝子導入細胞最終産物及びその培養上清について行った。その結果、すべて RCR 陰性であった。このようにして調製した遺伝子導入細胞を免疫不全マウス (NOG マウス) に投与したところ、毒性は認められず、遺伝子導入細胞の毒性は極めて少ないことが示唆された。

本遺伝子組換え生物を用いて臨床用遺伝子組み換え細胞を調製する際に、細胞の洗浄工程や遺伝子導入細胞選択工程において本遺伝子組換え生物は除去され、また、本遺伝子組換え生物は他のレトロウイルスと同様比較的不安定なので、細胞培養の過程で不活化が進む。工程に用いる試薬量や機器の設定等から、残留により患者に投与される本遺伝子組換え生物は多くとも 4×10^{-3} 個程度と算出された。本遺伝子組換え生物はマウス由来細胞によって産生されるので、仮に患者に投与されても血清 (補体) により速やかに不活化されると考えられる。したがって、遺伝子導入細胞に混入する本遺伝子組換え生物により、患者体内で遺伝子導入が起きる可能性は極めて低いと考えられる。

筑波大学附属病院において、本遺伝子組換え生物を用いた同様の遺伝子治療臨床研究が実施されている。5 例の患者に遺伝子導入細胞が投与されたが、RCR の発生は報告されていない。また、当該臨床研究においては、挿入変異によるがん化等、本遺伝子組換え生物による核酸の伝達が原因と考えられる有害事象は報告されていない。

6 国外における使用等により得られた情報

モルメド社において、現在本製剤の製造に使用されている MCB の 1%細胞及び 5%上清について、Mus dunni 細胞を用いた増幅法による RCR 試験を含む品質試験が行われた。この結果、いずれも品質規格を満たし、RCR 陰性であった。

モルメド社において、本製剤と同様の方法により、治験薬としての生産スケールで独立に製造された 3 ロットの本遺伝子組換え生物製剤及びそれらの生産培養終了時点の細胞 (EPC) について、Mus dunni 細胞を用いた増幅法による RCR 試験を含む品質試験が行われた。この結果、すべてのロットは品質規格を満たし、RCR 陰性であった。

モルメド社において、本製剤と同様の方法で製造された本遺伝子組換え生物製剤による遺伝子導入細胞調製のバリデーションの目的で、4 バッチの遺伝子導入細胞が試験製造され、RT-PCR 法による RCR 試験を含む品質試験が行われた。その結果、すべてのバッチは品質規格を満たし、RCR 陰性であった。また、遺伝子治療臨床試験のために 3 バッチの遺伝子導入細胞が調製され、RT-PCR 法による RCR 試験を含む品質試験が行われた。その結果、すべてのバッチは品質規格を満たし、RCR 陰性であった。

本遺伝子組換え生物を用いた遺伝子治療の臨床研究及び治験がイタリア、イギリス及びイスラエルで実施され、合計 40 例の患者に遺伝子導入細胞が投与されたが、RCR の発生は報告されていない。また、挿入変異によるがん化等、本遺伝子組換え生物による核酸の伝達が原因と考えられる有害事象は報告されていない。

IV 生物多様性影響評価

1 他の微生物を減少させる性質

(1) 影響を受ける可能性のある野生動植物等の特定

本遺伝子組換え生物及びRCRはアンフォトロピック env 蛋白質を持つので、広範囲の動物に感染しうるが、微生物への感染性は知られていない。したがって、影響を受ける可能性のある微生物は特定されなかった。

(2) 影響の具体的内容の評価

該当せず。

(3) 影響の生じやすさの評価

該当せず。

(4) 生物多様性影響が生ずるおそれの有無等の判断

よって、他の微生物を減少させる性質について、第一種使用規程承認申請書に記載した遺伝子組換え生物等の第一種使用等の方法によるかぎり、生物多様性影響が生ずるおそれはないと判断される。

2 病原性

(1) 影響を受ける可能性のある野生動植物等の特定

本遺伝子組換え生物及びRCRはアンフォトロピック env 蛋白質を持つので、患者体外に排出された場合には野生型アンフォトロピック MLV 4070A と同様、ヒト、サル、イヌ、ネコ、ミンク、ウサギ、ニワトリ、ウシ及びハムスターを含む広範囲の動物に感染しうる。したがって、これらの生物種は本遺伝子組換え生物の核酸を伝達されることにより影響を受ける可能性がある。

(2) 影響の具体的内容の評価

本遺伝子組換え生物はヒト、イヌ、サル等の細胞への挿入変異によってがん化を引き起こす可能性がある。マウス、ラットに対する病原性は宿主と同等であると考えられる。

本遺伝子組換え生物からの発現産物である HSV-TK は、GCV や ACV 等のプロドラッグが存在するときのみ感染した細胞で自殺装置として機能する。これらのプロドラッグは自然界に存在しないので、HSV-TK 遺伝子が自然界で自殺機能を示すことはない。また、発現産物である ΔLNGFR は細胞内領域を欠損しているため NGF のシグナルを細胞内に伝達することはなく、ΔLNGFR 遺伝子を導入したリンパ球の増殖に NGF は影響を及ぼさなかった。

との報告がある(文献 26)。したがって、これらの導入遺伝子が発現することにより、本遺伝子組換え生物がヒトに病原性を示す可能性は非常に低い。

本遺伝子組換え生物が有害物質を産生することはなく、本遺伝子組換え生物により遺伝子導入された細胞が有害物質の産生能を獲得するとの情報もない。したがって、有害物質の産生により病原性を示すことはないと考えられる。

(3) 影響の生じやすさの評価

第一種使用規程承認申請書に記載した遺伝子組換え生物等の第一種使用等の方法によるかぎり、本遺伝子組換え生物がドナーリンパ球とともに患者に投与されることによって当該施設外に出る可能性は極めて低く、出たとしてもごく微量である。また、I-3-(7)「その他の情報」に記載したように、マウス由来の産生細胞により産生された本遺伝子組換え生物はヒト血清により速やかに不活化される(文献 14)。さらに、本遺伝子組換え生物は増殖能を欠損しているため、通常の細胞に感染してもウイルス粒子を産生することはない。

一方、本遺伝子組換え生物の製造工程中に出現した RCR がドナーリンパ球に混入して患者に輸注された場合には患者体内で RCR が産生される可能性がある。しかし、本遺伝子組換え生物は RCR 出現の可能性が極めて低い第 3 世代のパッケージング細胞を使用して製造されているうえに、本製剤及び遺伝子導入細胞の RCR 陰性を確認してから使用するため、患者体内に RCR が侵入する可能性は極めて低い。また、RCR 試験で検出されなかった RCR が万一患者体内に侵入したとしても、第一種使用規程承認申請書に記載した遺伝子組換え生物等の第一種使用等の方法によるかぎり、RCR が環境中に放出される可能性は極めて低い。

(4) 生物多様性影響が生ずる可能性の有無等の判断

よって、病原性について、第一種使用規程承認申請書に記載した遺伝子組換え生物等の第一種使用等の方法によるかぎり、生物多様性影響が生ずるおそれはないと判断される。

3 有害物質の産生性

(1) 影響を受ける可能性のある野生動植物等の特定

本遺伝子組換え生物及び RCR の有害物質の産生性は知られていない。したがって、影響を受ける可能性のある野生動植物等は特定されなかった。

(2) 影響の具体的内容の評価

該当せず。

(3) 影響の生じやすさの評価

該当せず。

(4) 生物多様性影響が生ずるおそれの有無等の判断

よって、有害物質の産生性について、第一種使用規程承認申請書に記載した遺伝子組換え生物等の第一種使用等の方法によるかぎり、生物多様性影響が生ずるおそれはないと判断される。

4 核酸を水平伝達する性質

(1) 影響を受ける可能性のある野生動植物等の特定

本遺伝子組換え生物及びRCRはアンフォトロピック env 蛋白質を持つので、患者体外に排出された場合には野生型アンフォトロピック MLV 4070A と同様、ヒト、サル、イヌ、ネコ、ミンク、ウサギ、ニワトリ、ウシ及びハムスターを含む広範囲の動物に感染しうる。したがって、これらの生物種は本遺伝子組換え生物の核酸を伝達されることにより影響を受ける可能性がある。

(2) 影響の具体的内容の評価

本遺伝子組換え生物又は遺伝子組換え生物等に該当する RCR によってこれらの遺伝子組換え生物の核酸が野生動物のゲノム中に組み込まれる可能性がある。

(3) 影響の生じやすさの評価

第一種使用規程承認申請書に記載した遺伝子組換え生物等の第一種使用等の方法によるかぎり、本遺伝子組換え生物がドナーリンパ球とともに患者に投与されることによって当該施設外に出たとしてもごく微量である。ごく微量の本遺伝子組換え生物によって野生動物に核酸が伝達される可能性は非常に低い。

遺伝子組換え生物等に該当する RCR が多量に出現した場合には、血液、体液等を通じて他の個体に RCR が感染し、その核酸が伝達される可能性が否定できないが、RCR 出現の可能性は極めて低い。

(4) 生物多様性影響が生ずる可能性の有無等の判断

よって、核酸を水平伝達する性質について、第一種使用規程承認申請書に記載した遺伝子組換え生物等の第一種使用等の方法によるかぎり、生物多様性影響が生ずるおそれはないと判断される。

5 その他の性質

核酸を垂直伝達する性質

本遺伝子組換え生物が感染可能な野生動物等の生殖系細胞のゲノム中に組み込まれて、核酸を垂直伝達する可能性は完全には否定できない。しかし、第一種使用規程承認申請書に記載した遺伝子組換え生物等の第一種使用等の方法によるかぎり、本遺伝子組換え生物によりその核酸が野生動物に伝達される可能性は非常に低い。RCR が出現しないかぎり、本遺伝子組換え生物の核酸が伝達される細胞は本遺伝子組換え生物が最初に感染した細胞に限られ、その細胞が生殖系細胞である確率は低い。また、RCR が出現する可能性は極めて低い。以上から、本遺伝子組換え生物又は RCR の核酸が生殖系細胞に伝達される可能性は極めて低い。よって、核酸を垂直伝達する性質について、第一種使用規程承認申請書に記載した遺伝子組換え生物等の第一種使用等の方法によるかぎり、生物多様性影響が生ずるおそれはないと判断される。

V 総合的評価

本遺伝子組換え生物が感染する動物種は4070Aアンフォトロピック env 蛋白質によって規定されるため、げっ歯類及びヒトを含む広範囲の動物であり、野生型アンフォトロピック MLV 4070A と同じである。自然界で植物及び微生物に感染することはないと考えられる。

第一種使用規程承認申請書に記載した遺伝子組換え生物等の第一種使用等の方法によるかぎり、本遺伝子組換え生物の環境中への拡散は極力抑えられており、拡散したとしても、その量は検出レベル以下であると推定される。導入された HSV-TK 遺伝子及び Δ LNGFR 遺伝子が発現することにより、本遺伝子組換え生物がヒトに病原性を示す可能性は非常に低い。さらに、本遺伝子組換え生物は増殖能を欠損しているため、MLV の感染等により gag、pol 及び env 遺伝子を発現している細胞に感染した場合を除いて増殖することはない。MLV に感染しているマウスに本遺伝子組換え生物が感染すれば、MLV がヘルパーとなって増殖する可能性がある。しかしその場合でも、MoMLV は血液を介してのみ感染するので、本遺伝子組換え生物の感染が他個体に広がる可能性はほとんどない。ヘルパーを必要とする本遺伝子組換え生物が野生型 MoMLV と同等に増殖することはないので、やがて環境中から消滅すると考えられる。

環境中でマウスに感染し、MLV ゲノムとの相同組換えによって RCR が出現する可能性や、当該第一種使用によって極めて微量の本遺伝子組換え生物由来 RCR が環境中に放出される可能性は完全には否定できないが、RCR の感染性、増殖性、病原性及び核酸を水平伝達する性質は MLV と同等である。ヒトに MLV が感染しても病原性は報告されておらず、RCR がヒト体内に侵入しても、血清中の補体により急速に失活することを考慮すると、ヒト及び他の哺乳動物、植物並びに微生物に新たな影響を与えることはないと考えられる。

したがって、第一種使用規程承認申請書に記載した遺伝子組換え生物等の第一種使用等の方法によるかぎり、本遺伝子組換え生物による生物多様性影響が生ずるおそれはないと判断される。