

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-284902

(P2009-284902A)

(43) 公開日 平成21年12月10日(2009.12.10)

| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
|---|-----------------------|-------------|
| C 1 2 N 15/09 (2006.01) | C 1 2 N 15/00 Z N A A | 4 B 0 2 4 |
| C 1 2 N 1/15 (2006.01) | C 1 2 N 1/15 | 4 B 0 5 0 |
| C 1 2 N 1/19 (2006.01) | C 1 2 N 1/19 | 4 B 0 6 4 |
| C 1 2 N 1/21 (2006.01) | C 1 2 N 1/21 | 4 B 0 6 5 |
| C 1 2 N 5/10 (2006.01) | C 1 2 N 5/00 A | 4 C 0 8 5 |
| 審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 33 頁) 最終頁に続く | | |

(21) 出願番号 特願2009-124803 (P2009-124803)
 (22) 出願日 平成21年5月25日 (2009.5.25)
 (31) 優先権主張番号 08009537.5
 (32) 優先日 平成20年5月26日 (2008.5.26)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 591003013
 エフ. ホフマン-ラ ロシュ アーゲー
 F. HOFFMANN-LA ROCH
 E AKTIENGESELLSCHAFT
 スイス・シーエイチ-4070バーゼル・
 グレンツアーヘルストラツセ124
 (74) 代理人 100091096
 弁理士 平木 祐輔
 (74) 代理人 100096183
 弁理士 石井 貞次
 (74) 代理人 100118773
 弁理士 藤田 節
 (74) 代理人 100122389
 弁理士 新井 栄一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 組換えタンパク質および酵素技術のためのツールとしてのS l p A

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 S l p A シャペロンおよび標的ポリペプチドを含む融合タンパク質をコードする組換えDNA分子、および該融合タンパク質をコードする対応する発現ベクター、ならびに該発現ベクターで形質転換された宿主細胞の提供。

【解決手段】 S l p A シャペロンおよび標的ポリペプチドを含む組換え的に製造された融合タンパク質。イムノアッセイでの結合パートナーとしての、または干渉を低減するための手段としての該組換え的に製造された融合タンパク質の使用。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

融合タンパク質をコードする組換え DNA 分子であって、標的ポリペプチドをコードする少なくとも 1 つのヌクレオチド配列と、その上流または下流に、SlpA シャペロンをコードする少なくとも 1 つのヌクレオチド配列とを含み、ここで、ヒト FK506 結合タンパク質 (FKBP) は標的ポリペプチドから除かれる、上記組換え DNA 分子。

【請求項 2】

機能的に連結された、請求項 1 に記載の組換え DNA 分子を含む発現ベクター。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の発現ベクターで形質転換された宿主細胞。

10

【請求項 4】

以下のステップ：

(a) 請求項 3 に記載の宿主細胞を培養するステップ、

(b) 前記融合タンパク質を発現させるステップ、

(c) 該融合タンパク質を精製するステップ、および

(d) 該融合タンパク質を可溶性かつ免疫反応性のコンホメーションに再フォールディングさせるステップ

を含む、融合タンパク質の製造方法。

【請求項 5】

SlpA シャペロンに対応する少なくとも 1 つのポリペプチドと、標的ポリペプチドに対応する少なくとも 1 つのポリペプチドとを含む、組換え的に製造された融合タンパク質であって、ここで、ヒト FK506 結合タンパク質 (FKBP) は標的ポリペプチドから除かれる、上記融合タンパク質。

20

【請求項 6】

イムノアッセイでの結合パートナーとしての、請求項 5 に記載の組換え的に製造された融合タンパク質の使用。

【請求項 7】

イムノアッセイでの干渉の低減のための手段としての、請求項 5 に記載の組換え的に製造された融合タンパク質の使用。

【請求項 8】

前記標的ポリペプチドに対する抗体の製造のための免疫原としての、請求項 5 に記載の組換え的に製造された融合タンパク質の使用。

30

【請求項 9】

ワクチン製造での、請求項 5 に記載の組換え的に製造された融合タンパク質の使用。

【請求項 10】

請求項 5 に記載の組換え的に製造された融合タンパク質および製薬上許容される賦形剤を含む組成物。

【請求項 11】

単離されたサンプル中のアナライトに特異的な抗体の検出方法であって、以下のステップ：

40

(a) 体液サンプルを請求項 5 に記載の融合タンパク質と混合することにより免疫反応性混合物を形成させるステップ、

(b) 該体液サンプル中に存在する該アナライトに対する抗体が該融合タンパク質と免疫反応するのに十分な時間、該免疫反応性混合物を維持して、免疫反応生成物を形成させるステップ、および

(c) 該免疫反応生成物のいずれかの存在を検出するステップ

を含む、上記方法。

【請求項 12】

単離されたサンプル中のアナライトに対する抗体の検出方法での、請求項 5 に記載の融合タンパク質の使用。

50

【請求項 13】

請求項 5 に記載の融合タンパク質を含有する、アナライトに対する抗体の検出のための試薬キット。

【請求項 14】

干渉および免疫学的交差反応の低減のための、イムノアッセイでの添加剤としての S l p A の使用。

【請求項 15】

標的タンパク質の溶解性を改善し、凝集を防止するための添加剤としての S l p A の使用。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、S l p A シャペロンおよび標的ポリペプチドを含む融合タンパク質、これら融合タンパク質を組換え的に発現、精製および再フォールディングする方法、タンパク質および酵素バイオテクノロジーにおけるその使用、および特に診断におけるその応用に関する。さらに本発明は、バイオテクノロジー用途のための標的ポリペプチドまたは酵素の可溶性、活性、安定性および/またはフォールディングの可逆性を増大させることを意図した、S l p A および標的ポリペプチドを含んでなるあらゆる複合体に関する。

【背景技術】

【0002】

20

タンパク質フォールディングはネイティブな状態と未フォールディングの状態の間の微小なギブス自由エネルギーの差により駆動される自発的な現象である。構造がほとんど確定していないポリペプチド鎖は、フォールディングの過程において、タンパク質のネイティブなコンホメーションまたは三次構造と呼ばれる構造を選択していく。不完全にフォールディングされた分子の凝集は生成的なフォールディングと競合し、これは大きな問題となり、*in vivo* および *in vitro* の両方でフォールディング収率に影響を及ぼす。生きた細胞では、フォールディングはヘルパータンパク質が支援する。フォールディングヘルパーは、他のタンパク質のフォールディングを支援し、その構造的完全性を維持するポリペプチドである。該ヘルパーはその標的ポリペプチド鎖と可逆的に相互作用することにより該標的の正しいフォールディングを促進する能力を有し、そのことにより凝集のような有害な副反応を防止する。これは *in vivo* でも *in vitro* でも起こり、バイオテクノロジーの諸課題において、こうしたフォールディングヘルパーの用途の数はかつてないほど増加している。一般にフォールディングヘルパーはフォールディング触媒とシャペロンに細分化される。

30

【0003】

シャペロンは、変性した、部分的に変性した、または単純にそのままのポリペプチドの疎水性表面に可逆的に結合し、そのことによりタンパク質を復元する、またはタンパク質を溶解状態に保つことを支援する。シャペロンは、疎水性表面に可逆的に結合しそれをマスキングすることにより、凝集傾向のあるフォールディング中間体および凝集傾向のあるフォールディングされたタンパク質の濃度を下げる。つまり、シャペロンは、単純な結合機能を発揮している。対照的にフォールディング触媒（例えばジスルフィドオキシドレダクターゼおよびペプチジル-プロリルシス/トランスイソメラーゼ）はタンパク質フォールディングの律速工程を促進し、したがってフォールディング中間体の寿命を短縮する。フォールディング触媒は、その触媒機能により凝集傾向のあるフォールディング中間体の濃度を低下させる。フォールディング触媒の重要な一群のことをペプチジルプロリルシス/トランスイソメラーゼ（PPIアーゼ）と言う。

40

【0004】

配列類似性、タンパク質位相幾何および免疫抑制分子の結合に基づき、プロリルイソメラーゼは、3つの異なるファミリー、すなわちシクロフィリン、パラブリンおよび F K 5 0 6 結合タンパク質（すなわち頭字語 F K B P）に分類される。F K B P は、F K 5 0 6

50

、ラパマイシンおよび関連するマクロライド誘導体に結合してこれらにより阻害されるが、これらは免疫抑制剤としても使用されている。

【0005】

大腸菌 (*E. coli*) のペプチジルプロリルシス/トランスイソメラーゼのFKBPファミリーに属する推定上のフォールディングヘルパーはSlpAであり、SlpAとは「SlyD様プロテインA」の頭字語である (Hottenrottら 1997, JBC 272/25, 15697-15701)。今日までの、SlpAおよび大腸菌 (*E. coli*) 内でのその生理学的な役割に関する情報は不十分である。SlpAの微弱なプロリルイソメラーゼ活性が報告されているが、このタンパク質はこれまでどちらかといえば不可解とされてきた。これまでに、SlpAの物理化学的性質または考えられるシャペロン特性に関する情報は不足しており、大腸菌 (*E. coli*) 細胞質ゾルでのSlpAの機能は検討されたことすらない。

10

【0006】

多くの診断用途では組換え的に製造されたタンパク質が結合パートナーとして、例えばある特定の免疫グロブリンアナライトの検出のために設計されたイムノアッセイにおける抗原として使用される。こうした抗原は、調べているサンプルまたはアッセイ混合物中に存在する特定の基を認識し、それに結合することが意図された標的部分または抗原性ポリペプチドを構成する部分を有する融合タンパク質として製造することができる。該組換え的に製造される融合タンパク質の他方の部分は、特異性を付与する抗原性部分に融合され、該タンパク質のクローニング、発現、過剰産生、フォールディング/再フォールディングおよび精製を容易にし、該タンパク質の溶解性、安定性またはフォールディングの可逆性を増大させるためのポリペプチド部分である。組換え的に製造された融合タンパク質の合成は従来技術に詳述されている。また、シャペロンを、標的ポリペプチドの発現、フォールディング、精製、可溶化および全体としての安定性の増大のための補助分子としての役割を果たす融合タンパク質の一部として使用するのが有利であることもよく知られている。

20

【0007】

米国特許第6,207,420号はタンパク質の発現のための融合タンパク質システムであって、標的ポリペプチド部分と融合ペプチド部分のアミノ酸配列が異なる生物に由来するシステムを開示する。最近、FkpAおよびSlyDが組換えタンパク質の製造において融合モジュールとして好適であることが示された。両種のシャペロンは、原核生物宿主内でのその対象タンパク質の発現速度を増大させ、正しい再フォールディングを助け、レトロウイルス膜貫通タンパク質のような極めて凝集傾向の強いタンパク質でさえも、全体としてのその可溶性を増大させる (Scholzら 2005, JMB 345, 1229-1241およびWO 03/000877)。

30

【0008】

FkpAおよびSlyDは、一方では取扱困難なまたは凝集傾向のあるタンパク質を助けて、診断試薬中で、より一般的にはバイオテクノロジー用途において、該タンパク質のネイティブな構造を維持するのに特に有用であるが、なおも熱安定性の問題は残されている。タンパク質のネイティブなコンホメーションは、ファン・デル・ワールス接触、水素結合、塩橋および疎水性相互作用の慎重にバランスされたネットワークにより安定化されている。こうした接触は対応するタンパク質の微小環境に最適化されており、pH、イオン強度または温度の変化は実際にフォールディングした分子および未フォールディング分子の間の平衡を乱しシフトさせる。温度の上昇はタンパク質を変性させるのに特に適しており、これは多くの場合、完全または部分的に未フォールディングの分子の凝集をもたらす。熱により誘発されるタンパク質凝集は機能の喪失を伴い、これはあらゆるタンパク質製剤について大きな問題となる。高温、より一般的には、熱ストレスが、タンパク質試薬または製剤の不適切な輸送または貯蔵中に生じ得ることは容易に想像できる。

40

【0009】

SlyDのようなシャペロン融合モジュールについては、約42 という温度で熱誘導性の逆フォールディング (アンフォールディング) の開始が見られる。これは、例えばタ

50

ンパク質製剤の輸送、積込み、または貯蔵に使用されるコンテナの冷却機構に不具合が生じたときに、容易に超過される温度である。標的タンパク質 X が非常に疎水性であり、その融合パートナーのシャペロン活性に完全に依存する場合、完全な状態の融合ポリペプチドは、S l y D モジュールが逆フォールディングされると直ちに凝集し、それと同時にその可溶化機能も失われる。言い換えると、X が非常に疎水性であり凝集傾向の強い対象タンパク質の場合、S l y D の安定性が S l y D - X 融合ポリペプチド全体の安定性を制限する。

【 0 0 1 0 】

F k p A を含む融合タンパク質は若干高い安定性を示し、これは二量体型 F k p A キャリアーモジュールの固有の熱安定性が高いことに起因している可能性がある。大腸菌 (E. coli) S l y D の融解温度は約 4 2 と決定されているが、これに対して F k p A は最大で約 5 0 まで比較的安定である。しかしながら、以下に記載する理由により、高い固有の安定性を有する別の機能性シャペロン変異体を提供する緊急の必要性がなおもある。

10

【 0 0 1 1 】

二重抗原サンドイッチ (D A G S) フォーマットの異種イムノアッセイでは、例えばある抗原の 2 種の変異体をアッセイのそれぞれの側に使用する。一方の変異体は固相に対して親和性の高い標識を有し、他方の変異体はシグナル出力を生成するためのシグナリング部分を有する。この抗原変異体をそれぞれヘルパー配列、すなわちキャリアーまたは融合モジュールに融合させることができる。少なくとも 1 つのシャペロン (または機能性のポリペプチド結合ドメイン、すなわちシャペロンドメイン) が標的ポリペプチドに連結または融合され、フォールディングを促進し、安定性と溶解性を増大させ、標的ポリペプチドを適当なコンホメーションに保ち、このことにより決定すべき抗体アナライトは標的ポリペプチドを特異的に認識しそれに結合することができる。好ましくは、アッセイに固有の対称性を崩すために、免疫学的ブリッジアッセイのいずれの側にもそれぞれ異なるシャペロンを融合パートナーとして使用する。キャリアーまたは融合モジュールは異なるが、いずれの側 (すなわち捕捉側および検出側) の標的ポリペプチドも同一または類似であるアッセイフォーマットのこと非対称 D A G S フォーマットと呼ぶことができる。D A G S アッセイのそれぞれの側に異なる融合モジュールを使用することで、キャリアーモジュールに起因する免疫学的交差反応およびそれに付随する誤った高いシグナルのリスクを大幅に低減することができる。

20

30

【 0 0 1 2 】

明らかに、アッセイ全体の安定性は、最も低い固有安定性を有する免疫学的成分によって制限される。非対称 D A G S において F k p A および S l y D を融合パートナーとして使用すると、全体の安定性を制限する融合パートナーは S l y D である。したがって、完全に機能的に S l y D に取って代わることができ、かつ本質的に熱ストレスに対して内在的により安定な他のシャペロンを見出す必要がある。好熱性または超好熱性生物由来の S l y D ホモログが多数記載されているが、単純にこうしたタンパク質を融合パートナーとして使用するには障害がある。こうしたタンパク質は 6 0 よりも大幅に高い温度に最適化され進化したため、熱力学的安定性が極めて高い。その結果、安定および超安定なタンパク質は室温では比較的硬直的になる傾向があり、すなわち標的分子に動的に結合するための必須条件である柔軟性は失われる。タンパク質の安定性はその柔軟性と機能の両方と引き替えにしか高めることができないことは一般に受け入れられており、このことは多くの場合、高度に安定なタンパク質を室温で用いることを妨げる。したがって本発明の目的は、中等温度生物から熱安定なフォールディングヘルパーを同定することである。本発明のさらなる目的は、高い熱安定性を有し、診断試薬およびタンパク質製剤の貯蔵期間を延長する、診断およびバイオテクノロジー用途に適したポリペプチドを提供することである。

40

【 0 0 1 3 】

最近、Kwonら (BMB reports 2008, 41(2), 108-111) に報告されたとおり、いくつかの大腸菌 (E. coli) タンパク質は、4 9 を大幅に超える温度でも安定であり可溶性であ

50

る。高温に晒されても可溶性であったタンパク質がSDSポリアクリルアミドゲル電気泳動により同定された。この研究は、種々の温度でインキュベートされた後の大腸菌 (*E. coli*) の超音波処理抽出物を用いて行われた。同定された17種の熱安定タンパク質のうち、6種のタンパク質 (GroEL、GroES、DnaK、FkpA、トリガー因子、EF-Ts) が推定上のフォールディングヘルパーであった。特筆すべきこととして、この実験は大腸菌 (*E. coli*) の無細胞溶解物を用いて行われ、それぞれのタンパク質の溶解性のみが安定性の評価基準とされた。

【0014】

しかしながら、タンパク質の溶解性と安定性の間には、大きな違いがある。タンパク質の溶解性は、安定性が最大となる条件では多くの場合に最小値に達することは当技術分野では周知の事実である。例えば、あるタンパク質の熱力学的安定性は、バッファー溶液のpHが当該タンパク質のpIと一致するときに最大となる。にもかかわらず、まさにこの条件下では、タンパク質の溶解性は最小となる。別の一般的な例としては、硫酸アンモニウムまたは他のコスモトロピック物質によるタンパク質の塩析がある。この場合にも、タンパク質の安定性が増すと共にその溶解性は減少する (硫酸アンモニウムは強力なコスモトロピック物質であり、すなわちタンパク質構造を安定化させる)。

【0015】

WO 2007/077008は、例えば大腸菌 (*E. coli*) S1yDのような非ヒトシャペロンのポリペプチド結合部分ならびにそのN末端およびC末端的に融合されたヒトFKBP型ペプチジル-プロリル-シス/トランスイソメラーゼを含有する、組換え的に製造されたキメラ融合タンパク質を開示する。S1pAのシャペロン部分を使用する類似の融合ポリペプチドも開示された。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0016】

【特許文献1】米国特許第6,207,420号

【特許文献2】WO 03/000877

【特許文献3】WO 2007/077008

【非特許文献】

【0017】

【非特許文献1】Hottenrottら 1997, JBC 272/25, 15697-15701

【非特許文献2】Scholzら 2005, JMB 345, 1229-1241

【非特許文献3】Kwonら BMB reports 2008, 41(2), 108-111

【発明の概要】

【0018】

驚くべきことに、S1pA、特に大腸菌 (*E. coli*) S1pAは、融合パートナーとして使用したときに、他の標的ポリペプチドに熱安定性を付与することができる。Hottenrottら (上掲) に報告されたように、S1pAは比較的弱いペプチジル-プロリルシス/トランスイソメラーゼ活性を有する酵素である。予期せぬことに、S1pAは顕著なシャペロン特性も示し、さらに驚くべきことに、S1pAは高い固有の安定性を有し、融合された標的ポリペプチドに熱安定性を付与するため、標的ポリペプチドは熱誘導性凝集の影響を受けにくくなる。近い関係にあるS1yDは熱による逆フォールディングの中間点が約42 という若干の安定性を示すに過ぎないのに対して、S1pAはその天然のフォールディングを少なくとも50 までは保ち、熱による逆フォールディングの中間点 (融解温度と定義される) は約56 である。これはS1yDおよびS1pAが近い関係にあり (S1pAはS1yD様タンパク質の略称である)、両方が増殖の最高温度が49 である大腸菌 (*E. coli*) のような中等温度生物由来の単量体タンパク質であることに照らすと不可解である。最も驚くべきことは、中等温度生物である大腸菌 (*E. coli*) が、抜群の熱安定性とシャペロン特性を併せ持つS1pAのような推定上のフォールディングヘルパーを保有していることである。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

発明の概要

本発明は、S l p A シャペロンおよび標的ポリペプチドを含む融合タンパク質をコードする組換えDNA分子、および該融合タンパク質をコードする対応する発現ベクター、ならびに該発現ベクターで形質転換された宿主細胞に関する。本発明の別の態様は、該融合タンパク質の製造方法、ならびに、S l p A シャペロンおよび標的ポリペプチドを含む組換え的に製造された融合タンパク質である。本発明のさらなる態様は、イムノアッセイでの結合パートナー（例えば抗原、酵素または組換え較正物質）としての、または干渉を低減するための手段としての組換え的に製造された融合タンパク質の使用である。さらに本発明は、標的ポリペプチドに対する抗体を製造するための免疫原としての該組換え的に製造された融合タンパク質の使用、およびワクチン製造での該組換え的に製造された融合タンパク質の使用に関する。また別の態様は、組換え的に製造された融合タンパク質を用いたイムノアッセイでのアナライトの検出方法、ならびにS l p A シャペロンおよび標的ポリペプチドを含む組換え的に製造された融合タンパク質を含有する試薬キットである。さらなる態様は、イムノアッセイにおける干渉および交差反応の低減のためのS l p Aの使用に関する。本発明のさらなる態様は、バイオテクノロジー用途のための、S l p A および標的タンパク質を含む可溶性であり機能性である複合体の使用に関し、このとき該標的タンパク質は治療または診断上価値のあるタンパク質であり得る。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

20

【 図 1 】 大腸菌 (E. coli) 由来 S l p A の近紫外 C D スペクトルを示す。スペクトルは温度自動調節されたセルホルダーを備えたJasco-720分光偏光計を用いて20で記録した。タンパク質濃度は1cmキュベット内で417μMであった。バッファーは50mMリン酸カリウムpH7.5、100mM KCl、1mM EDTAであった。バンド幅は2nmであり、解像度は0.5nmであり、スキャン速度は2秒の応答で50nm/分であった。シグナル/ノイズ比を改善するために、スペクトルを9回記録し平均した。シグナルは平均残存楕円率(deg cm² dmol⁻¹として示す)に変換した。スペクトルはネイティブ様のフォールディングされたタンパク質を示し、シグナル最大値は262nmのときに得られる。

【 図 2 】 大腸菌 (E. coli) 由来 S l y D の近紫外 C D スペクトルを示す。スペクトルは温度自動調節されたセルホルダーを備えたJasco-720分光偏光計を用いて20で記録した。タンパク質濃度は1cmキュベット内で200μMであった。バッファーは50mMリン酸カリウムpH7.5、100mM KCl、1mM EDTAであった。バンド幅は2nmであり、解像度は0.5nmであり、スキャン速度は1秒の応答で50nm/分であった。シグナル/ノイズ比を改善するために、スペクトルを9回記録し平均した。シグナルは平均残存楕円率(deg cm² dmol⁻¹として示す)に変換した。S l y D のスペクトルはS l p A のスペクトルと著しく異なる。該スペクトルはネイティブ様のフォールディングされたタンパク質を示し、シグナル最大値は275nmのときに得られる。

30

【 図 3 】 275nm (S l y D) および262nm (S l p A) における近紫外 C D によりモニタリングされるS l y D およびS l p A の熱誘導性の逆フォールディング遷移を示す。融解曲線はネイティブな分子の画分に対して標準化されている。S l y D およびS l p A の両方の逆フォールディングは完全に可逆的であり、ネイティブな分子の近紫外 C D シグナルは、サンプルを周囲温度まで冷ますと、熱遷移後に完全に回復することが可能である。融解温度(すなわち分子の50%がフォールディングされ50%が未フォールディングである温度)はS l y D については42でありS l p A については56である。図3はS l p A の優れた熱安定性を明確に実証している。

40

【 図 4 】 S l p A - g p 4 1 融合タンパク質の近紫外 C D スペクトルを示す。スペクトルは温度自動調節されたセルホルダーを備えたJasco-720分光偏光計を用いて20にて記録した。タンパク質濃度は1cmキュベットにて18.7μMであった。バッファーは5

50

0 mMリン酸カリウム (pH 7.5)、100 mM KCl、1 mM EDTAであった。バンド幅は2.0 nmであり、解像度は0.5 nmであり、スキャン速度は2秒の応答にて50 nm/分であった。シグナル/ノイズ比を改善するために、スペクトルを9回記録し平均した。シグナルを平均残存楕円率 ($\text{deg cm}^2 \text{dmol}^{-1}$ として示す)に変換した。スペクトルはネイティブ様のフォールディングされたタンパク質を示す。293 nmにおけるシグナル最小値は、トリプトファン残基が豊富であり280 nmを超える光を吸収するネイティブ様にフォールディングされたgp41エクトドメイン断片を示す。290 nm付近の波形はSlpA-gp41融合ポリペプチド内のgp41部分のネイティブ様フォールディングを明確に示す。

【図5】SlpA-gp41融合タンパク質の近紫外CDスペクトルを示す。スペクトルは温度自動調節されたセルホルダーを備えたJasco-720分光偏光計を用いて20にて記録した。タンパク質濃度は1 cmキュベット内で14.4 μM であった。バッファーは50 mMリン酸カリウム (pH 7.5)、100 mM KCl、1 mM EDTAであった。バンド幅は2.0 nmであり、解像度は0.5 nmであり、スキャン速度は2秒の応答にて50 nm/分であった。シグナル/ノイズ比を改善するために、スペクトルを9回記録し平均した。シグナルを平均残存楕円率 ($\text{deg cm}^2 \text{dmol}^{-1}$ として示す)に変換した。293 nmにおけるシグナル最小値は、トリプトファン残基が豊富であり280 nmを超える光を吸収するネイティブ様にフォールディングされたgp41エクトドメイン断片を示す。290 nm付近の波形はSlpA-gp41融合ポリペプチド内のgp41部分のネイティブ様フォールディングを強く示す。

【図6】SlpA-gp41 (図6A)およびSlpA-gp41 (図6B)の熱誘導性逆フォールディングを270 nmにおける円偏光二色性シグナルの減少によりモニタリングした。それぞれのシャペロン融合パートナーの逆フォールディングは可溶化能力の喪失と共に進行し、極めて疎水性であるgp41部分の自発的凝集につながる。凝集の開始温度はSlpA-gp41については約40であり、SlpA-gp41については約56である。楕円率はミリ度 (mdeg)で示し、(不可逆の)凝集が生じる臨界的温度境界を点線により強調する。

【図7】280 nmの近紫外CDによりモニタリングしたSlpA-gp41 (26-189)の熱誘導性の逆フォールディング遷移を示す。融合タンパク質の楕円率は温度の関数としてミリ度 (mdeg)で示す。SlpA-gp41 (26-189)の逆フォールディングは大部分が可逆的であり、サンプルを周囲温度に冷ましたときに、ネイティブな融合ポリペプチドの近紫外CDシグナルの大部分は回復する。SlpA-gp41 (26-189)の融解温度 (すなわち分子の50%がフォールディングされ50%が未フォールディングである温度)は約53である。

【図8】220 nmにて遠紫外CDによりモニタリングしたSlpA-gp41 (26-189)の熱誘導性の逆フォールディング遷移を示す。融合タンパク質の楕円率は温度の関数としてミリ度 (mdeg)で示す。SlpA-gp41 (26-189)の逆フォールディングの大部分は可逆的であり、サンプルを室温まで冷ますとネイティブな融合ポリペプチドの遠紫外CDシグナルの大部分は回復する。SlpA-gp41 (26-189)の融解温度 (すなわち分子の50%がフォールディングされ50%が未フォールディングである温度)は約63である。これはSlpA-gp41 (26-189)と比較したときに、SlpA-gp41 (26-189)の熱安定性が優れていることを明確に実証する。

【図9】実施例4に記載の自動化Elecsys (登録商標)分析器での、SlpA-gp41 (26-189)およびSlpA-gp41 (26-189)のヒト抗HSV-1陽性および抗HSV-1陰性血清との免疫学的反応性を示す。表1は、両方の抗原変異体の、過酷な一晚の60での熱処理の前および後の性能を示す。実験の結果は、熱ストレスを施したSlpA-gp41 (26-189)が熱ストレスを施したSlpA-gp41 (26-189)よりも二重の意味で優れていることを明確に示す。第1に、抗HSV-1陽性血清でのシグナル回復 (表1の上半分)は熱ストレスを施したSlpA融合ポリペプチドの方が顕著に高かった。第2に、抗HSV-1陰性血清でのバックグラウンドシグナルの増加 (

10

20

30

40

50

表1の下半分)は、熱ストレスを施したS1pA融合ポリペプチドの方が顕著に低かった。この両方の効果は、免疫アッセイのシグナル動態を改善し、S1pAの、取扱困難な標的タンパク質に安定性と溶解性を付与する融合パートナーとしての利点を際立たせる。したがって免疫アッセイの感度は、S1pAを、それと近い関係にあるS1yDの代わりに、融合パートナーとして使用することにより保証することができる。

【0021】

配列表の簡単な説明

配列番号1は、SwissProtデータベース登録番号POAEM0から取得した大腸菌(E. coli) S1pAの完全アミノ酸配列(149アミノ酸)を示す：

MSESVQNSA VLVHFTLKL DGTTAESTRN NGKPALFRLG DASLSEGLEQ HLLGLKVGDK
TTFSLPEPDA FGVPSPLDIQ YFSRREFMDA GEPEIGAIML FTAMDGSEMP GVIREINGDS
ITVDFNHPLA GQTVHFDIEV LEIDPALEA

10

【0022】

配列番号2は、実施例の章に用いた、大腸菌(E. coli) S1pAのアミノ酸配列(アミノ酸、セリン2~グルタミン酸148)を示す。N末端メチオニンは大腸菌(E. coli)では翻訳と共に除去される。クローニングを容易にするために、C末端のアラニンも除いた。さらに、タンパク質の精製と再フォールディングを容易にするために、C末端にヘキサヒスチジンタグを付加した：

SESVQNSAV LVHFTLKLDD GTTAESTRNN GKPALFRLGD ASLSEGLEQH LLGLKVGDKT
TFSLEPDAAF GVPSPDLIQY FSRREFMDAG EPEIGAIMLF TAMDGSEMPG VIREINGDSI
TVDFNHPLAG QTVHFDIEVL EIDPALEHHH HHH

20

【0023】

配列番号3は、大腸菌(E. coli) S1pA-gp41のアミノ酸配列を示す。gp41部分はHIV1 gp41のアミノ酸536~681を有し、S1pA部分はアミノ酸1~146を有する。該配列は融合タンパク質の精製と再フォールディングを容易にするために付加したC末端のヘキサヒスチジンタグを有する：

MSESVQNSA VLVHFTLKL DGTTAESTRN NGKPALFRLG DASLSEGLEQ HLLGLKVGDK
TTFSLPEPDA FGVPSPLDIQ YFSRREFMDA GEPEIGAIML FTAMDGSEMP GVIREINGDS
ITVDFNHPLA GQTVHFDIEV LEIDPAGGGS GGGSGGGSGG GSGGGSGGGT LTVQARQLLS
GIVQQNNEL RAIEAQHLE QLTWVGTKQL QARELAVERY LKDQQLLGIW GCSGKLICTT
AVPWNASWSN KSLEQIWNM TWMEWDREIN NYTSLIHS LI EESQNOQEK N EQELLELDKW
ASLWNWFNIT NLWYLEHHH HHH

30

【0024】

配列番号4は、大腸菌(E. coli) S1pA-S1pA-gp41のアミノ酸配列を示す。2つのS1pA単位が、非常に凝集傾向の強い標的ポリペプチドであるHIV gp41エクトドメインに連結されている。第1のS1pA単位はアミノ酸1~146を含み、第2のS1pA単位はアミノ酸2~149を含む(両方のS1pA変異体は機能と安定性に関して完全に等価である)。融合タンパク質の精製と再フォールディングを容易にするために、C末端ヘキサヒスチジンタグを付加した：

40

MSESVQNSA VLVHFTLKL DGTTAESTRN NGKPALFRLG DASLSEGLEQ HLLGLKVGDK
 TTFSLEPDAA FGVPSPLIQ YFSRREFMDA GEPEIGAIML FTAMDGSEMP GVIREINGDS
 ITVDFNHPLA GQTVHFHDIEV LEIDPAGGGS GGGSGGGSGG GSGGGSGGGS ESVQNSAVL
 VHFTLKLDDG TTAESTRNNG KPALFRLGDA SLSEGLEQHL LGLKVGDKTT FSLEPDAAFG
 VPSPLIQYF SRREFMDAGE PEIGAIMLFT AMDGSEMPGV IREINGDSIT VDFNHPLAQG
 TVHFHDIEVLE IDPALEAGGG SGGSGGGSGG GSGGGSGGGG TLTVQARQLL SGIVQQQNE
 LRAIEAQHL EQLTVWGKQ LQARELAVER YLKDQQLGI WGCSEKLICT TAVPWNASWS
 NKSLEQIWNM MTWMEWDREI NNYTSLIHSL IEESQNQOEK NEQELLELDK WASLWNWFNI
 TNWLWYLEHH HHHH

10

【 0 0 2 5 】

配列番号5は、大腸菌 (*E. coli*) S l y D - g p 4 1 のアミノ酸配列を示す。該タンパク質の精製と *in vitro* での再フォールディングを容易にするためにC末端ヘキサヒスチンタグを付加した：

MKVAKDLVVS LAYQVRTEDG VLVDSPVSA PLDYLHGHGS LISGLETEALE GHEVGDKFDV
 AVGANDAYGQ YDENLVQRVP KDVFMGVDDEL QVGMFLAET DQGPVPEIT AVEDDHVVVD
 GNHMLAGQNL KFNVEVVAIR EATEEELAHG HVHGAHDHHH DHDHDGGGSG GSGGGSGGG
 SGGSGGGTTL TVQARQLLSG IVQQQNNELR AIEAQHLEQ LTVWGKQLQ ARELAVERYL
 KDQQLGIWG CSGKLICTTA VPWNASWSNK SLEQIWNMT WMEWDREINN YTSLIHSLE
 EQNQOEKNE QELLELDKWA SLWNWFNITN WLWYLEHHHH HH

20

【 0 0 2 6 】

配列番号6は、大腸菌 (*E. coli*) S l y D - S l y D - g p 4 1 のアミノ酸配列を示す。2つのS l y D単位が標的ポリペプチドg p 4 1に融合されている。該タンパク質の精製と *in vitro* での再フォールディングを容易にするためにC末端ヘキサヒスチンタグを付加した：

MKVAKDLVVS LAYQVRTEDG VLVDSPVSA PLDYLHGHGS LISGLETEALE GHEVGDKFDV
 AVGANDAYGQ YDENLVQRVP KDVFMGVDDEL QVGMFLAET DQGPVPEIT AVEDDHVVVD
 GNHMLAGQNL KFNVEVVAIR EATEEELAHG HVHGAHDHHH DHDHDGGGSG GSGGGSGGG
 SGGSGGGKV AKDLVVS LAY QVRTEDGVLV DESPVSAPLD YLHGHGSLIS GLETELEGHE
 VGDKFDVAVG ANDAYGQYDE NLVQRVPKDV FMGVDDELQVG MRFLAETDQG PVPVEITAVE
 DDHVVDGNH MLAGQNLKFN VEVVAIREAT EEELAHGHVH GAHDHHDHD HDGGSGGGG
 GGGSGGGSGG GSGGGTTLVQ ARQLLSGIVQ QQNNELRAIE AQQHLEQLTV WGTKQLQARE
 LAVERYLKQ QLLGIWCGSG KLICTTAVPW NASWSNKSLE QIWNMTWME WDREINNYTS
 LIHSLEESQ NQOEKNEQEL LELDKWASLW NWFNITNWLW YHGHHDHDH HHHHH

30

【 0 0 2 7 】

配列番号7は、融合ポリペプチドS l p A - g G 1 のアミノ酸配列を示す。1つのS l p A単位が標的ポリペプチドg G 1 (実施例4で使用したように、ヒト単純ヘルペスウイルスH S V - 1抗原g G 1のアミノ酸26 ~ 189を含む)に融合されている：

40

MSESVQNSA VLVHFTLKL DGTAESTRN NGKPALFRLG DASLSEGLEQ HLLGLKVGDK
 TTFSLEPDAA FGVSPDLIQ YFSRREFMDA GEPEIGAIML FTAMDGSEMP GVIREINGDS
 ITVDFNHPLA GQTVHFDIEV LEIDPALEGG GSGGGSGGGG GGGSGGGSGG GPTNVSSTTQ
 PQLQTTGRPS HEAPNMTQTG TTDSPTAISL TTPDHTPPMP SIGLEEEEEEE EGAGDGEHLE
 GGDGTRDTLP QSPGPAFPLA EDVEKDKPNR FVVPSPDPNN SPARPETS RP KTPPTIIGPL
 ATRPTTRLTS KGRPLVPTPQ HTPLFSFLTA SPALDLEHHH HHH

【 0 0 2 8 】

配列番号 8 は、融合ポリペプチド S l y D - g G 1 のアミノ酸配列を示す。1つの S l y D 単位が標的ポリペプチド g G 1 (実施例 4 で使用したように、ヒト単純ヘルペスウイルス H S V - 1 抗原 g G 1 のアミノ酸 2 6 ~ 1 8 9 を含む) に融合されている :

10

MKVAKDLVVS LAYQVRTEDG VLVDESPVSA PLDYLGHGGS LISGLETEALE GHEVGDKFDV
 AVGANDAYGQ YDENLVQRVP KDVFMGVDEL QVGMFLAET DQGPVPEIT AVEDDHVVVD
 GNHMLAGQNL KFNVEVVAIR EATEEELAHG HVHGAHDHHH DHDHDGGGSG GSGGGSGGGG
 SGGGSGGGPT NVSSTTQPQL QTTGRPSHEA PNMTQTGTTD SPTAISLTPP DHTPPMPSIG
 LEEEEEEGA GDGEHLEGGD GTRDTLPQSP GPAFPLAEDV EKDKPNRPVV PSPDPNNSPA
 RPETS RP KTP PTIIGPLATR PTRLTSKGR PLVPTPQHTP LFSFLTASPA LDLEHHHHHHH

20

【 0 0 2 9 】

配列番号 9 は、Swiss Prot ID: Q9CKP2 による、パスツレラ・ムルトシダ (Pasteurella multocida) S l y D のアミノ酸配列 (全長) を示す :

MKIAKNVVVS IAYQVRTEDG VLVDEAPVNQ PLEYLQGHNN LVIGLENALE GKAVGDKFEV
 RVKPEEAYGE YNENMVQRVP KDVFOGVDL VVGMRFIADT DIGPLPVVIT EVAENDVVVD
 GNHMLAGQEL LFSVEVVATR EATLEEIAHG HIHQEGGCCG GHHHDSDEEG HGC GCGSHHH
 HEHEHHAHDG CCGNGGCKH

【 0 0 3 0 】

配列番号 10 は、C 末端を切断したシステイン不含のパスツレラ・ムルトシダ (Pasteurella multocida) S l y D 変異体のアミノ酸配列を示す。好ましくはこれを、二重抗原サンドイッチイムノアッセイに使用するための融合タンパク質中のシャペロン単位 (P m S S l y D 1 - 1 5 6) として使用する :

30

MKIAKNVVVS IAYQVRTEDG VLVDEAPVNQ PLEYLQGHNN LVIGLENALE GKAVGDKFEV
 RVKPEEAYGE YNENMVQRVP KDVFOGVDL VVGMRFIADT DIGPLPVVIT EVAENDVVVD
 GNHMLAGQEL LFSVEVVATR EATLEEIAHG HIHQEG

【 0 0 3 1 】

配列番号 11 は、Swiss Prot ID P45523 による大腸菌 (E. coli) F k p A のアミノ酸配列 (全長) を示す :

40

MKSLFKVTLL ATTMVALHA PITFAAEAAK PATAADSKAA FKNDDQKSAY ALGASLGRYM
 ENSLKEQEKL GIKLDKQQLI AGVQDAFADK SKLSDQEIEQ TLQAFEARVK SSAQAKMEKD
 AADNEAKGKE YREKFAKEKG VKTSSTGLVY QVVEAGKGEA PKDSDTVVVN YKGTLLIDGKE
 FDNSYTRGEP LSFRLDGVIP GWTEGLKNIK KGGKIKLVIP PELAYGKAGV PGIPPNSTLV
 FDVELLDVKP APKADAKPEA DAKAADSACK

【 0 0 3 2 】

配列番号 12 は、二重抗原サンドイッチイムノアッセイに使用するための融合タンパク質中のシャペロン単位として好適に使用される大腸菌 (E. coli) F k p A のアミノ酸配

50

列部分を示す。該配列はN末端シグナル配列（アミノ酸残基1～25）を欠き、成熟Fk p A（Fk p A 26 - 270）に実質的に対応する：

AEAAKPATAA DSKAAFKNDD QKSAYALGAS LGRYMENSLK EQEKLGIKLD KDQLIAGVQD
 AFADKSKLSD QEIEQTLQAF EARVKSSAQA KMEKDAADNE AKGKEYREKF AKEKGVKTSS
 TGLVYQVVEA GKGEAPKDSG TVVVNYKGTL IDGKEFDNSY TRGEPLSFRL DGVIPGWTEG
 LKNIKKGGKI KLVIPPELAY GKAGVPGIPP NSTLVFDVEL LDVKPAPKAD AKPEADAKAA
 DSAKK

【0033】

配列番号13はエプスタイン・バーウイルス核抗原1（EBV核抗原1、すなわちEBNA-1）の401～641位、（EBV=HHV-4=ヒトヘルペスウイルス4）；株B95-8のアミノ酸配列を示す。EBNA-1の完全アミノ酸配列は641残基からなり、Swiss Prot ID P03211として取得可能である。天然に存在するシステイン残基はEBNA-1の抗原性には不要であり、精製工程を簡便にするため、およびネイティブ様のフォールディングされた可溶性タンパク質の収率を高めるために、アラニンに変更した（下線で示す）：

GRRPFHFPVG EADYFEYHQE GGPDPGPDVP PGAIEQGPAD DPGEGPSTGP RGQGDGRRK
 KGGWFGKHRG QGGSNPKFEN IAEGRLALLA RSHVERTTDE GTWVAGVFVY GGSKTSLYNL
 RRGTALAIPQ ARLTPLSRLP FGMAPGPGPQ PGPLRESIVA YFMVFLQTHI FAEVLKDAIK
 DLVMTKPAPT ANIRVTVASF DDGVDLPPWF PPMVEGAAAE GDDGDDGDEG GDGDEGEEGQ E

【0034】

配列番号14は、Swiss Prot ID P14348による、エプスタイン・バーウイルスタンパク質p18のアミノ酸1～176（オープンリーディングフレームBFRF3、HHV-4/B95-8）のアミノ酸配列を示す。アミノ酸56位における天然に存在するシステイン残基はEBV p18の抗原性には不要であり、精製工程を簡便にするため、およびネイティブ様のフォールディングされた可溶性タンパク質の収率を高めるために、アラニンに変更した（下線で示す）：

MARRLPKPTL QGRLEADFPD SPLLPKFQEL NQNNLFPNDVF REAQRSYLVF LTSQFAYEEY
 VQRTFGVPRR QRAIDKRQRA SVAGAGAAHAH LGGSSATPVQ QAQAAASACT GALASSAPST
 AVAQSATPSV SSSISLRAA TSGATAAASA AAVDTGSGG GGQPHDTAPR GARKKQ

【0035】

配列番号15は、Swiss Prot ID P14348による、エプスタイン・バーウイルスタンパク質p18のC末端部分、アミノ酸105～176（オープンリーディングフレームBFRF3、HHV-4/B95-8）のアミノ酸配列を示す：

AASAGTGALA SSAPSTAVAQ SATPSVSSSI SSLRAATSGA TAAASAAA AV DTGSGGGQP
 HDTAPRGARK KQ

【0036】

配列番号16は、Swiss Prot ID P03197による、エプスタイン・バーウイルスタンパク質p23のアミノ酸1～162（オープンリーディングフレームBLRF2、HHV-4/B95-8）のアミノ酸配列を示す。アミノ酸46位における天然に存在するシステイン残基はEBV p23の抗原性には不要であり、精製工程を簡便にするため、およびネイティブ様のフォールディングされた可溶性タンパク質の収率を高めるために、アラニンに変更した（下線で示す）：

10

20

30

40

MSAPRKVRLP SVKAVDMSME DMAARLARLE SENKALKQQV LRGGAAASST SVPSAPVPPP
 EPLTARQREV MITQATGRLA SQAMKKIEDK VRKSV DGVTT RNEMENILQN LTLRIQVSM L
 GAKGQSPGGE GTRPRESNDP NATRRARSRS RGREAKKVQI SD

【 0 0 3 7 】

配列番号 17 は、S l p A および標的ポリペプチドを含む発現カセットのクローニングのために実施例 1 に使用し示した、グリシンリッチなリンカーペプチド配列 L = (G G G S)₅ G G G を示す：

GGGSGGGSGG GSGGGSGGGS GGG

10

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 8 】

発明の詳細な説明

本発明の一態様は、融合タンパク質をコードする組換え DNA 分子であって、機能的に連結された、標的ポリペプチドをコードする少なくとも 1 つのヌクレオチド配列と、その上流または下流にある、S l p A シャペロン単位をコードする少なくとも 1 つのヌクレオチド配列とを含む、組換え DNA 分子である。

【 0 0 3 9 】

「組換え DNA 分子」という用語は、2 つの、別の状況では分離されている配列セグメントの連結により作製される DNA 分子を言い、該連結は遺伝子工学技術または化学合成によりポリヌクレオチドの単離された部分同士を人工的に操作することにより行われる。その際、所望の機能のポリヌクレオチドセグメントと一緒に連結させて、所望の機能の組み合わせを生み出すことができる。

20

【 0 0 4 0 】

ポリヌクレオチド配列は、それらが互いに機能的な関係に配置されるときに、機能的に連結されている。例えば、あるプロモーターがコード配列の転写または発現を制御するならば、このプロモーターは該コード配列に機能的に連結されている。一般に「機能的に連結された」とは、連結された配列が連続していることを意味し、必要であれば 2 つのタンパク質コード領域を連続かつリーディングフレームが揃うように一緒にすることを意味する。しかしながら、エンハンサーのような特定の遺伝的エレメントは離れていても、すな

30

【 0 0 4 1 】

「上流」および「下流」という用語は機能により定義され、コードヌクレオチド配列鎖の方向または極性について言う。「上流」方向とは、当該ヌクレオチドが所定のポリヌクレオチド配列の 5' 方向に位置する、すなわち開始ヌクレオチド方向に位置することを意味する。アミノ酸配列に関する「上流」という用語は、N 末端方向、すなわちポリペプチド鎖の開始位置に向かう方向に位置するアミノ酸を意味する。好ましくは、S l p A シャペロン単位をコードするヌクレオチド配列は、標的ポリペプチドをコードするヌクレオチド配列の上流に位置する。

【 0 0 4 2 】

「下流」方向とは、当該ヌクレオチドがポリヌクレオチドの 3' 方向に位置する、すなわちヌクレオチド配列の末尾方向に位置することを意味する。アミノ酸配列に関する「下流」という用語は、C 末端方向、すなわちポリペプチド鎖の末尾方向に位置するアミノ酸を意味する。

40

【 0 0 4 3 】

ポリヌクレオチドは、そのネイティブな状態でまたは当技術分野で公知の手法により操作されたときに、該ポリヌクレオチドがヌクレオチド鑄型に転写され得るおよび/またはポリペプチドまたはその断片を生じるよう翻訳され得るときに、当該ポリペプチドを「コードする」または「コードしている」と言う。

【 0 0 4 4 】

50

本発明の別の態様は、機能的に連結された、標的ポリペプチドをコードする少なくとも1つのヌクレオチド配列および、その上流または下流にある、S1pAシャペロンをコードする少なくとも1つのヌクレオチド配列を含む組換えDNA分子を含む発現ベクターである。

【0045】

宿主に導入するために調製されたDNA構築物は、典型的にはその宿主により認識される複製システムを含み、これは所望の標的融合ペプチドをコードする意図されるDNA断片を含み、また、好ましくはポリペプチドコード部分に機能的に連結された転写および翻訳開始調節配列も含む。発現系（発現ベクター）には、例えば、複製起点または自己複製配列（ARS）および発現制御配列、プロモーター、エンハンサーおよび必要なプロセッシング情報部位、例えばリボソーム結合部位、RNAスプライシング部位、ポリアデニル化部位、転写終結配列、およびmRNA安定化配列が含まれ得る。

10

【0046】

適当なプロモーターおよび他の必要なベクター配列は、宿主内で機能するよう選択する。細菌、酵母、哺乳動物、昆虫、植物または他の細胞での発現に有用な多数のベクターが当技術分野で公知であり市販されている。さらに、遺伝子の複数コピーが得られるように、構築物を増幅可能な遺伝子に連結させることもできる。

【0047】

発現およびクローニングベクターは多くの場合、選択マーカー、すなわち該ベクターで形質転換された宿主細胞の生存または増殖に必要なタンパク質をコードする遺伝子を含むが、かかるマーカー遺伝子は宿主細胞に共に導入される別のポリヌクレオチド配列が保有してもよい。該マーカー遺伝子を発現する宿主細胞のみが選択的条件下で生存および/または増殖する。典型的な選択遺伝子としては、限定するものではないが、(a) 抗生物質もしくは他の有毒物質（例えばアンピシリン、テトラサイクリン、など）に対する耐性を付与するタンパク質、(b) 栄養要求性の欠乏症を補完するタンパク質、または(c) 複合培地からは得られない重要な栄養素を供給するタンパク質をコードする遺伝子が挙げられる。適当な選択遺伝子は宿主細胞に応じて選ばれ、種々の宿主について適当なマーカーが当技術分野で公知である。

20

【0048】

対象のポリヌクレオチドを含むベクターは、当技術分野で既知のどのような方法により宿主細胞に導入してもよい。こうした方法は当該宿主系の種類に応じて異なり、塩化カルシウム、塩化ルビジウム、リン酸カルシウム、DEAE-デキストラン、および他の物質を用いたトランスフェクション、ならびにウイルスによる感染が挙げられるがこれに限らない。多量の本発明のポリヌクレオチドおよびポリペプチドは、適合可能な宿主細胞内でベクターまたは他の発現ピヒクル中の本発明のポリヌクレオチドを発現させることで調製することができる。最も一般的に用いられる原核生物宿主は大腸菌 (*Escherichia coli*) の株であるが、枯草菌 (*Bacillus subtilis*) のような他の原核生物を使用することもできる。

30

【0049】

大腸菌 (*Escherichia coli*) での発現は、本発明を実施する好ましい様式の一つである。少なくとも1つのS1pA単位および少なくとも1つの標的ポリペプチドX単位を含む融合タンパク質の発現、または可溶性S1pA-X複合体を得るためのS1pAとXの共発現は、S1pAとXが共有結合により連結されているか否かを問わず、原核生物でも真核生物宿主細胞でも実施可能である。

40

【0050】

本発明におけるベクターの構築には慣用のライゲーション技術を用いる。単離されたプラスミドまたはDNA断片を切断し、調整し、所望の形態に再度ライゲーションして、必要なプラスミドを作製する。所望であれば、構築されたプラスミド中に正しい配列があることを確認するための分析を公知の様式で行う。発現ベクターの構築、*in vitro* 転写産物の調製、DNAの宿主細胞への導入、および発現と機能の評価の分析を実施する

50

ための好適な方法は当業者に知られている。遺伝子の存在、増幅および/または発現は、サンプルから直接測定することができる。これには例えば、適切に標識されたプローブ（本明細書に提供する配列に基づくものであり得る）を用いる、慣用のサザンブロットング、mRNAの転写を定量するためのノーザンブロットング、ドットプロット（DNAまたはRNA分析）、またはin situハイブリダイゼーションによる。当業者は所望であればこうした方法をどのように改変できるか、容易に想定することができる。

【0051】

本発明のさらなる実施形態は、機能的に連結された、標的ポリペプチドをコードする少なくとも1つのヌクレオチド配列、およびその上流または下流のSlpAシャペロンをコードする少なくとも1つのヌクレオチド配列を含む組換えDNA分子を含む発現ベクターで形質転換された宿主細胞である。

10

【0052】

本発明の別の実施形態は、原核生物または真核生物宿主でのSlpAおよび標的ポリペプチドの共発現方法に関する。これにより過剰産生されるSlpAは標的ポリペプチドと相互作用して可溶性で非共有結合性の複合体を形成し、これがネイティブ様にフォールディングされ、かつ活性な標的ポリペプチドの調製を促進する。このことは、SlpAおよび標的ポリペプチドをコードするDNA配列が同じベクター中に配置され、同一または異なるプロモーターにより制御され得ることを意味する。あるいは、SlpAおよび標的ポリペプチドをコードするDNA分子は、異なる適合性のベクター上に配置されていてもよい。SlpAと標的ポリペプチドの同時発現のためには、宿主細胞を両方のベクターで形質転換する。好ましくは、標的タンパク質およびSlpAをコードする遺伝子は、異なる誘導物質に応答する異なるプロモーターにより制御される。したがって、SlpAと標的タンパク質の誘導は、制御され規定された様式で同時にまたは連続して行うことができる。例えば、機能性のシャペロンの基底レベルをつくり出すためにまずSlpA発現を誘導し、次いでその後、標的遺伝子の誘導を行うことができる。この連続的な手法とは別に、フォールディングヘルパーおよび標的ポリペプチドの同時誘導も可能であり、同様に可溶性で機能的な標的タンパク質を生じ得る。SlpAおよび標的タンパク質をコードする遺伝子はそれぞれ、同一または異なるベクター上に配置され得る。

20

【0053】

「融合タンパク質」という用語は、別の状況では分離されている2つのポリペプチドが単一のポリペプチド鎖に機能的に結合されていることを意味する。該融合タンパク質のそれぞれの要素、すなわちSlpAシャペロン部分および標的ポリペプチド部分（標的ポリペプチドXとも言う）は、互いに直接隣接していてもよい。あるいは、それぞれの要素は1~100アミノ酸残基、好ましくは5~30アミノ酸残基、最も好ましくは約20アミノ酸残基のリンカーにより隔てられている。当業者が理解するように、かかるリンカーポリペプチドは、意図する用途に最適となるように、特に長さ、柔軟性、電荷および親水性を考慮して、設計される。リンカーポリペプチド配列はまた、タンパク質分解的な切断部位を有しうる。場合により、融合タンパク質は、フォールディングが行われるべき所望の区画へとタンパク質を標的化するためのシグナルペプチド配列をも含み得る。

30

【0054】

本発明によると、2以上の標的ポリペプチドX、例えば2つ、3つまたは4つの標的ポリペプチドのコピーが融合タンパク質の一部を構成してもよい。一例として、SlpA-X₂とは、1つのSlpA単位が2つのX型の標的ポリペプチド単位に融合していることを意味する。単一の標的ポリペプチド単位は、リンカーポリペプチド部分により離れていてもいなくてもよい。該融合タンパク質は少なくとも1つのSlpAシャペロン単位を含有する。同様に、タンデム、3重またはさらに高次の組み合わせ（例えばSlpA-SlpA-XまたはSlpA-SlpA-SlpA-X）により、融合タンパク質が構成されていてもよい。同様に、標的ポリペプチドが少なくとも2つのシャペロン単位により挟まれている融合タンパク質（例えばSlpA-X-SlpAまたはSlpA-SlpA-X-SlpA-SlpA）も本発明の一部である。

40

50

【 0 0 5 5 】

S l p A は F K B P ファミリーの推定上のペプチジルプロリルシス/トランスイソメラーゼである。SwissProt 登録番号POAEM0として公開されている大腸菌 (E. coli) S l p A アミノ酸配列を配列番号 1 に示す。

【 0 0 5 6 】

本発明において、「S l p A シャペロンをコードするヌクレオチド配列」という用語は、S l p A のポリペプチド結合部分を含むポリペプチド断片をコードするヌクレオチド配列を言う。シャペロンの「ポリペプチド結合部分」という用語は、シャペロンの結合能のある部分、すなわち対象または基質ポリペプチド鎖に結合しそれを保持し、したがって該ポリペプチド鎖を隔離して凝集傾向のあるフォールディング中間体の濃度を低減し、その後のフォールディングを促進する部分を言う。S l p A の「ポリペプチド結合部分」のことを I F ドメイン (insert in flap domain) と呼ぶ。自律的なフォールディング単位と定義されるタンパク質ドメインは、適切な再フォールディング条件下で水溶液中でネイティブ様の安定なフォールディングをとることができる。「ポリペプチド結合部分」、「I F ループ」、I F ドメインまたはシャペロンドメインという用語は、同意語として使用することができる。

10

【 0 0 5 7 】

本発明の「S l p A」または「S l p A シャペロン」または「S l p A 単位」は、S l p A のポリペプチド結合部分または I F ドメインを含む。好ましくは、大腸菌 (E. coli) S l p A 分子全体を融合パートナーとして使用する。あるいは、S l p A I F ドメインを融合パートナーとして用いる。これは N 末端が配列番号 2 のアミノ酸番号 5 9 ~ 7 8 に位置する任意のアミノ酸から開始され、C 末端が配列番号 2 のアミノ酸番号 1 2 5 ~ 1 3 9 に位置する任意のアミノ酸で終わる断片を少なくとも含む。最も好ましいのは、N 末端が配列番号 2 のアミノ酸番号 7 2 (バリン 7 2) で開始され、C 末端が配列番号 2 のアミノ酸番号 1 3 2 (トレオニン 1 3 2) で終了するポリペプチドをコードする配列である。本発明によれば、S l p A はこのシャペロンの成熟した非ヒト化形態を言う。これは、S l p A シャペロンが、F K B P 1 2 またはどのような他のヒト F K B P の N 末端もしくは C 末端隣接配列をも有しないことを意味する。

20

【 0 0 5 8 】

本発明によれば、プロリルイソメラーゼとシャペロン活性の組み合わせさせた、他の生物由来の S l p A シャペロンホモログをフォールディングヘルパーとして使用することができる。かかる S l p A ホモログは以下の生物に由来し得る (Swiss Prot データベース I D 番号を括弧内に示す) : シゲラ・フレキシネリ (Shigella flexneri) (Prot. ID. POAEM 3)、シゲラ・ソネイ (Shigella sonnei) (Prot. ID Q3Z5Y2)、志賀赤痢菌 (Shigella dysenteriae) (Prot. ID Q32K69)、シトロバクター・コセリ (Citrobacter Koseri) (Prot. ID A8ALT4)、チフス菌 (Salmonella typhi) (Prot. IDQ8XG79)、ネズミチフス菌 (Salmonella typhimurium) (Prot. ID Q7CR92)、パラチフス菌 (Salmonella paratyphi) A および B (Prot. ID Q5PK15 および A9MYG7)、サルモネラ・コレラスイス (Salmonella choleraesuis) (Prot. ID Q57TL3)、肺炎桿菌 (Klebsiella pneumoniae) (Q9RF46)、サルモネラ・アリゾナエ (Salmonella arizonae) (Prot. ID A9MR44)、エンテロバクター属種 (Enterobacter sp.) (Prot. ID A4W6E3)、エンテロバクター・サカザキ (Enterobacter sakazakii) (A7MIM1)、セラチア・プロテアマキュランス (Serratia proteamaculans) (Prot. ID A8G9L6)、ペスト菌 (Yersinia pestis) (Prot. ID Q8CZP4 または Q0WJ19)、仮性結核菌 (Yersinia pseudotuberculosis) (Prot. ID A7FMD5)、エルシニア・エンテロコリチカ (Yersinia enterocolitica) (A1JJE3)、エルウィニア・カロトボラ (Erwinia carotovora) (Prot. ID Q6D0C5)、フォトラブダス・ルミネッセンス (Photobacterium luminescens) (Prot. ID Q7N8X0)、ソダリス・グロッシニジウス (Sodalis glossinidius) (Prot. ID Q2NVY4)、イディオマリナ・バルチカ (Idiomarina baltica) (Prot. ID A3WMS1)、ビブリオ・ハーベイ (Vibrio harveyi) (Prot. ID A6ATG 3 または A7MTD8)、ビブリオ・バルニフィカス (Vibrio vulnificus) (Prot. ID Q7MNM6

30

40

50

またはQ8DES9)、ビブリオ・カンブベリー (*Vibrio campbellii*) (Prot. ID A8T7R0)、ビブリオ・シロニイ (*Vibrio shilonii*) (Prot. ID A6D8Q3)、ビブリオ・スプレンドイダス (*Vibrio splendidus*) (Prot. ID A3UXQ8)、イディオマリナ・ロイヒエンシス (*Idiomarina loihiensis*) (Prot. ID Q5QZR6)、ビブリオ・アルギノリティカス (*Vibrio alginolyticus*) (Prot. ID Q1V5T9)、アエロモナス・サルモニシダ (*Aeromonas salmonicida*) (Prot. ID A4SIX7)、フォトバクテリウム属種 (*Photobacterium* sp.) (Q2C7V1)、ビブリオ・パラヘモリティカス (*Vibrio parahaemolyticus*) (Prot. ID Q87S88またはA6B565)、シュードアルテロモナス・アトランティカ (*Pseudoalteromonas atlantica*) (Prot. ID Q15R06)、コレラ菌 (*Vibrio cholerae*) (Prot. ID A5F8X4、もしくはQ9KU45、もしくはA6Y5H7、もしくはA6XZU4、もしくはA6ADB4、もしくはA6A5W5、もしくはA3H4C9、もしくはA3GPA9、もしくはA3EG01、もしくはA2PSS5、もしくはA2P8T9、もしくはA1F6Q8)、アエロモナス・ヒドロフィラ (*Aeromonas hydrophila*) (Prot. ID A0KG41)、ビブリオ・アングスタム (*Vibrio angustum*) (Prot. ID Q1ZMQ4)、モリテラ属種 (*Moritella* sp.) (Prot. ID A6FG75)、シュードアルテロモナス・ハロプランクティス (*Pseudoalteromonas haloplanktis*) (Prot. ID Q31EA0)、アルテロモナデールス・バクテリウム (*Alteromonadales bacterium*) (Prot. ID A0Y1B2)、サイクロモナス・イングラハミー (*Psychromonas ingrahamii*) (Prot. ID A1SZP1)、ビブリオ・フィシェリィ (*Vibrio fischeri*) (Prot. ID Q5E7N2 またはA9IPH0)、フォトバクテリウム・プロファンダム (*Photobacterium profundum*) (Prot. ID Q1Z378またはQ6LUK9)、シュードアルテロモナス・チュニカータ (*Pseudoalteromonas tunicata*) (Prot. ID A4C627)、サイクロモナス属種 (*Psychromonas* sp.) (Prot. ID Q1ZHS3)、レイネカ属種 (*Reineka* sp.) (Prot. ID A4BJL0)、ビブリオ・サイクロエリサス (*Vibrio psychroerythus*) (Prot. ID Q486T8)、シュワネラ・アマゾンシス (*Shewanella amazonensis*) (Prot. ID A1S427)、シュワネラ属種 (*Shewanella* sp.) (Prot. ID Q0HFZ1、もしくはQ0HS84、もしくはA0KZY9)、シュワネラ・ペアレアナ (*Shewanella pealeana*) (Prot. ID A8H1H5)、シュワネラ・フリジディマリナ (*Shewanella frigidimarina*) (Prot. ID Q07Z37)、シュワネラ・デニトリフィカンス (*Shewanella denitrificans*) (Prot. ID Q12KM6)、シュワネラ・ロイヒカ (*Shewanella loihica*) (Prot. ID A3QBX4)、およびシュワネラ・プトレフェーシエンス (*Shewanella putrefaciens*) (Prot. ID A4Y4A6)。

10

20

30

40

50

【0059】

本発明によれば、S1pAシャペロン配列は、S1pAシャペロンの全体的な構造、機能および安定性が維持されるならば、アミノ酸置換、好ましくは相同性の置換、欠失および挿入により改変されていてもよい。かかるS1pA変異体の機能の保持は、調べている標的ポリペプチドおよびS1pAシャペロン配列を含む融合タンパク質の融解温度を決定することにより容易に試験することができる。融解温度は、50%の分子がフォールディングされ、50%の分子が未フォールディングである温度と定義される。すなわち融解温度は、所定のバッファー系と所定のタンパク質濃度での熱誘導性の逆フォールディング遷移の中間点を表す。芳香族残基の含有量に応じて、タンパク質の融解温度を、UV吸収、蛍光または円偏光二色性のような単純な分光学的調査によりモニタリングすることができる。特に円偏光二色性は、タンパク質の二次構造 (アミドCDまたは遠紫外CD) におけるかまたは三次構造 (芳香族CDまたは近紫外CD) におけるコンホメーション変化をモニタリングするのに適している。

【0060】

近紫外CDにより評価されるS1pAの熱誘導性の逆フォールディングからは、逆フォールディング過程が完全に可逆的であること、すなわちサンプルが95 から周囲温度、つまり15 ~ 25 まで冷却されるとS1pAが自発的にそのネイティブなコンホメーションに再び戻ることが明らかにされている。このフォールディングと逆フォールディングの可逆性は、バイオテクノロジー用途における理想的なフォールディングヘルパーにとって極めて重要な前提条件である。多くの場合、組換え融合タンパク質は、強く過剰産生されると大腸菌 (*E. coli*) 細胞質内で封入体として蓄積する。この場合、7.0 M塩化グ

アニジンもしくは尿素のような他のカオトロピック物質に溶解された細菌細胞または封入体から出発して、強力で効果的な再生プロトコルを構築する必要がある。所望の対象タンパク質の *in vitro*での再フォールディングを助けるには、どのようなシャペロン融合パートナーの再フォールディングも、十分に強固、効果的、そして可逆的でなければならぬことは自明であろう。従来技術で公知の多数の融合パートナー、例えば NusA、MBP (マルトース結合タンパク質) および GST (グルタチオン-S-トランスフェラーゼ) は、宿主細胞内で翻訳される時非常に強力な *de novo*フォールディングを示すが、熱または化学的に誘導される逆フォールディング後は容易に再フォールディングすることができない。したがってこうした融合パートナーは、宿主系内での標的タンパク質の可溶性の発現を目的として使用される。該融合パートナーが、宿主細胞内での翻訳に際して、*de novo*フォールディング中に対象タンパク質に溶解性を付与することができないと、凝集した融合タンパク質を *in vitro*再生手段により回収することは困難になる。本発明によれば、SlpAのような完全に可逆性の融合パートナーは、宿主細胞での *de novo*フォールディングに際して可溶性タンパク質の産生をもたらすことから、明確な利点を有する。さらにSlpAは、そのフォールディング可逆性ゆえに、宿主細胞での大量過剰産生により不溶性の封入体として蓄積した融合ポリペプチドの *in vitro*再フォールディングを助けるために使用することができる。本発明によれば、逆フォールディングの完全な可逆性と高い固有安定性および実質的なシャペロン特性との組み合わせは、融合パートナーの重要な前提条件である。SlpAはこうした基準を完全に満たす。

10

20

【0061】

本発明によれば、SlpAシャペロンをコードする1以上、好ましくは2つのヌクレオチド配列が標的ポリペプチドをコードするヌクレオチド配列の上流に配置され、その結果、2つの隣接するSlpA単位を含むタンデムSlpAシャペロンが生じる。SlpAシャペロンをコードするこの1以上のヌクレオチド配列は、1~100アミノ酸のペプチドリンカーを(インフレームで)コードするヌクレオチド配列により隔てられていてもよい。この2つのSlpAシャペロン単位をコードするに当たり、異なるヌクレオチド配列を用いることができる。同様に、融合ポリペプチド内の他の全ての高度に反復的なエレメント、例えばリンカーまたはスペーサー部分をコードするに当たり異なるヌクレオチド配列を用いるべきである。こうしたヌクレオチド配列は、大腸菌(*E. coli*)宿主での意図しない組換えイベントに起因するSlpAコード配列の喪失を避けるために、縮重しているべきである。同一または繰り返しのアミノ酸配列について異なるコドンを選択することにより、発現カセットの安定性を保証することができる。

30

【0062】

本発明の「標的ポリペプチド」は、溶解性または安定性が制限されており、好適ではない条件下で凝集する傾向があり、フォールディングヘルパーによる補助または支援を必要とするどのようなポリペプチドであってもよく(すなわちどのようなアミノ酸配列を有してもよい)、ただしFK506結合タンパク質(FKBP)、特にヒトFKBP12のようなFK506結合タンパク質は標的ポリペプチドから除外される。これはヒトFKBP12のようなFK506結合タンパク質が標的ポリペプチドから除外されることを意味する。好ましい実施形態では、凝集傾向を示しかつ/または熱ストレスに感受性であるポリペプチドを標的ポリペプチドとして用いることができる。さらに、酵素活性のあるポリペプチドは本発明における好ましい標的ポリペプチドである。特に、疎水性基質を受容しターンオーバーさせる酵素(したがって該酵素自身が疎水性表面パターンを有する)は本発明における好ましい標的ポリペプチドである。さらなる好ましい実施形態では、細菌性またはウイルス性タンパク質またはプリオンタンパク質または関節リウマチに関連するタンパク質を標的ポリペプチドとして使用する。

40

【0063】

哺乳動物病原体のどのような構造的、膜会合型、膜結合型、または分泌型の遺伝子産物を標的ポリペプチドとして用いてもよい。哺乳動物病原体としては、哺乳動物宿主に感染

50

するかまたは寄生することのできるウイルス、細菌、単細胞または多細胞寄生生物が挙げられる。例えば、ヒト免疫不全ウイルス（HIV）、ワクシニアウイルス、ポリオウイルス、アデノウイルス、インフルエンザウイルス、A型肝炎ウイルス、B型肝炎ウイルス、デングウイルス、日本脳炎ウイルス、水痘帯状疱疹ウイルス、サイトメガロウイルス、エプスタイン・バーウイルス、ロタウイルス、ならびに麻疹、黄熱病、流行性耳下腺炎、狂犬病、ヘルペス、インフルエンザ、パラインフルエンザなどを引き起こすウイルスなどのウイルスに由来するポリペプチドを、本発明の融合タンパク質での標的ポリペプチドとして使用することができる。例えばコレラ菌（*Vibrio cholerae*）、チフス菌（*Salmonella typhi*）、梅毒トレポネーマ（*Treponema pallidum*）、ヘリコバクター・ピロリ菌（*Helicobacter pylori*）、百日咳菌（*Bordetella pertussis*）、肺炎連鎖球菌（*Streptococcus pneumoniae*）、ヘモフィルス・インフルエンザエ菌（*Haemophilus influenzae*）、破傷風菌（*Clostridium tetani*）、ジフテリア菌（*Corynebacterium diphtheriae*）、ハンセン菌（*Mycobacterium leprae*）、リケッチア・リケッチイ（*R. rickettsii*）、赤痢菌（*Shigella*）、淋菌（*Neisseria gonorrhoeae*）、髄膜炎菌（*Neisseria meningitidis*）、コクシジオイデス・イミティス（*Coccidioides immitis*）、ボレリア・ブルグドルフェリ（*Borrelia burgdorferi*）などに由来する細菌性タンパク質を標的ポリペプチドとして使用することができる。

10

【0064】

本発明の方法により好ましく製造される標的ポリペプチドのさらなる例としては、酵素、サイトカイン、増殖因子、ホルモン、ワクチン、抗体などの哺乳動物遺伝子産物が挙げられる。より詳細には、本発明の好ましい過剰発現遺伝子産物としては、エリスロポエチン、インスリン、ソマトトロピン、成長ホルモン放出因子、血小板由来増殖因子、上皮成長因子、トランスフォーミング増殖因子、トランスフォーミング増殖因子、上皮増殖因子、線維芽細胞増殖因子、神経成長因子、インスリン様増殖因子I、インスリン様増殖因子II、凝固因子VIIII、スーパーオキシドジスムターゼ、インターフェロン、 α -インターフェロン、インターロイキン-1、インターロイキン-2、インターロイキン-3、インターロイキン-4、インターロイキン-5、インターロイキン-6、顆粒球コロニー刺激因子、多分化コロニー刺激因子、顆粒球マクロファージ刺激因子、マクロファージコロニー刺激因子、T細胞増殖因子、リンホトキシンなどの遺伝子産物が挙げられる。好ましい過剰発現遺伝子産物はヒト遺伝子産物である。

20

30

【0065】

診断用途において、例えば測定対象のアナライトが抗体であるときには、標的ポリペプチドは測定対象の抗体により認識される少なくとも1つのエピトープを有する。このようなエピトープは、診断に関連するエピトープとも呼ばれる。本発明の標的ポリペプチドはまた、単一の組換えポリペプチドとして発現されるように構築された複数の異なるタンパク質由来の診断に関連するエピトープのような配列を含みうる。好ましくは、標的ポリペプチドは長さが10～500アミノ酸である。

【0066】

最も好ましくは、標的ポリペプチドは、HIV-1由来のgp41およびp17、HIV-2由来のgp36およびp16、HTLV-I/II由来のgp21のようなレトロウイルスタンパク質からなる群、ルベラウイルス由来のE1およびE2のようなウイルスエンベロープタンパク質からなる群、またはAP42（アルツハイマーペプチド）もしくはプリオンタンパク質のようなアミロイド生成性タンパク質からなる群のメンバーである。

40

【0067】

また、単純ヘルペスウイルス1由来の糖タンパク質G1および単純ヘルペスウイルス2由来の糖タンパク質G2も、標的ポリペプチドとして好ましい。より正確には、これらに対応する、シグナル配列および膜貫通領域を欠いた糖タンパク質断片（gG1₂₆₋₁₈₉、gG2₃₄₃₋₅₉₄）は好適な標的ポリペプチドである。

【0068】

50

標的ポリペプチドとしてさらに好ましいのは、ヒトサイトメガロウイルス由来の以下のタンパク質およびタンパク質断片である：pp28(15-179)、pp150(821-1048)、pp150(547-725)、pp150(495-854)、p38(105-308)、p38(105-373)、p38(209-308)、p52(254-293)、p52(295-330)、p52(298-433)、gB(67-84)、pp65(372-549)、およびpp65(372-458)。

【0069】

また、トレポネマ・パリダム (*Treponema pallidum*) 由来の以下のタンパク質およびタンパク質断片も好ましい：TpN17(23-156)、TpN47(21-434)、TpN15(23-142)、TmpA(23-345)、およびTpO453(27-287)。大腸菌 (*E. coli*) 宿主での発現時の細胞質への局在化を確実にするために、これらのトレポネマ抗原全種のシグナル配列は除去されている。

【0070】

さらなる好ましい標的ポリペプチドは、ボレリア由来の以下のタンパク質およびタンパク質断片である：内在的フラジェリン断片p41i(137-262)、VlsE(IR6/C6)、DbpA(26-175)、OspB(17-296)、およびOspC(19-214)。

【0071】

さらなる好ましい標的ポリペプチドはエプスタイン・バーウイルス (EBV) 由来のタンパク質であり、例えば配列番号13に示すEBV核抗原1 (EBNA-1)、配列番号14および15にそれぞれ示すp18のポリペプチドおよび断片、ならびに配列番号16に示すp23に由来するポリペプチドである。

【0072】

こうした標的ポリペプチドはいずれも、SlpAシャペロンに融合されたときに、アナライト (例えば標的ポリペプチドに対する抗体) の検出のための結合パートナーとしてイムノアッセイにおいて使用することができ、または以下に詳述するイムノアッセイにおける標準または校正用物質として使用することができる。

【0073】

本発明のさらなる実施形態は、融合タンパク質の製造方法であって、以下のステップ：
 (a) 標的ポリペプチドをコードする少なくとも1つのヌクレオチド配列、およびその上流または下流にあるSlpAシャペロンをコードする少なくとも1つのヌクレオチド配列を含む宿主細胞を培養するステップ、
 (b) 該融合タンパク質を発現させるステップ、
 (c) 該融合タンパク質を精製するステップ、および
 (d) 該融合タンパク質を可溶性かつネイティブ様のまたは免疫反応性 (すなわち抗原性) のコンホメーションに再フォールディングさせるステップ
 を含む方法である。この方法により製造される融合タンパク質も本発明の一態様である。

【0074】

本発明の融合タンパク質は高い溶解性を示す。これらは細胞質ゾルにて低速で過剰発現されると主に可溶性画分に蓄積される。細胞増殖および誘導の条件に応じて、特に強力に過剰発現されると、SlpA-X遺伝子産物は封入体内に蓄積することもある。通常、当業者は可溶性の標的ポリペプチドを大腸菌 (*E. coli*) 細胞質ゾルにて過剰発現させようとする。次いで細胞を超音波処理またはリゾチーム/EDTAを併用した処理により破壊し、推定上のネイティブ様フォールディングされた標的タンパク質を可溶性画分から分離する。これはSlpA-X融合タンパク質について実行可能であり、標的ポリペプチドXが十分に高い固有溶解性を有する場合には可溶性物質がもたらされる。標的ポリペプチドXが非常に疎水性であり凝集傾向が強い場合には、マトリクス支援再生アプローチにてSlpAの効果的で強力な再フォールディング特性を利用する別の方法を用いることができる。細胞は適切なバッファー条件下、例えばカオトロピック物質 (これらには強力な変性作用があり、疎水性の細胞成分や封入体でさえも可溶化させるが、ただし構造的完全性

10

20

30

40

50

は犠牲にされる)中で溶解される。融合タンパク質がヘキサヒスチジン部分でN末端またはC末端にタグ付けされている場合、それらは未フォールディング状態でも金属含有カラム(Ni-NTAまたは Zn^{2+} または Cu^{2+} 担体)に特異的に結合することができる。固相に固定化されると、該分子は適切なバッファー条件下で容易にそして効率的に再フォールディングする。このいわゆるマトリックス支援再生(多種の取扱困難なタンパク質の再フォールディング収率を増大されることが示されている)は共有結合したSlpAにより強力に支援されるが、該SlpAはそのシャペロン特性ゆえにフォールディング中間体中の疎水性パッチを認識しそれを可逆的にマスクングすると考えられる。実施例にて詳述する適切な精製および再フォールディングプロトコルは当業者に周知である。

【0075】

本発明のさらなる態様はSlpAおよび標的ポリペプチド配列を含む任意の複合体に関し、これにはSlpAを任意のタンパク質製剤に添加することも含まれる。本発明のさらなる態様は、SlpAに対応する少なくとも1つのポリペプチド配列および標的ポリペプチドに対応する少なくとも1つのポリペプチド配列を含む組換え的に製造された融合タンパク質に関する。本発明のさらなる態様は、単独での、または組換えもしくは合成起源の標的ポリペプチドとの組み合わせでの、合成的に製造されたSlpAに関する。

【0076】

本発明によれば、SlpAシャペロンは融合パートナーとして使用されたときに取扱困難な標的ポリペプチドの熱安定性を向上させることができる。SlpAは、融合された標的ポリペプチドに熱安定性を付与し、このことにより実施例に示すように標的ポリペプチドは熱誘導性凝集の影響を受けにくくなる。大腸菌(*E. coli*)SlpAに融合された非常に凝集傾向の強い標的タンパク質を熱ストレスに曝すと、得られる融合タンパク質は約42°Cで熱誘導性の凝集を開始するが、この温度はSlpAの固有安定性と概ね一致する。同じ標的タンパク質をSlpA、好ましくは大腸菌(*E. coli*)SlpAに融合させると、これは約56°Cまで安定であり可溶性である。例えば、SlpAおよびHIVタンパク質gp41(配列番号5)由来の断片536-681を有する融合タンパク質は温度42°Cにて凝集し始めるのに対して、本発明にしたがい大腸菌(*E. coli*)SlpA(配列番号3)に融合された同じ標的タンパク質は50°Cを超える温度でも熱安定である。融合タンパク質の一部としてのSlpAは取扱困難なまたは凝集傾向の強いタンパク質を熱誘導性変性に続く凝集から保護することが見て取れる。

【0077】

SlpAの融合体が、さほど凝集傾向の強くないタンパク質またはタンパク質断片に対しても有益な効果を発揮することも見て取れる。HSV-1由来の糖タンパク質G1の断片であるgG1(26-189)をSlpAに融合させると、得られる融合タンパク質は大部分が可逆的な様式で熱により逆フォールディング可能であり、このとき融解温度は約53°Cである(図7)。しかしながら、同じ断片をSlpAに融合させると、得られる融合タンパク質は約63°Cという熱誘導逆フォールディングの中間点温度を示す(図8)。明らかにgG1融合ポリペプチドの安定性は、融合パートナーとしてSlpAをSlpAに置き換えると、10°Cほどシフトする。この知見は、SlpA-X融合ポリペプチドがそのSlpA-X対応物と比較して優れた安定性特性を有することを明確に実証している。

【0078】

SlpA融合ポリペプチドのこのような優れた安定性特性がイムノアッセイにも反映されるか否かを明らかにするために、SlpA-gG1およびSlpA-gG1の熱チャレンジされたサンプルを、抗HSV陽性および陰性ヒト血清(実施例4)と共に用いて、熱ストレス後に回復するその免疫応答性に関して評価した。ストレスを加えていないサンプルと比較すると、明確な結果が観察された(実施例4および図9を参照されたい):熱処理されたSlpA-gG1およびSlpA-gG1と抗HSV陽性血清とにより生じるシグナルは全ての事例において減少したが、シグナル喪失はSlpA融合変異体について大幅に顕著であった。逆に、熱処理されたSlpA-gG1およびSlpA-gG1と抗H

10

20

30

40

50

S V 陰性血清とにより生じるバックグラウンドシグナルは全ての事例において増加した（ルテニウムコンジュゲート化抗原の凝集が進行していることを示す）が、やはりシグナル高の増加は S l y D 融合変異体の方が大幅に顕著であった。したがって該陽性および陰性血清の両方におけるシグナル出力から（すなわちシグナル動態に鑑みて）、S l p A は g G 1 (2 6 - 1 8 9) のための融合パートナーとして S l y D に明らかに勝る。明らかに、S l y D の代わりに S l p A を融合パートナーとして用いることは、陰性血清における低いシグナルレベルおよび陽性血清における高いシグナル回復の両方を保証する。手短に述べると、S l p A を融合パートナーとして用いることは、免疫グロブリンアナライトの検出用のポリペプチド抗原を含有するイムノアッセイキットを過酷な処理に供した後でさえも、その抜群のシグナル動態を保証する。十分に長くかつ柔軟な架橋物質（標準的な化学的手法による）を介して標的分子と共有結合している S l p A または関連するシャペロンモジュールが、類似の可溶化効果を示すことは容易に想定できる。融合ポリペプチドが実現可能でない場合には、シャペロンと標的分子を別々に製造して再フォールディングさせ、その後共有結合により連結させる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 9 】

本発明のさらなる態様は、S l p A シャペロンおよび標的ポリペプチドを含む、組換え的にまたは合成的に製造された融合タンパク質の、イムノアッセイにおける結合パートナーとしての使用に関する。イムノアッセイならびに種々の同種および異種成分試験フォーマットは当業者に周知である。これらは当業者に知られている任意の生物学的液体について実施することができる。好ましいサンプルは全血、血清、血漿、尿または唾液などの体液である。

【 0 0 8 0 】

S l p A および少なくとも1つの標的ポリペプチドを含む本発明の融合ポリペプチドは、標準または校正用物質としても使用することができる。S l p A は、イムノアッセイにおいて校正用物質として必要な扱いにくいタンパク質についても好適な融合パートナーである。例えば、本発明者らは S l p A と融合したトロポニン I 変異体（残基 1 ~ 2 0 9 を含む）をクローニングし、発現させ、精製した。得られた融合ポリペプチド S l p A - トロポニン I は可溶性であり免疫反応性であることが明らかになり、トロポニン I イムノアッセイにおける標準校正物質として非常に適切であった。S l p A 融合パートナーのために、トロポニン I 部分の安定性は、単離されたトロポニン I（わずかにしか安定ではなく、好適なバッファー条件下でさえも自発的に凝集する）と比較して大幅に向上している。可溶性で安定な校正物質または標準物質を製造するための、取扱困難なタンパク質と組み合わせた S l p A の使用は、本発明のさらなる実施形態である。さらなる態様は、標的タンパク質の凝集を防ぎその溶解性を改善するための、S l p A の添加物としての使用である。

【 0 0 8 1 】

本発明のさらなる実施形態は、単離されたサンプル中のアナライトに特異的な抗体の検出方法であって、以下のステップ：

(a) 体液サンプルを、S l p A シャペロンに対応する少なくとも1つのポリペプチドおよび標的ポリペプチドに対応する少なくとも1つのポリペプチドを含む融合タンパク質と混合することにより免疫反応性混合物を形成させるステップ、

(b) 該体液サンプル中に存在するアナライトに対する抗体が該融合タンパク質と免疫反応するのに十分な時間、該免疫反応性混合物を維持して、免疫反応生成物を形成させるステップ、ならびに

(c) 該免疫反応生成物のいずれかの存在を検出するステップを含む方法である。

【 0 0 8 2 】

好ましい実施形態において、特定の抗体の検出は、いわゆる二重抗原サンドイッチ試験（D A G S ; ブリッジ試験とも言う）により行うことができる。この試験は、測定対象の当該特定の抗体アナライトが2つの同一または類似の抗原の間にブリッジを形成する異成

分系フォーマットである。このフォーマットはハイスループット自動化分析器に容易に応用することができる。より詳細には、測定対象の抗体は、固相への固定化を仲介する第1抗原と、そして標識（すなわちシグナリング部分、例えば発色性、蛍光性、化学発光性、電気化学発光の標識または当業者に公知の他の標識）を有する第2抗原と、免疫複合体または免疫反応生成物を形成し、このことにより液体と固相の分離後に特異的に結合した抗体を定量的または定性的に検出することができる。したがって、調べている抗体がサンプル中に存在する場合にのみブリッジが形成され、シグナルが検出される。このようなアッセイフォーマットでは本発明の融合タンパク質を結合パートナーとして使用することができ、このとき固相に結合した抗原もしくは標識化抗原、またはその両方が大腸菌 (*E. coli*) S1pA シャペロンおよび標的ポリペプチドを含む融合タンパク質である。標的ポリペプチドは融合タンパク質の抗原性部分を構成する。

10

【0083】

本発明の好ましい実施形態は、特定の抗体の検出のためのいわゆる非対称二重抗原サンドイッチ試験であり、ここではそれぞれがシャペロンと標的ポリペプチドを含む第1融合タンパク質および第2融合タンパク質を使用する。このフォーマットのことを非対称と呼ぶのは、両方の融合タンパク質のシャペロン単位が互いに異なるからである。例えば、第1融合タンパク質は、少なくとも1つのS1pAシャペロン単位および少なくとも1つの標的ポリペプチド単位を含むことができ、固相への特異的結合を仲介する部分、例えばストレプトアビジンコーティングされた固相に結合するビオチンを含むこともできる。第2融合タンパク質は、S1pAとは異なる少なくとも1つのシャペロン単位および第1融合タンパク質の標的ポリペプチドと同一または類似の少なくとも1つの標的ポリペプチド単位を含み得る。さらに、後者の融合タンパク質はシグナル出力のためのシグナリング部分またはレポーター基を有し得る。

20

【0084】

好ましくは、第2融合タンパク質のシャペロン単位も周囲温度で十分な固有柔軟性を有する（すなわち動的結合活性が高い）熱安定性のシャペロンである。第2融合タンパク質のシャペロン単位として好適な候補は、例えばFkpA（融解温度約50℃）およびパスツレラ・ムルトシダ (*Pasteurella multocida*) 由来のSlyDオルソログのC末端切断型（システイン不含）変異体（融解温度約49℃）である。この両種のシャペロンのアミノ酸配列（融合タンパク質中で好ましくはシャペロン単位として使用される完全配列および部分配列）を配列番号9～12に示す。第1および第2融合タンパク質のシャペロン単位は交換可能であり、すなわちS1pAが第2融合タンパク質の一部であってもよく、この場合、他方の熱安定性シャペロン（例えばFkpAまたはパスツレラ・ムルトシダ (*Pasteurella multocida*) のSlyDオルソログ）が第1融合タンパク質の一部であり得る。第1および第2融合タンパク質は、特定の抗体アナライトについて検査中のサンプルに同時にまたは連続的に加える。サンプル中に存在する場合に抗体は第1および第2融合タンパク質の標的ポリペプチド単位に結合し、このことにより該第1および第2融合タンパク質の標的ポリペプチド部分を架橋し、免疫反応生成物または免疫複合体が生じる。

30

【0085】

免疫複合体の形成の前、後、またはそれと同時に、マイクロビーズまたはELISAプレートのような固相を作用させ、それにより第1融合タンパク質が固相に結合する。その結果、前記第1融合タンパク質、検出対象の抗体および前記第2融合タンパク質を含む免疫反応生成物（すなわち免疫複合体）全体が固相に結合する。固相の液相からの分離後に、免疫反応生成物の存在を検出することができる。別の方法として、第1融合タンパク質中に存在するシャペロン単位が第2融合タンパク質のためのシャペロン単位として利用可能であり、その逆もまた可能である。しかしながら、シャペロン単位は好ましくは両種の融合タンパク質において異なっているべきである。なぜなら、サンプル中のこれらのシャペロンに対する抗体の存在に起因する融合タンパク質の非アナライト特異的架橋の（予期しない）可能性があるからである。別の方法として、アッセイのいずれの側にも同一のシャペロン融合パートナーを用いる特異性の高いDAGSイムノアッセイも実施可能である

40

50

。この場合、アッセイの開発者は、使用する融合パートナーに対する抗体がヒト血清のかなりの部分に存在する可能性が高いことを考慮しなければならない。こうした抗体はシグナリングポリペプチドを固相に架橋し、シグナルを増大させ、したがって偽陽性結果を生じる可能性がある。そのような干渉を回避するためには、融合パートナー（すなわちシャペロン単位）を、高度に多量体化されかつ未標識の形態でサンプルに抗干渉物質として加える。抗干渉物質は、融合パートナー、リンカー部分、スパーサーおよびタグ配列ならびに純正の抗原の一部ではないあらゆる他の部分に対する免疫グロブリンを効率的に捕捉するように設計する。化学的に多量体化された（すなわち架橋された）抗干渉物質は、その高いエピトープ密度ゆえに、抗シャペロン抗体の結合に関して標識化された融合ポリペプチドと効率的に競合することができる。このようにして望ましくない特異性の免疫グロブリンに起因する干渉を好適に信頼できる様式で排除することができる。体液などのあらゆる生物学的液体をサンプルとして使用することができる。好ましくは、血液、血清、血漿、尿または唾液を使用する。

【0086】

標識基またはシグナリング基は、あらゆる公知の検出可能マーカーの群、例えば色素、発光標識化基、例えば化学発光基、例えば、アクリジニウムエステルもしくはジオキセタン、または蛍光色素、例えば、フルオレセイン、クマリン、ローダミン、オキサジン、レゾルフィン、シアニンおよびその誘導体から選択することができる。標識基の他の例は、発光金属錯体、例えばルテニウムもしくはユーロピウム錯体、例えばELISAに用いる酵素、または放射性同位体である。

【0087】

免疫複合体または免疫反応生成物の固相への結合は、例えばビオチンとストレプトアビジンのような生物学的に関連のある結合ペアの片方のパートナーを用いて行うことができる。好ましくは、ビオチンが本発明の融合タンパク質にカップリングされている。このビオチン・融合タンパク質コンジュゲートは、ストレプトアビジンコーティングされた固相に高い親和性で結合する。

【0088】

アナライトの例はいずれも「標的ポリペプチド」の章において記載した病原因子およびこうした病原因子に対する抗体である。例えば本発明によれば、好ましくは、HIV（ヒト免疫不全ウイルス）、HTLV-1/HTLV-II（ヒトT細胞リンパ球向性ウイルスIおよびII）、HCV（C型肝炎ウイルス）、HBV（B型肝炎ウイルス）、HAV（A型肝炎ウイルス）、HCMV（ヒトサイトメガロウイルス）、HSV-1/-2（単純ヘルペスウイルス1型および2型）、EBV（エプスタイン・バーウイルス）、水痘帯状疱疹ウイルス、ヒトヘルペスウイルス6、ヒトヘルペスウイルス7、ヒトヘルペスウイルス8、ルベラウイルス、トレポネマ・パリダム（*Treponema pallidum*）、ヘリコバクター・ピロリ（*Helicobacter pylori*）、ボレリア（ボレリア・ブルグドフェリ（*B. burgdorferi*）、ボレリア・アフゼリー（*B. afzelii*）、ボレリア・ガリーニー（*B. garinii*））、トリパノソーマ・クルーヂィ（*Trypanosoma cruzi*）、およびトキソプラズマ原虫（*Toxoplasma gondii*）に対する抗体が特異的に検出可能である。

【0089】

本発明のさらなる実施形態は、アナライトに対する抗体の検出用の試薬キットであり、該キットは標的ペプチドに対応する少なくとも1つのポリペプチド配列およびS1pAに対応する少なくとも1つのポリペプチド配列を有する融合タンパク質を含有する。かかる試薬キットのさらなる構成要素は当業者に知られており、バッファー、保存剤、標識物質および使用説明書などが挙げられる。

【0090】

本発明のさらなる実施形態としては、組換え的にまたは合成的に製造された本発明の融合タンパク質の、イムノアッセイにおける干渉の低減のための使用、ならびに実験動物の免疫およびワクチンの製造のためのその使用が挙げられる。

【0091】

10

20

30

40

50

本発明の別の実施形態は、S1pAに対応する少なくとも1つのポリペプチド配列および標的ペプチドに対応する少なくとも1つのポリペプチド配列を含む、組換え的にまたは合成的に製造された融合タンパク質ならびに製薬上許容される賦形剤を含んでなる組成物に関する。

【0092】

本発明によれば、S1pAは、それを精製された形態で標的ポリペプチドに加えることにより、標的ポリペプチドのフォールディングヘルパーとして使用可能であり、これはS1pAを安定化または可溶化物質として任意のタンパク質製剤に加えることも包含する。例えば、S1pAおよびペプチジルプロリルシス/トランスイソメラーゼのFKBPファミリー由来の関連フォールディングヘルパーを標的ポリペプチドのバイオテクノロジー的製造工程中にまたはその後に加えることができ、このことにより標的ポリペプチドに可溶性または熱安定性が付与される。かかるバイオテクノロジー用途としては、例えば酵素、インスリンのようなペプチドホルモン、またはより一般的には商用価値のあるタンパク質の工業的大規模生産が挙げられる。

10

【0093】

本発明のさらなる実施形態において、S1pAは、偽陽性結果を生じる免疫学的交差反応または干渉を低減または抑制するために、イムノアッセイ、特に二重抗原サンドイッチイムノアッセイフォーマットにおいて添加物として使用可能である。

【0094】

より詳細には、イムノアッセイにおいて、S1pA-XまたはS1pA-S1pA-X融合タンパク質を免疫グロブリンアナライトの検出のための抗原として用いることができ、このときXはアナライト特異的抗体が結合する標的ポリペプチドである。干渉を低減するためにS1pAまたはS1pA-S1pAを抗干渉物質として添加し、シャペロン単位を介した免疫学的交差反応を回避する。好ましくは、エピトープ密度を高め、IgGおよびIgM分子のS1pA、リンカー部分またはヘキサヒスチジンタグに対する結合を助けるために、S1pAまたはS1pA-S1pAは、化学的に多量体化された形態で添加する。

20

【0095】

S1pAは標的分子に可溶性と安定性を付与するが、それは、当該特定の標的分子以外の他の部分または基と同様に、対応するイムノアッセイの特異性を低下させる免疫学的交差反応を引き起こし得る。この特異性の問題を克服するために、未標識のS1pAまたはS1pA-S1pAを、多量体化された形態でイムノアッセイ試薬中に提供する。このS1pAまたはS1pA-S1pAポリペプチドは、S1pA単位自身、任意のリンカーまたはスペーサーセグメント、ヘキサヒスチジンまたは他のタグモチーフおよびさらには標識部分など、不活性化形態でも交差反応を引き起こす可能性のあるすべてのエレメントを含む。こうした潜在的に干渉傾向のあるモチーフは、化学的架橋ゆえに、高いエピトープ密度で交差反応性抗体に供され、こうした潜在的に干渉性の抗体に結合しそれを中和するのに適している。この抗干渉効果以外にも、S1pAまたはS1pA-S1pA多量体はさらなる有利な効果を有し得る。すなわち、高度に多量体性のシャペロンであることから、これらはどのような固相表面の疎水性表面（例えばビーズ、マイクロタイタープレートおよびチューブまたは容器壁面）にも吸着可能であると考えられ、したがって必須の免疫学的成分の非特異的吸着を低減させる。さらに、これらは、そのシャペロン特性ゆえに他の免疫学的成分の溶解性にも寄与する可能性があり、これは多量体化された形態でさらに顕著であり得る。

30

40

【実施例】

【0096】

本願発明を実施例によりさらに説明する。

【0097】

実施例 1

S1pAおよびS1yD融合ポリペプチドのクローニングと精製

50

mCl、5 mM イミダゾールに再懸濁し、この懸濁物を2時間、氷上で攪拌し、細胞を完全に溶解させた。遠心分離と濾過（硝酸セルロースメンブレン、 $0.45 \mu\text{m} / 0.2 \mu\text{m}$ ）の後に、溶解物を、5.0 mM TCEPを含む溶解バッファーで平衡化したNi-NTAカラムに加えた。その後の洗浄ステップは、それぞれの標的タンパク質に合わせ、50 mM リン酸カリウム pH 8.0、7.0 M GdmCl、5.0 mM TCEP中の5~15 mM イミダゾールとした。少なくとも10~15容の洗浄バッファーを加えた。次いで、GdmCl溶液を50 mM リン酸カリウム pH 7.8、100 mM KCl、10 mM イミダゾール、5.0 mM TCEPで置換し、マトリックス結合タンパク質の立体構造的再フォールディングを誘導した。共に精製されるプロテアーゼの再活性化を避けるために、プロテアーゼ阻害剤カクテル（Complete（登録商標）EDTAフリー、Roche社）を再フォールディングバッファーに追加した。合計15~20カラム容量の再フォールディングバッファーを一晩かけて添加した。次いでTCEPおよびComplete（登録商標）EDTAフリー阻害剤カクテルの両方を、3~5カラム容量の50 mM リン酸カリウム pH 7.8、100 mM KCl、10 mM イミダゾールを用いた洗浄により除去した。次いでネイティブなタンパク質を同じバッファー中の250 mM イミダゾールにより溶出させた。タンパク質含有画分はトリシン-SDS-PAGEを用いて純度を評価し、プールした。最後に前記タンパク質をサイズ排除クロマトグラフィー（Superdex HiLoad、Amersham Pharmacia社）に供し、タンパク質含有画分をプールしAmicon cell（YM10）で濃縮した。

10

20

【0102】

組み合わせた精製および再フォールディングプロトコルにより、1 gの大腸菌（*E. coli*）湿細胞から、それぞれの標的タンパク質に応じて、約5~20 mgのタンパク質が得られた。

【0103】

実施例 2

分光学的測定

タンパク質の二次および三次構造の両方を評価するためにここで選択した方法は、円偏光二色性分光法（CD）である。芳香族領域（260~320 nm）における楕円率はタンパク質内の三次的接触（すなわち規則的にフォールディングされたタンパク質の球状構造）を反映するのに対して、アミド領域（190~250 nm）における楕円率は、タンパク質骨格における規則的な繰り返しエレメント、すなわち二次構造を反映する。

30

【0104】

タンパク質濃度測定は、Uvikon XL二重光線分光光度計を用いて行った。モル吸光係数（ ϵ_{280} ）は、Pace(1995), Protein Sci. 4, 2411-2423に記載の方法を用いて決定した。

【0105】

近紫外CDスペクトルは、温度自動調節されたセルホルダーを備えたJasco-720分光偏光計で記録し、平均残存楕円率に変換した。バッファーは50~150 mM リン酸カリウム pH 7.5、100 mM KCl、1 mM EDTAとした。光路は0.5 cmまたは1.0 cmとし、タンパク質濃度は20~500 μM とした。バンド幅は2 nmとし、スキャン速度は50 nm/分とし、解像度は0.5 nmとし、応答は1または2秒とした。シグナル/ノイズ比を改善するために、スペクトルを9回測定し平均した。

40

【0106】

遠紫外CDスペクトルは、温度自動調節されたセルホルダーを備えたJasco-720分光偏光計で測定し、平均残存楕円率に変換した。バッファーは10 mM リン酸カリウム pH 7.5、25 mM KCl、0.5 mM EDTAとした。光路は0.2 cmとし、タンパク質濃度は2.5~20 μM とした。バンド幅は2 nmとし、スキャン速度は50 nm/分とし、解像度は0.5 nmとし、応答は1または2秒とした。シグナル/ノイズ比を改善するために、スペクトルを9回測定し平均した。

【0107】

50

実施例 3ビオチンおよびルテニウム部分の融合タンパク質へのカップリング

融合ポリペプチドのリシン - アミノ基を、10 ~ 20 mg / mL のタンパク質濃度にて、N - ヒドロキシ - スクシンイミド活性化ビオチンおよびルテニウム標識でそれぞれ修飾した。標識 / タンパク質比は、それぞれの融合タンパク質に応じて、2 : 1 ~ 5 : 1 (モル : モル) とした。反応バッファーは 150 mM リン酸カリウム pH 8.0、100 mM KCl、1 mM EDTA とした。反応は室温で 15 分間行い、緩衝化 L - リシンを最終濃度 10 mM まで添加することにより停止させた。標識の加水分解による不活性化を回避するために、それぞれのストック溶液は乾燥 DMSO (seccosolv (登録商標) 等級、Merck社、Germany) 中で調製した。調べた全ての融合タンパク質は、反応バッファー中の最大 15 % までの DMSO 濃度を許容した。カップリング反応後に、未反応の遊離標識は、粗製のタンパク質コンジュゲートをゲル濾過カラム (Superdex 200 HiLoad) に通すことにより除去した。

【0108】

実施例 4ポリペプチド融合タンパク質の免疫学的反応性

種々の融合タンパク質の免疫学的反応性 (すなわち抗原性) を、自動化された Elecsys (登録商標) 2010 分析器 (Roche Diagnostics GmbH社) で評価した。Elecsys (登録商標) は Roche グループの登録商標である。測定は二重抗原サンドイッチフォーマットで行った。

【0109】

Elecsys (登録商標) 2010 でのシグナル検出は電気化学発光に基づく。ビオチンコンジュゲート (すなわち捕捉抗原) はストレプトアビジンコーティングされた磁気ビーズの表面に固定化し、検出抗原は複合体化されたルテニウムカチオン (レドックス状態 2 + および 3 + の間を遷移する) をシグナリング部分として有する。特定の免疫グロブリンアナライトの存在下で、発色性のルテニウム複合体を固相と架橋し、白金電極による励起後に 620 nm にて発光させる。シグナル出力は任意の光単位で示す。

【0110】

捕捉抗原および検出抗原のいずれについても、HSV - 1 特異的抗原性配列として HSV - 1 抗原 gG1 (アミノ酸 26 - 189、配列番号 7 および 8 を参照されたい) を有する融合ポリペプチドをアッセイに使用した。gG1 抗原は S1pA または S1yD のいずれかに融合させた。二重抗原サンドイッチイムノアッセイにおいて S1pA - gG1 (26 - 189) - ビオチンコンジュゲートを S1pA - gG1 (26 - 189) - ルテニウム複合体コンジュゲート (本発明) と共に、それぞれ 100 ng / mL の濃度で加えた。同様に、S1yD - gG1 (26 - 189) - ビオチンコンジュゲートを S1yD - gG1 (26 - 189) - ルテニウム複合体コンジュゲート (比較例) と共に、それぞれ 100 ng / mL の濃度で加えた。

【0111】

gG1 (26 - 189) の融合ポリペプチド変異体のビオチンコンジュゲートおよびルテニウムコンジュゲートを、それぞれ 100 ng / mL の濃度にて、抗 HSV - 1 陽性血清に対するその反応性について評価した。シャペロン融合単位を介する免疫学的交差反応を回避するために、全ての測定において、未標識の化学的に多量体化された S1yD - S1yD を抗干渉物質として反応バッファーに加えた。11 の抗 HSV - 1 陰性ヒト血清を対照として用いた。

【0112】

融合タンパク質の耐熱性を調べるために、S1yD - gG1 および S1pA - gG1 を以下の過酷な温度条件に供した : S1yD - gG1 および S1pA - gG1 (タンパク質は 50 mM リン酸カリウム pH 7.5、100 mM KCl、1 mM EDTA 中に存在) を 60 で一晩インキュベートした。gG1 - ビオチンコンジュゲートの濃度はそれぞれ約 1.3 mg / mL であり、gG1 - ルテニウムコンジュゲートの濃度はそれぞれ約 0

10

20

30

40

50

．6 mg / mLであった。その後、熱ストレスを加えたサンプルを、上記実験条件下でElecsys（登録商標）2010自動分析器を用いてその残存免疫学的反応性について評価した。S l y D - g G 1およびS l p A - g G 1の未チャレンジサンプル（2～8にて保存）を参照として使用した。

【0113】

実験の結果を表1（図9）に示す。

【0114】

表1は、実施例4に記載した自動化Elecsys（登録商標）分析器での、S l p A - g G 1（26-189）またはS l y D - g G 1（26-189）とヒト抗H S V - 1陽性または抗H S V - 1陰性血清との免疫学的反応性を示す。過酷な60での一晚の熱処理の前および後の両種の抗原変異体の性能を示す。実験の結果は、熱ストレスを加えたS l p A - g G 1（26-189）が熱ストレスを加えたS l y D - g G 1（26-189）よりも二重の意味で優れていることを明確に実証している。第1に、抗H S V - 1陽性血清での特異的シグナル回復（表1の上段）は、熱チャレンジしたS l p A融合ポリペプチドの方が顕著に高い。第2に、抗H S V - 1陰性血清での非特異的バックグラウンドシグナルの増加（表1の下段）は熱チャレンジされたS l p A融合ポリペプチドの方が顕著に低い。S l y D融合ポリペプチドの熱処理後のバックグラウンドシグナルには著明な増加が観察された（表1の右欄、バックグラウンドシグナルの約100～900%の増大）。

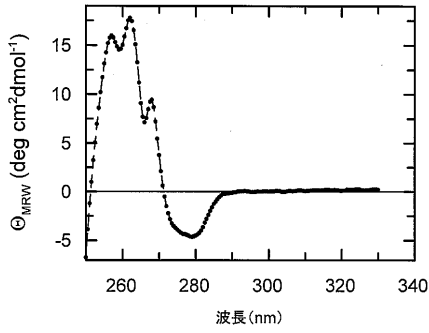
【0115】

しかし、本発明のS l p A融合ポリペプチドを使用した場合、熱ストレスの後のバックグラウンドシグナルの増加は無視できるほど低く、すなわち1つの事例を除き、バックグラウンドシグナルの増加は20%未満である。その1つの事例（血清サンプルTrina 07/06-533）では、48%というバックグラウンドシグナルの増大が見られた。代わりにS l y D融合ポリペプチドを使用した場合には、当該サンプル（Trina 07/06-533）は800%を超えるバックグラウンドシグナルの増加を示した。このことは、S l p A融合ポリペプチドが、元から若干高いバックグラウンドシグナルを生じる取扱困難なサンプルについても、バックグラウンドシグナルを実質的に低減できることを示す。イムノアッセイの開発では低いバックグラウンドシグナルが非常に望ましい。なぜなら、それにより製造者は低いカットオフ値を設定することができるからである。一般に、感度について言うと、アッセイ性能を向上させるためには、バックグラウンドシグナルを低減させることが必要である。なぜなら、カットオフ値よりも高いシグナルを生じるサンプルは陽性と判断され（すなわち当該サンプルは対象のアナライトを含むと推定される）、カットオフ値を下回るシグナルを生じるサンプルは陰性と判断されるからである。このことから、そもそもなぜ低いカットオフが必要なのが容易に理解されよう。すなわち、カットオフが低いほど、アナライトを低濃度で含む（それに付随して生じるシグナルも低い）サンプルでも、正しく低い陽性と判断される可能性は高くなる。したがってイムノアッセイの感度は、免疫学的成分から内在的に生じるバックグラウンドシグナルの低減により向上させることができる。したがって、S l p Aをフォールディングヘルパーとして使用することは、イムノアッセイの長期的感度を改善し保証することに明確に寄与する。

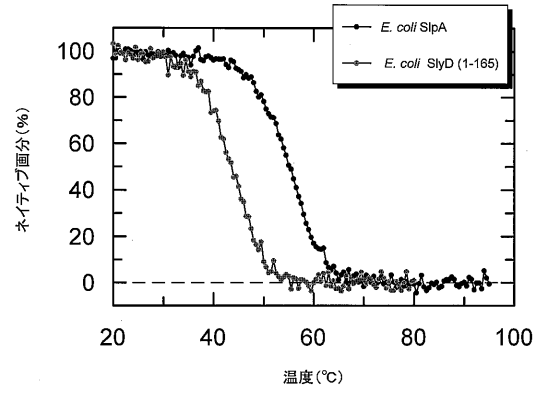
【0116】

まとめると、S l p Aを含む融合ポリペプチドは、融合された標的ポリペプチドの安定性と溶解性の両方を増大させ、特に、通常はネイティブなフォールディングを崩し凝集反応をもたらすような極限的条件（熱ストレスなど）下でそれらを増大させる。簡潔に述べると、S l p Aは優秀なフォールディングヘルパーであり、望ましくない条件下でさえもその対象タンパク質の完全性を保護し、該対象タンパク質の活性なコンホメーションへの再フォールディングを促進し、それらを溶解状態に保つ。したがってS l p Aとの融合、またはより単純にはS l p Aの添加は、診断および他のバイオテクノロジー用途を意図するタンパク質製剤中で標的分子を安定化するための優秀な手段である。

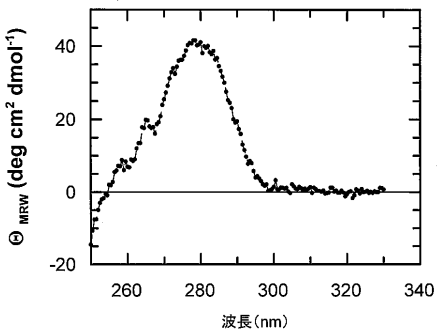
【 図 1 】



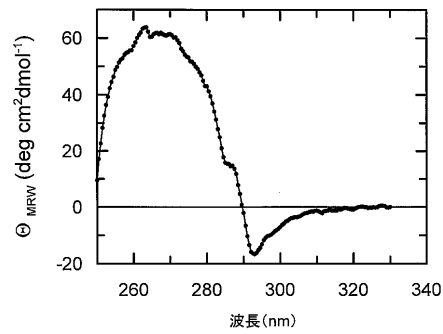
【 図 3 】



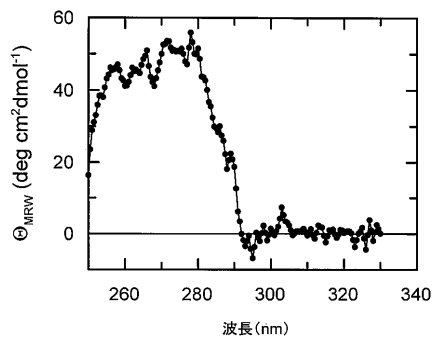
【 図 2 】



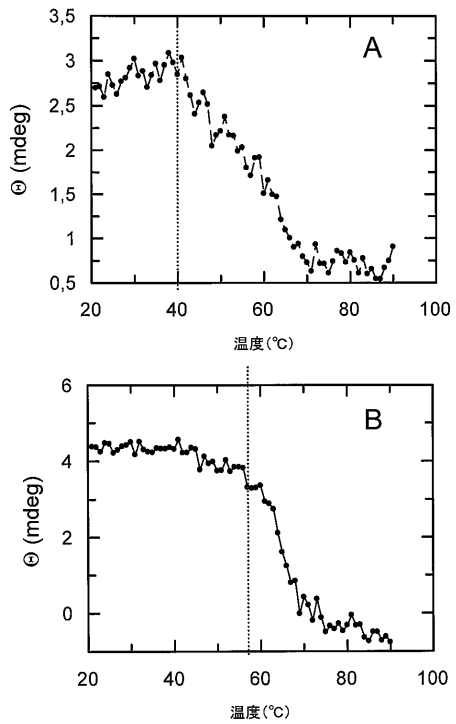
【 図 4 】



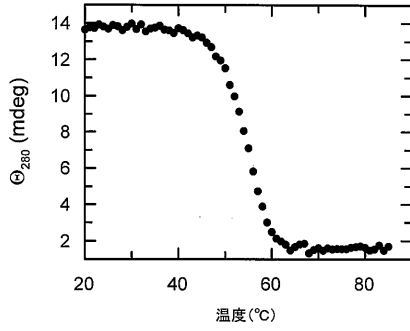
【 図 5 】



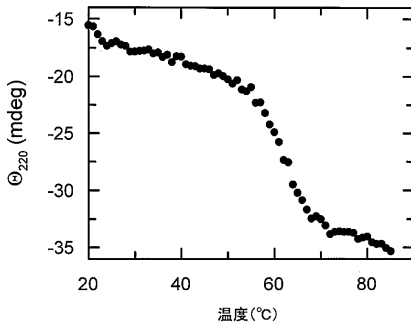
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

表 1

| | SipA-αG1(26-189) | | SipA-αG1(26-189) | | SipD-αG1(26-189) | | SipD-αG1(26-189) | |
|---------------------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
| | 参照抗原 | シグナル抗原(カウント) | シグナル抗原(カウント) | 熱ストレス後(60°C) | シグナル抗原(カウント) | シグナル抗原(カウント) | シグナル抗原(カウント) | シグナル抗原(カウント) |
| 抗HSV-1陽性血清 | | | | | | | | |
| SF-neq109 | 241954 | 180593 | | | 152719 | 100019 | | |
| Trima 1115128 | 181472 | 130598 | | | 119166 | 74423 | | 66 |
| Trima 4444479 | 1176920 | 806119 | | | 656858 | 293919 | | 62 |
| Trima LQ12733 | 1139220 | 917238 | | | 782170 | 455511 | | 46 |
| Trima 07/06-531 | 35549 | 34581 | | | 24915 | 22257 | | 89 |
| Trima1115128 | 184623 | 129815 | | | 122962 | 56036 | | 46 |
| BBS-4414 | 799157 | 531756 | | | 508355 | 256149 | | 50 |
| BBS-4528 | 194156 | 148827 | | | 135291 | 70244 | | 52 |
| BBS-4451 | 11728 | 7855 | | | 2108 | 12002 | | 48 |
| BBS-4452 | 31235 | 24852 | | | 13002 | 155743 | | 54 |
| BBS-4530 | 39760 | 29260 | | | 28602 | 141952 | | 48 |
| BBS-4531 | 409398 | 287665 | | | 294428 | 290578 | | 62 |
| BBS-4530 | 713555 | 521780 | | | 469525 | 96283 | | 61 |
| SF109 | 247457 | 189436 | | | 158065 | | | |
| 抗HSV-1陽性血清 | | | | | | | | |
| 熱ストレス後のバックグラウンドシグナルの増大(%) | | | | | | | | |
| Trima 07/06-512 | 606 | 680 | | | 1146 | 2619 | | 128 |
| Trima 07/06-514 | 608 | 685 | | | 1340 | 4783 | | 257 |
| Trima 07/06-518 | 604 | 697 | | | 1426 | 4074 | | 181 |
| Trima 07/06-524 | 642 | 714 | | | 1405 | 5995 | | 327 |
| Trima 07/06-528 | 606 | 692 | | | 1426 | 15566 | | 346 |
| Trima 07/06-537 | 631 | 707 | | | 1402 | 3325 | | 137 |
| Trima 07/06-542 | 623 | 719 | | | 1448 | 2899 | | 100 |
| 705 2197 | 644 | 749 | | | 1428 | 7027 | | 392 |
| BBS-4452 | 629 | 742 | | | 1421 | 4598 | | 224 |
| BBS-1092 | 657 | 731 | | | 1422 | 7227 | | 408 |

【 配列表 】

2009284902000001.app

フロントページの続き

| (51)Int.Cl. | | F I | テーマコード(参考) |
|-------------|------------------|----------------|-------------|
| C 1 2 P | 21/02 (2006.01) | C 1 2 P 21/02 | C 4 H 0 4 5 |
| C 0 7 K | 19/00 (2006.01) | C 0 7 K 19/00 | |
| C 1 2 N | 9/90 (2006.01) | C 1 2 N 9/90 | |
| A 6 1 K | 39/00 (2006.01) | A 6 1 K 39/00 | H |
| A 6 1 P | 19/02 (2006.01) | A 6 1 P 19/02 | |
| A 6 1 P | 29/00 (2006.01) | A 6 1 P 29/00 | 1 0 1 |
| A 6 1 P | 25/28 (2006.01) | A 6 1 P 25/28 | |
| A 6 1 P | 31/04 (2006.01) | A 6 1 P 31/04 | |
| A 6 1 P | 31/12 (2006.01) | A 6 1 P 31/12 | |
| G 0 1 N | 33/53 (2006.01) | G 0 1 N 33/53 | N |
| G 0 1 N | 33/543 (2006.01) | G 0 1 N 33/543 | 5 0 1 J |
| G 0 1 N | 33/531 (2006.01) | G 0 1 N 33/531 | A |

(74)代理人 100111741

弁理士 田中 夏夫

(72)発明者 エルケ ファーツ

ドイツ連邦共和国 ディー - 8 2 3 8 6 フグルフィンク, スタインクルーツ 1

(72)発明者 ピーター シャールスフミット

ドイツ連邦共和国 ディー - 8 2 4 4 9 ウフィンク, シーシュトラーセ 1 5

(72)発明者 ウルバン シュミット

ドイツ連邦共和国 ディー - 8 2 4 3 1 コヘル, オルタラー シュトラーセ 1 3

(72)発明者 クリスチャン ショルツ

ドイツ連邦共和国 ディー - 8 2 3 7 7 ベンツバーク, シンデルスドルファー シュトラーセ
3 5 アー

F ターム(参考) 4B024 AA20 BA10 BA80 CA01 CA07 CA09 CA11 CA20 DA06 EA04

GA11 HA01 HA11

4B050 CC03 CC04 CC05 DD02 LL01 LL02 LL03 LL04 LL05

4B064 AG01 CA19 CC24

4B065 AA26X AA26Y AB01 AC14 BA01 CA24

4C085 AA03 BA31 BA51 BB07 BB17 CC21 CC32 DD62 EE01

4H045 AA10 AA20 BA10 BA41 CA11 DA89 FA74

【外国語明細書】

2009284902000001.pdf

| | | | |
|-------------|--|---------|------------|
| 专利名称(译) | SlpA作为重组蛋白和酶技术的工具 | | |
| 公开(公告)号 | JP2009284902A | 公开(公告)日 | 2009-12-10 |
| 申请号 | JP2009124803 | 申请日 | 2009-05-25 |
| 申请(专利权)人(译) | F.霍夫曼 - 罗氏公司 | | |
| [标]发明人 | エルケファーツ ピーターシャルスフミット ウルバンシュミット クリスチャンショルツ | | |
| 发明人 | エルケファーツ ピーターシャルスフミット ウルバンシュミット クリスチャンショルツ | | |
| IPC分类号 | C12N15/09 C12N1/15 C12N1/19 C12N1/21 C12N5/10 C12P21/02 C07K19/00 C12N9/90 A61K39/00 A61P19/02 A61P29/00 A61P25/28 A61P31/04 A61P31/12 G01N33/53 G01N33/543 G01N33/531 | | |
| CPC分类号 | A61P19/02 A61P25/28 A61P29/00 C12N9/90 C12N15/62 G01N33/536 G01N33/54393 Y02A50/57 | | |
| FI分类号 | C12N15/00.ZNA.A C12N1/15 C12N1/19 C12N1/21 C12N5/00.A C12P21/02.C C07K19/00 C12N9/90 A61K39/00.H A61P19/02 A61P29/00.101 A61P25/28 A61P31/04 A61P31/12 G01N33/53.N G01N33/543.501.J G01N33/531.A A61K39/00.A C12N15/00.A C12N15/00.AZN.A C12N15/62.P C12N15/62.Z C12N5/00.101 C12N5/10 | | |
| F-TERM分类号 | 4B024/AA20 4B024/BA10 4B024/BA80 4B024/CA01 4B024/CA07 4B024/CA09 4B024/CA11 4B024/CA20 4B024/DA06 4B024/EA04 4B024/GA11 4B024/HA01 4B024/HA11 4B050/CC03 4B050/CC04 4B050/CC05 4B050/DD02 4B050/LL01 4B050/LL02 4B050/LL03 4B050/LL04 4B050/LL05 4B064/AG01 4B064/CA19 4B064/CC24 4B065/AA26X 4B065/AA26Y 4B065/AB01 4B065/AC14 4B065/BA01 4B065/CA24 4C085/AA03 4C085/BA31 4C085/BA51 4C085/BB07 4C085/BB17 4C085/CC21 4C085/CC32 4C085/DD62 4C085/EE01 4H045/AA10 4H045/AA20 4H045/BA10 4H045/BA41 4H045/CA11 4H045/DA89 4H045/FA74 | | |
| 代理人(译) | 荒井英一 | | |
| 优先权 | 2008009537 2008-05-26 EP | | |
| 其他公开文献 | JP5611540B2 JP2009284902A5 | | |
| 外部链接 | Espacenet | | |

摘要(译)

重组DNA分子，其编码含有SlpA分子伴侣和靶多肽的融合蛋白，编码该融合蛋白的相应表达载体，以及用该表达载体转化的宿主细胞。重组产生的融合蛋白，包含SlpA分子伴侣和靶多肽。重组产生的融合蛋白在免疫测定中作为结合伴侣或减少干扰的手段的使用。[选择图]无

【 0 1 0 0 】

NdeI

BamHI

XhoI

| | | | |
|-----------------|---|-----------------|---------------------|
| | | | |
| Ec StpA (1-146) | L | Ec StpA (2-149) | L gp41 (536-681) |

L = (GGGS)₅GGG-リンカー