

厚生労働科学研究委託費

創薬基盤推進研究事業

(委託業務題目) tRNA修飾異常に起因した2型糖尿病の  
コンパニオン診断薬開発を目指した臨床研究

平成26年度 委託業務成果報告書

業務主任者 富澤 一仁

平成27(2015)年 3月

本報告書は、厚生労働省の厚生労働科学研究委託事業（創薬基盤推進研究事業）による委託業務として、富澤一仁が実施した平成26年度「tRNA修飾異常に起因した2型糖尿病のコンパニオン診断薬開発を目指した臨床研究」の成果を取りまとめたものです。

## 目 次

I . 委託業務成果報告 (総括)	
tRNA修飾異常に起因した2型糖尿病のコンパニオン診断薬開発を目指した臨床研究	----- 1
富澤 一仁	
(資料1) 臨床研究実施計画書	
II . 委託業務成果報告 (業務項目)	
1 . 業務項目 1	
tRNA <sup>Lys</sup> (UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発	-----53
富澤一仁、魏 范研、井上 謙吾	
(資料2) tRNA <sup>Lys</sup> (UUU)チオメチル化修飾解析手順書	
2 . 業務項目 2	
2型糖尿病に対する新規治療薬の開発	-----65
厚生二郎	
III . 学会等発表実績	-----69
IV . 研究成果の刊行物・別刷	-----71

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）  
委託業務成果報告（総括）

tRNA 修飾異常に起因した 2 型糖尿病のコンパニオン診断薬開発を目指した臨床研究

業務主任者 富澤 一仁 熊本大学大学院生命科学研究部・教授

研究要旨

【目的】アジア型 2 型糖尿病に特有の危険因子 Cdkal1 に着目した新規糖尿病治療薬、ならびに同コンパニオン診断薬を創出し、糖尿病領域で世界初となる個別化医療を実現することを目的とする。

【必要性】2 型糖尿病においては、アジア人種の病態がヨーロッパ人種のものと異なり、アジア人種、特に日本人では遺伝的素因に基づく膵 細胞のインスリン分泌能の低下が病態に関与すると考えられている。このため、アジア人においてはインスリン分泌改善を作用機序とする SU 薬や DPP-4 阻害薬などの効果が欧米人に対し大きいとされ、アジア人種の 2 型糖尿病に対してはこれらのインスリン分泌促進系の薬剤による治療が不可欠となっている。しかしながら、SU 薬は長期投与による体重増加、二次無効、さらには低血糖の危険性の問題があり、一方 DPP-4 阻害薬は単独投与では低血糖のリスクが低いものの、長期投与時の作用の減弱や膵炎・膵癌発症に対する懸念などの問題点がある。これらの点から、長期に安全かつインスリン分泌を改善する作用を有する治療薬の開発のニーズは依然高く、特に、インスリン分泌改善能を評価したうえで、より安全かつ効果的な治療を行う、個別化治療の開発が必要とされる。

【成果】 tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発：ヒト末梢血から分離した血球成分から tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を定量する技術の標準化を行い、末梢血サンプルの保存方法、逆転写酵素の最適化、定量 PCR 機器の設定が終了した。また、PMDA との事前相談を行った。

2 型糖尿病に対する新規治療薬の開発：エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究についてプロトコルの作成が終了した。作成したプロトコルについて、PMDA と事前相談を行った。そして、そのプロトコルを基とした臨床研究について、学内臨床研究倫理委員会ならびにヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会に申請し、承認を得た。臨床研究チームを発足し、臨床研究の手順書の作成が完了した。

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（総括）

業務項目

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発：

- ・富澤一仁・熊本大学・教授
- ・魏 范研・熊本大学・助教
- ・井上 謙吾・静岡県産業振興財団ファルマバレーセンター・名誉所長

業務項目

2型糖尿病に対する新規治療薬の開発：

- ・富澤一仁・熊本大学・教授
- ・荒木栄一・熊本大学・教授
- ・井上 謙吾・静岡県産業振興財団ファルマバレーセンター・名誉所長
- ・角間辰之・久留米大学・教授
- ・下田誠也・熊本大学・講師
- ・瀬ノ口隆文・熊本大学・特任助教

A. 研究目的

2型糖尿病に対する個別化医療の実現化を目指し、タンパク質翻訳精度を向上させる効果を有する2型糖尿病に対する新規治療薬の開発とtRNA<sup>Lys</sup>(UUU)のチオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発のための臨床研究を実施することを目的とする。

このうち、2型糖尿病に対する新規治療薬の開発では、エペリゾンの2型糖尿病患者への有効性を検討する臨床研究を実施する。また標的としたコンパニオン診断技術の開発では、コンパニオン診断技術を確立し、エペリゾンの血糖値改善効果とtRNA<sup>Lys</sup>(UUU)のチオメチル化修飾に相関性があるか検討する臨床研究を実施する。

B. 研究方法

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発：

・ Good Laboratory Practice (GLP)に準拠したコンパニオン診断技術の確立

ヒト末梢血から分離した血球成分からトータル RNA を精製し、ヒト tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)を直接逆転写し、その逆転写産物を定量 PCR することにより tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を定量する技術の標準化を行った。まず、採血後の血液保存状態が tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾に及ぼす影響を調査するために、健常人ボランティアから採血した血液を以下の条件で保存した。

- ・氷上で30分、1時間、2時間、24時間
- ・室温で30分、1時間、2時間、24時間

その後、3,000rpm/分で遠心し、血球成分をトリゾールで可溶化した。そしてトータル RNA を精製し、精製した RNA を従来我々が開発した定量 PCR 法を応用した tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾解析技術を用いて、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾について比較検討した。

次に RNA 精製法についてトリゾールを用いたフェノールとグアニジンイソチオシアネートの単相溶液精製法と miRNeasy Mini kit を用いたシリカスピンカラム法で、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾の検出に差が認められるか検討した。健常人ボランティアから採血した血液を直ちに遠心し、血球成分と血清成分に分画した。分画した血球成分から、トータル RNA をトリゾールならびに miRNeasy Mini

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（総括）

kit で精製した。その後、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾解析技術を用いて、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾について両者で比較検討した。

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾解析に用いる定量 PCR 機器について、使用する機器によって tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾の測定結果に差があるのか検討した。野生型(WT)マウスと Cdka11 欠損(KO)マウスの肝臓からトリゾールを用いてトータル RNA を精製した。

比較検討した機器は、以下の3種類である。

・Veriti 96 皿サーマルサイクラー（アップライド・バイオシステムズ社）

・サーマルサイクラー ダイスレッドシステム TP800（タカラバイオ社）

・サーマルサイクラー ダイスレッドシステム TP870（タカラバイオ社）

・ tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術に関する臨床研究について PMDA との事前相談

2 型糖尿病に対する tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の臨床研究計画について PMDA と事前相談を行い、コンパニオン診断薬開発のための臨床研究プロトコール作成に資した。

#### 2 型糖尿病に対する新規治療薬の開発

エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究についてプロトコール作成

2 型糖尿病患者を Cdka11 遺伝子に関してリスクアレル群とノンリスクアレル群に分け、両群に

エペリゾンを 12 週間投与し、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾率と HbA1c の変化量の相関性を主要評価項目とした臨床研究に関するプロトコールを作成した。

・エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究について PMDA との事前相談

で作成したプロトコールに準じた臨床研究計画について PMDA に事前相談し、プロトコールの修正に資した。

・エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究の準備

、で作成したエペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究プロトコールに準じた臨床研究について、学内臨床研究倫理委員会ならびにヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会に申請した。

（倫理面への配慮）

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発において、健康人ボランティアから末梢血を採血し、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾について検討したが、本研究は熊本大学ヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会で承認された方法（承認番号：ゲノム 159）に則り実施した。またインフォームドコンセントに関しても、同委員会で承認された方法に準じて行った。

C . 研究結果

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（総括）

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的とした  
コンパニオン診断技術の開発：

・ Good Laboratory Practice (GLP)に準拠した  
コンパニオン診断技術の確立

a. 血液保存状態が tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾  
に及ぼす影響について

・ 氷上で 30 分、1 時間、2 時間、24 時間  
・ 室温で 30 分、1 時間、2 時間、24 時間の 8  
条件で保存した血液から RNA を精製し、チオメチル  
化修飾について比較検討した。いずれの条件で  
も tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾に有意な差は認め  
られなかった。

b. RNA 精製法の標準化

トリゾールを用いたフェノールとグアニジン  
イソチオシアネートの単相溶液精製法と  
miRNeasy Mini kit を用いたシリカスピンカラ  
ム法で、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾におい  
て、有意な差は認められなかった。いずれの方法  
を用いても、十分な Ct 値が得られた。

c. tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾解析に用いる定  
量 PCR 機器の選定

・ Veriti 96 皿サーマルサイクラー（アップラ  
イド・バイオシステムズ社）

・サーマルサイクラー ダイスレッドシステム  
TP800（タカラバイオ社）

・サーマルサイクラー ダイスレッドシステム  
TP870（タカラバイオ社）

上記 3 機種 of tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾  
検出感度について比較検討した。その結果、

3 機種間の検出感度に有意な差は認めなかつ  
た。

・ tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的とし  
たコンパニオン診断技術に関する臨床研究に  
ついて PMDA との事前相談

下記のとおり PMDA と事前相談

相談日：2014 年 11 月 6 日 13 時～14 時

相談者：富澤一仁、井上謙吾

相談内容：

・ 臨床研究で行うべきか、医師主導の治験で  
実施すべきか。

・ コンパニオン診断薬の臨床研究（医師主導  
治験）の進め方についてご指導いただきたい。  
助言内容：

・ 既存承認用量で効果が十分に得られるかど  
うかを検討し、もし、用量を変更するとなつ  
た場合は、非臨床試験を実施する必要がある。

・ 将来的な製造販売元を決めた上で必要な試  
験を行う方が良い。もし、熊本大学で製造販  
売を行うとなると非臨床試験から全てのデー  
タを取り直す必要があるため、薬剤の現販売  
元であるエーザイに協力を求め安全性デー  
タや薬剤に関するデータ提供を受ける方が現  
実的である。

・ 本試験は、臨床研究と言う位置付けとして  
GCP 対応で行う方が、将来的にメーカー側  
で本試験データを使用出来る可能性が残る。  
このことより、申請時の安全性データとして  
使用可能にするためにも、可能な限り GCP  
遵守で行う。なお、この際、治験届は不要で

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（総括）

ある。また、PMDA としては GCP 対応で行う販売承認目指した試験に関してのみ相談を受け付けているため、上記のような対応を取るのであれば、今後も相談を受けることが可能である。

2 型糖尿病に対する新規治療薬の開発

. エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究についてプロトコール作成

「tRNA 修飾異常に起因した 2 型糖尿病のコンパニオン診断薬開発を目指した臨床研究」プロトコールを完成させた。詳細なプロトコールは、資料 1 を参照。

. エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究について PMDA との事前相談

下記のとおり、PMDA と事前相談を実施した。

相談日：2014 年 11 月 6 日 13 時～14 時

相談者：富澤一仁、井上謙吾

助言内容：

・まずは POC にて試験の感触を確かめることを勧める。

・患者の組み入れに汎用の試薬を使用することは、バリデートされていない（信頼性のない基準で診断する）ものなので難しいと考える。もし、汎用の試薬を使用する場合は、別の試薬を併用するなど、クロスチェックを行い最低限のバリデーションを行う必要があると考える。コンパニオン診断薬メーカーと共同でバリデートされたキットの開発を行い、そのキットを用いて医師主導試験を実施すべきである。

・コンパニオン診断薬のガイドラインは 5 つ出

ているので、PMDA の HP からダウンロードして参照すること。

. エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究の準備

、 で作成したエペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究プロトコールに準じた臨床研究について、学内臨床研究・医療技術倫理委員会、ヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会、ならびに臨床研究利益相反審査委員会に申請した。申請書類についてこれら委員会で審議が行われ、また学内臨床研究・医療技術倫理委員会とヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会ではヒアリングも行われ、下記のとおり、承認された。

a. 臨床研究・医療技術審査結果

受付番号：先進第 1 9 2 7 号

課題名：tRNA 修飾異常に起因した 2 型糖尿病のコンパニオン診断薬開発をめざした臨床研究

実施責任者：富澤一仁

決定日：平成 27 年 2 月 9 日

決定内容：許可

b. ヒトゲノム・遺伝子解析研究審査結果

受付番号：ゲノム第 2 7 5 号

ゲノム第 2 7 5 号（変更）

課題名：tRNA 修飾異常に起因した 2 型糖尿病のコンパニオン診断薬開発をめざした臨床研究

実施責任者：富澤一仁

決定日：平成 26 年 7 月 28 日



厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（総括）

一部変更申請決定日：平成 26 年 8 月 14 日

決定内容：許可

c. 臨床研究利益相反審査結果

課題名：tRNA 修飾異常に起因した 2 型糖尿病の

コンパニオン診断薬開発をめざした臨床研究

実施責任者：富澤一仁

決定日：平成 26 年 7 月 28 日

審査結果：問題なし。

D. 考察

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的とした  
コンパニオン診断技術の開発

採血した血液は、24 時間常温で保存しても、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾の結果に影響しないことが明らかになった。このことから、病院で採血後、検査ラボに輸送し、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾について解析することが可能であることが示唆された。tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾の解析を各病院検査部で実施することは、機器の設置などから困難であることが予想されるため、検査ラボで実施するようになると思われる。その場合、血液サンプルの保管方法と輸送時間に制限があると、検査が困難である。本結果から、本技術は、検査ラボで実施するコンパニオン診断技術として問題無いことが示された。

RNA 精製方法で、トリゾールを用いたフェノールとグアニジンイソチオシアネートの単相溶液精製法と miRNeasy Mini kit を用いたシリカスピncラム法では、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾の解析結果に差は認められなかった。単相溶液精製法のほうが、コストがかからないが、シリカ

スピncラム法を用いたほうが、自動化できるメリットがある。多数検体を一度に効率的に測定できることから、キットでは、シリカスピncラム法を用いることとした。

3 機種を用いて定量 PCR を行ったが、機器間で解析結果に差はなかった。このことから、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾解析技術は、定量 PCR 解析機器の性状に影響を受けないことが明らかになった。

今回臨床研究プロトコールを作成している途中に、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」が刷新されるということが判明した。当初、同倫理指針が公布されるのを待って、その指針に沿ったかたちで臨床研究を実施することを考えていた。しかし、新倫理指針の公布が遅れたため、公布されるのを待っていると本研究の進捗が図れないため、医師主導治験に準じたプロトコールを作成した。労力はかかったが、将来的に製薬企業と提携して上市を目指すためには良かったと思われる。

当初の計画どおり本臨床研究について倫理委員会の承認が得られたことは、来年度以降速やかに臨床研究に移ることができる。

E. 結論

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発：ヒト末梢血から分離した血球成分から tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を定量する技術の標準化を行い、末梢血サンプルの保存

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（総括）

方法、逆転写酵素の最適化、定量 PCR 機器の設定が終了した。また、PMDA との事前相談を行った。

2 型糖尿病に対する新規治療薬の開発：エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究についてプロトコルの作成が終了した。作成したプロトコールについて、PMDA と事前相談を行った。そして、そのプロトコールを基とした臨床研究について、学内臨床研究倫理委員会ならびにヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会に申請し、承認を得た。臨床研究チームを発足し、臨床研究の手順書の作成が完了した。

F．健康危機情報

業務主任者ならびに業務担当者の健康に危機を及ぼすようなことは無かった。

G．研究発表

1．論文発表

・ Zhou, B, Wei, F.-Y., Kanai, N., Fujimura, A., Kaitsuka, T., and Tomizawa, K. Identification of a splicing variant that regulates type 2 diabetes risk factor CDKAL1 level by a coding-independent mechanism in human. **Hum. Mol. Genet.** 23, 4639-4650, 2014.

2．学会発表

該当無し

H．知的財産権の出願・登録状況  
該当無し。



## 資料 1

### 臨床研究実施計画書

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（業務項目 1）

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発

担当責任者 富澤 一仁 熊本大学大学院生命科学研究部・教授

魏 范研 熊本大学大学院生命科学研究部・助教

井上 謙吾 静岡県産業振興財団ファルマバレーセンター・

名誉所長

研究要旨

【目的】本研究では、アジア型 2 型糖尿病に特有の危険因子 Cdkal1 に着目し、同酵素による tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断薬を創出する。このコンパニオン診断薬を開発するためには、これまでに我々が開発した tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾測定法を標準化して、キット化する必要がある。そこで本研究では、末梢血から tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)のチオメチル化修飾を測定する技術の標準化を行うことを目的とする。

【必要性】現在上市しているコンパニオン診断薬は、すべてがんを標的としたものであり、診断の多くは遺伝子変異を標的としている。本研究では、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾という従来に無い新しいコンパニオン診断薬開発を目指す。そのために、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を定量する技術の標準化を行う必要がある。

【成果】 tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発：ヒト末梢血から分離した血球成分から tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を定量する技術の標準化を行い、末梢血サンプルの保存方法、RNA 精製法の最適化、定量 PCR 機器の設定が完了した。末梢血サンプルは、24 時間、常温で保存していても、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾のデータに影響を及ぼさないことが明らかになった。RNA 精製法は、トリゾールを用いたフェノールとグアニジンイソチオシアネートの单相溶液精製法と miRNeasy Mini kit を用いたシリカスピンカラム法のいずれの方法で精製したトータル RNA を献体試料としても、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾のデータに影響を及ぼさないことが明らかになった。定量 PCR 機器のバリデーションについても終了した。

また、2 型糖尿病に対する tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の臨床研究計画について PMDA と事前相談を行った。

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（業務項目 1）

A. 研究目的

本研究は、2 型糖尿病に対する個別化医療の実現化を目指し、タンパク質翻訳精度を向上させる効果を有する 2 型糖尿病に対する新規治療薬の開発と tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)のチオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発のための臨床研究を実施することを目的とする。

このうち本業務項目は、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾のコンパニオン診断技術の確立とキット化を目的とする。今年度は、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾測定方法の標準化および最適化を行った。

B. 研究方法

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発：

・ Good Laboratory Practice (GLP)に準拠したコンパニオン診断技術の確立

ヒト末梢血から分離した血球成分からトータル RNA を精製し、ヒト tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)を直接逆転写し、その逆転写産物を定量 PCR することにより tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を定量する技術の標準化を行った。まず、採血後の血液保存状態が tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾に及ぼす影響を調査するために、健常人ボランティアから採血した血液を以下の条件で保存した。

- ・ 氷上で 30 分、1 時間、2 時間、24 時間
- ・ 室温で 30 分、1 時間、2 時間、24 時間

その後、3,000rpm/分で遠心し、血球成分をトリゾールで可溶化した。そしてトータル RNA を精製し、精製した RNA を従来我々が開発した定量

PCR 法を応用した tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾解析技術を用いて、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾について比較検討した。

次に RNA 精製法についてトリゾールを用いたフェノールとグアニジンイソシアネートの単相溶液精製法と miRNeasy Mini kit を用いたシリカスピンカラム法で、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾の検出に差が認められるか検討した。健常人ボランティアから採血した血液を直ちに遠心し、血球成分と血清成分に分画した。分画した血球成分から、トータル RNA をトリゾールならびに miRNeasy Mini kit で精製した。その後、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾解析技術を用いて、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾について両者で比較検討した。

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾解析に用いる定量 PCR 機器について、使用する機器によって tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾の測定結果に差があるのか検討した。野生型 (WT) マウスと Cdkal1 欠損 (KO) マウスの肝臓からトリゾールを用いてトータル RNA を精製した。比較検討した機器は、以下の 3 種類である。

- ・ Veriti 96 皿サーマルサイクラー (アプライド・バイオシステムズ社)
- ・ サーマルサイクラー ダイスレッドシステム TP800 (タカラバイオ社)
- ・ サーマルサイクラー ダイスレッドシステム TP870 (タカラバイオ社)

・ tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的とし

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（業務項目 1）

たコンパニオン診断技術に関する臨床研究について PMDA との事前相談

2 型糖尿病に対する tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の臨床研究計画について PMDA と事前相談を行い、コンパニオン診断薬開発のための臨床研究プロトコール作成に資した。

（倫理面への配慮）

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発において、健常人ボランティアから末梢血を採血し、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾について検討したが、本研究は熊本大学ヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会で承認された方法（承認番号：ゲノム 159）に則り実施した。またインフォームドコンセントに関しても、同委員会で承認された方法に準じて行った。

C . 研究結果

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発：

・ Good Laboratory Practice (GLP)に準拠したコンパニオン診断技術の確立

a . 血液保存状態が tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾に及ぼす影響について検討するために、以下の保存条件について比較検討した。

- ・ 氷上で 30 分、1 時間、2 時間、24 時間
- ・ 室温で 30 分、1 時間、2 時間、24 時間の 8 条件で保存した血液から RNA を精製し、チオメチル化修飾について比較検討した。いずれの条件でも tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾に有意な差は認められなかった。

b . RNA 精製法の標準化

トリゾールを用いたフェノールとグアニジンイソチオシアネートの単相溶液精製法と miRNeasy Mini kit を用いたシリカスピニングラム法で、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾において、有意な差は認められなかった。いずれの方法を用いても、十分な Ct 値が得られた。

c . tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾解析に用いる定量 PCR 機器の選定

・ Veriti 96 皿サーマルサイクラー（アップライド・バイオシステムズ社）

・ サーマルサイクラー ダイスレッドシステム TP800（タカラバイオ社）

・ サーマルサイクラー ダイスレッドシステム TP870（タカラバイオ社）

上記 3 機種 of tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾検出感度について比較検討した。その結果、3 機種間の検出感度に有意な差は認めなかった。

以上の a~c の条件設定の結果を踏まえて tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾解析の手順書を作成した。（資料 2 参照）

D . 考察

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発

採血した血液は、24 時間常温で保存しても、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾の結果に影響しないことが明らかになった。このことが

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（業務項目 1）

ら、病院で採血後、検査ラボに輸送し、 $tRNA^{Lys}(UUU)$ チオメチル化修飾について解析することが可能であることが示唆された。 $tRNA^{Lys}(UUU)$ チオメチル化修飾の解析を各病院検査部で実施することは、機器の設置などから困難であることが予想されるため、検査ラボで実施するようになると思われる。その場合、血液サンプルの保管方法と輸送時間に制限があると、検査が困難である。本結果から、本技術は、検査ラボで実施するコンパニオン診断技術として問題無いことが示された。

RNA 精製方法で、トリゾールを用いたフェノールとグアニジンイソチオシアネートの単相溶液精製法と miRNeasy Mini kit を用いたシリカスピнкаラム法では、 $tRNA^{Lys}(UUU)$ チオメチル化修飾の解析結果に差は認められなかった。単相溶液精製法のほうが、コストがかからないが、シリカスピнкаラム法を用いたほうが、自動化できるメリットがある。多数検体を一度に効率的に測定できることから、キットでは、シリカスピнкаラム法を用いることとした。

3 機種を用いて定量 PCR を行ったが、機器間で解析結果に差はなかった。このことから、 $tRNA^{Lys}(UUU)$ チオメチル化修飾解析技術は、定量 PCR 解析機器の性状に影響を受けないことが明らかになった。

#### D. 考察

$tRNA^{Lys}(UUU)$ チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発

採血した血液は、24 時間常温で保存しても、

$tRNA^{Lys}(UUU)$ チオメチル化修飾の結果に影響しないことが明らかになった。このことから、病院で採血後、検査ラボに輸送し、 $tRNA^{Lys}(UUU)$ チオメチル化修飾について解析することが可能であることが示唆された。 $tRNA^{Lys}(UUU)$ チオメチル化修飾の解析を各病院検査部で実施することは、機器の設置などから困難であることが予想されるため、検査ラボで実施するようになると思われる。その場合、血液サンプルの保管方法と輸送時間に制限があると、検査が困難である。本結果から、本技術は、検査ラボで実施するコンパニオン診断技術として問題無いことが示された。

RNA 精製方法で、トリゾールを用いたフェノールとグアニジンイソチオシアネートの単相溶液精製法と miRNeasy Mini kit を用いたシリカスピнкаラム法では、 $tRNA^{Lys}(UUU)$ チオメチル化修飾の解析結果に差は認められなかった。単相溶液精製法のほうが、コストがかからないが、シリカスピнкаラム法を用いたほうが、自動化できるメリットがある。多数検体を一度に効率的に測定できることから、キットでは、シリカスピнкаラム法を用いることとした。

3 機種を用いて定量 PCR を行ったが、機器間で解析結果に差はなかった。このことから、 $tRNA^{Lys}(UUU)$ チオメチル化修飾解析技術は、定量 PCR 解析機器の性状に影響を受けないことが明らかになった。



厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（業務項目 1）

E．結論

tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発：ヒト末梢血から分離した血球成分から tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾を定量する技術の標準化を行い、末梢血サンプルの保存方法、逆転写酵素の最適化、定量 PCR 機器の設定が終了した。また、PMDA との事前相談を行った。

F．健康危機情報

業務主任者ならびに業務担当者の健康に危機を及ぼすようなことは無かった。

G．研究発表

1．論文発表

・ Zhou, B, Wei, F.-Y., Kanai, N., Fujimura, A., Kaitsuka, T., and Tomizawa, K. Identification of a splicing variant that regulates type 2 diabetes risk factor CDKAL1 level by a coding-independent mechanism in human. **Hum. Mol. Genet.** 23, 4639-4650, 2014.

2．学会発表

該当無し

H．知的財産権の出願・登録状況

該当無し。



## 資料 2

### tRNA<sup>Lys(UUU)</sup>チオメチル化修飾解析手順書

## tRNA<sup>Lys(UUU)</sup>チオメチル化修飾解析手順書

1. ヒト静脈血を抗凝固剤 (EDTA) 入り採血管 (TERUMO®, ベノジェクト II 真空採血管、EDTA-2K、採血管容量 : 5 ml) 内に、1.5 ml 以上採血し、次のステップまで氷上で保存する。  
注 : 採血後 24 時間までの氷上保管は、結果に影響しない。
2. 1.5ml の全血に Buffer EL 7.5 ml (QIAGEN GmbH、D-40724 Hilden、Erythrocyte lysis buffer) を加え、滅菌した 15ml 容量のコニカルチューブ中で混和して、氷上で 15 分間、放置する。放置中、4~6 分毎にボルテックスミキサーで 5~10 秒震盪して混合する。  
注 :
  1. 最適な結果を得るためには、十分にミックスできるように、血液と Buffer EL の全容量がチューブ容量の 3 / 4 を超えないように、15ml のチューブを使用。
  2. 健康な成人の血液の 1.5ml までが本キットで調整可能。白血球数が 7000 個/ $\mu$ l、より多い血液を使用する場合には、血液量を 1.0 ml に減らす。
  3. 氷上で 15 分間放置して、赤血球の溶解によりインキュベーション中に混濁した懸濁液が透明になったのを確認したら、次のステップに移る。
3. 4. 400 × g で 10 分間遠心分離後、白血球を含む細胞沈殿物を残して上清を完全に除去する。  
注 : 遠心分離後、白血球がペレットを形成しているのを確認し、上清を除去。赤血球の痕跡によりペレットが赤味を帯びレイル場合も、次に行うステップにより、赤血球は通常除去される。
4. 細胞ペレットに Buffer EL 3 ml (QIAGEN GmbH、D-40724 Hilden、Erythrocyte lysis buffer) を添加し、軽くボルテックスし、細胞を懸濁する。
5. 4. 400 × g で 10 分間遠心分離後、上清を完全に除去する。
6. 細胞の沈殿物に Trizol 1 ml (Invitrogen、フェノール 50 %) を加え、10 回ピペティングで完全に溶解させてから 1.5ml のエッペンチューブ (WAlSON, Human DNA-Free、RNase-Free、DNase-Free) に移す。
7. Chloroform 0.2 ml (Wako、Ethanol 0.3-1.0 %、純度 99.0 %) を添加し 15 秒で激しく混合し、室温で 3 分間放置する。
8. 4. 12000 × g で 15 分間遠心分離後、上清 0.5 ml を新しいチューブに回収する。
9. 回収した上清に 2-propanol (Wako、純度 99.7 %) 0.5 ml を添加し、完全に混和してから室温

で 10 分間放置する。

- 10 . 4 、 12000 × g で 10 分間遠心分離後、上清を完全に除去する。
- 11 . ペレットに 75%エタノール 1 ml を添加し、4 、 7500 × g で 5 分間遠心分離し、上清を完全に除去して、室温で 10 分間乾燥する。
- 12 . 滅菌蒸留水 20ml で溶解して、分光光度計 (Nano Drop, ND-100) を使って RNA 濃度を測る。
- 13 . 混入しているゲノム DNA を完全に除去するため、DNaseI と RNA を以下の量で PCR 用 0.2 ml チューブ (BIO-BIK) 内で混合する。

DNaseI recombinant, RNase-Free Kit (Roche、製品番号 : 04 716 728 001) を使用する。

精製した RNA (100ng/ μ l)	2 μ l
DNaseI recombinant	0.5 μ l
Incubation buffer (10x)	2 μ l
滅菌蒸留水	15.5 μ l

PCR 機器 : Veriti™ Thermal Cycler, AB Applied Biosystem (Towa)。

PCR プログラムは以下のように設定する。

37     20 min  
75     10min  
4     for ever

- 14 . DNase I で処理した後、Transcriptor First Strand cDNA Synthesis Kit (Roche, 製品番号 : 04 987 030 001) を用いて逆転写を行う。以下の溶液を PCR 用 0.2 ml チューブ内で混合する。

Lys primer r1: 配列 CCTGGACCCTCAGATTA AAA、逆相カラム精製、 T11H250129, Tm 45.9, 製品会社 : FASMAC。

Lys primer r2 : 配列 GAACAGGGACTTGAACCCTG、逆相カラム精製、 T11H250133, Tm 50、製品会社 : FASMAC。

Dnase I 処理済み RNA (13)	2.5 μ l
Lys primer r1 又は r2 (10 μ M)	1 μ l
滅菌蒸留水	3 μ l

65、10min 処理した後、氷上で急冷する。

同一チューブに以下の溶液を加えて逆転写を行う。

5xbuffer	2 $\mu$ l
RNASE inhibitor	0.25 $\mu$ l
dNTPmix	1 $\mu$ l
RT enzyme	0.25 $\mu$ l

PCR 機械: Veriti™ Thermal Cycler, AB Applied Biosystem (Towa)。

PCR プログラムは以下のように設定する。

55	30min
85	5min
4	for ever

15. 修飾の程度を検出するために定量 PCR を行う。ここでは SYBR Premix Ex Taq (Perfect Real Time), TAKARA を使用し、以下の溶液を混合する。

Lys primer f1: 配列 AGCATCAGACTTTTAATCTG、逆相カラム精製、T11H250132, Tm 41.8、製品会社: FASMAC。

SYBR Premix Ex Taq (2x)	10 $\mu$ l
Lys primer f1 (10 $\mu$ M)	0.4 $\mu$ l
Lys primer r1 (10 $\mu$ M)	0.4 $\mu$ l
ROX Reference Dye (50x)	0.4 $\mu$ l
RT PCR の産物 (14)	2 $\mu$ l
滅菌蒸留水	6.8 $\mu$ l

16. 混和したサンプルを定量 PCR 機器 (7300 Real-Time PCR System, Applied Biosystems) に写し、下記の条件で PCR 反応を行う。

Stage 1: Holding Stage

Reps: 1

95 30 秒

Stage 2: Cycling Stage

Number of Cycles: 40

95 5 秒

60 31 秒

Stage 3: Dissociation Stage

17. 反応終了後、プレートドキュメントの設定で解析を行う。解析は Auto Baseline 及び Auto Ct で行う。
1. [Analysis]メニューより[Analysis Settings]を選ぶ。
  2. [Detector]ドロップダウンリストで[All]を選び、[Auto Ct]を選ぶ。SDS ソフトウェアが各ウェルのベースラインとスレッシュホールドを自動的に決定する。
  3. [OK & Reanalyze]をクリックして解析する。
  4. [Report]をクリックし、[Ct]欄で各 Detector の数値が表示される。
  5. 各サンプルの primer r2 の[Ct]数値から primer r1 の[Ct]数値の差を計算し、[dCt] の数値を求める。得られた[dCt]数値を negative control の[dCt]数値と比較し、tRNA<sup>Lys(UUU)</sup>チオメチル化修飾の差を検討する。

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（業務項目 2）

2 型糖尿病に対する新規治療薬の開発

担当責任者 富澤 一仁 熊本大学大学院生命科学研究部・教授  
荒木 栄一 熊本大学大学院生命科学研究部・教授  
下田 誠也 熊本大学大学院生命科学研究部・講師  
瀬ノ口隆文 熊本大学医学部附属病院・特任助教  
角間 辰之 久留米大学バイオ統計センター・教授  
井上 謙吾 静岡県産業振興財団ファルマバレーセンター・

名誉所長

研究要旨

【目的】本研究では、2 型糖尿病に対する個別化医療の実現化を目指し、タンパク質翻訳精度を向上させる効果を有する 2 型糖尿病に対する新規治療薬の開発と tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)のチオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発のための臨床研究を実施することを目的とする。このうち、2 型糖尿病に対する新規治療薬の開発では、エペリゾンの 2 型糖尿病患者への有効性を検討する臨床研究を実施する。そのために当該年度は、同臨床研究のプロトコール作成と作成したプロトコールについて学内倫理委員会に申請し、承認を得ることを目的とする。

【必要性】2 型糖尿病においては、アジア人種の病態がヨーロッパ人種のものとは異なり、アジア人種、特に日本人では遺伝的素因に基づく膵 細胞のインスリン分泌能の低下が病態に関与すると考えられている。しかし、この病態を改善する糖尿病治療薬は存在せず、長期に安全でかつインスリン分泌を改善する作用を有する治療薬の開発のニーズが高い。

【成果】2 型糖尿病患者を Cdkal1 遺伝子に関してリスクアレル群とノンリスクアレル群に分け、両群にエペリゾンを投与し、HbA1c の変化量と tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)のチオメチル化修飾率を主要評価項目とした臨床研究に関するプロトコールを作成した。作成したプロトコールについて、PMDA と事前相談を行った。そして、そのプロトコールを基とした臨床研究について、学内臨床研究倫理委員会ならびにヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会に申請し、承認を得た。臨床研究チームを発足し、臨床研究の手順書の作成が完了した。



厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（業務項目 2）

A. 研究目的

本研究は、2 型糖尿病に対する個別化医療の実現化を目指し、タンパク質翻訳精度を向上させる効果を有する 2 型糖尿病に対する新規治療薬の開発と tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)のチオメチル化修飾を標的としたコンパニオン診断技術の開発のための臨床研究を実施することを目的とする。

このうち本業務項目は、エペリゾンの 2 型糖尿病患者への有効性を検討する臨床研究を実施する。そのために当該年度は、同臨床研究のプロトコール作成と作成したプロトコールについて学内倫理委員会に申請し、承認を得ることを目的とする。

B. 研究方法

2 型糖尿病に対する新規治療薬の開発

エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究についてプロトコール作成

2 型糖尿病患者を Cdkal1 遺伝子に関してリスクアレル群とノンリスクアレル群に分け、両群にエペリゾンを 12 週間投与し、tRNA<sup>Lys</sup>(UUU)チオメチル化修飾率と HbA1c の変化量の相関性を主要評価項目とした臨床研究に関するプロトコールを作成した。

エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究について PMDA との事前相談で作成したプロトコールに準じた臨床研究計画について PMDA に事前相談し、プロトコールの修正に資した。

エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有

効性に関する臨床研究の準備

、 で作成したエペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究プロトコールに準じた臨床研究について、学内臨床研究倫理委員会ならびにヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会に申請した。

（倫理面への配慮）

臨床研究プロトコールおよびインフォームドコンセントフォームは、学内臨床研究倫理委員会に諮り、承認を得た。今後の臨床研究は、この倫理委員会に承認された手順で実施する。

C. 研究結果

エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究についてプロトコール作成

「tRNA 修飾異常に起因した 2 型糖尿病のコンパニオン診断薬開発を目指した臨床研究」プロトコールを完成させた。詳細なプロトコールは、資料 1 を参照。

エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究について PMDA との事前相談

下記のとおり、PMDA と事前相談を実施した。

相談日：2014 年 11 月 6 日 13 時～14 時

相談者：富澤一仁、井上謙吾

助言内容：

・まずは POC にて試験の感触を確かめるこ

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（業務項目2）

とを勧める。

・患者の組み入れに汎用の試薬を使用することは、バリデートされていない（信頼性のない基準で診断する）ものなので難しいと考える。もし、汎用の試薬を使用する場合は、別の試薬を併用するなど、クロスチェックを行い最低限のバリデーションを行う必要があると考える。コンパニオン診断薬メーカーと共同でバリデートされたキットの開発を行い、そのキットを用いて医師主導治験を実施すべきである。

・コンパニオン診断薬のガイドラインは5つ出ているので、PMDAのHPからダウンロードして参照すること。

エベリゾンの2型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究の準備

、で作成したエベリゾンの2型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究プロトコルに準じた臨床研究について、学内臨床研究・医療技術倫理委員会、ヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会、ならびに臨床研究利益相反審査委員会に申請した。申請書類についてこれら委員会で審議が行われ、また学内臨床研究・医療技術倫理委員会とヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会ではヒアリングも行われ、下記のとおり、承認された。

a. 臨床研究・医療技術審査結果

受付番号：先進第1927号

課題名：tRNA修飾異常に起因した2型糖尿病のコンパニオン診断薬開発をめざした臨床研究

実施責任者：富澤一仁

決定日：平成27年2月9日

決定内容：許可

b. ヒトゲノム・遺伝子解析研究審査結果

受付番号：ゲノム第275号

ゲノム第275号（変更）

課題名：tRNA修飾異常に起因した2型糖尿病のコンパニオン診断薬開発をめざした臨床研究

実施責任者：富澤一仁

決定日：平成26年7月28日

一部変更申請決定日：平成26年8月14日

決定内容：許可

c. 臨床研究利益相反審査結果

課題名：tRNA修飾異常に起因した2型糖尿病のコンパニオン診断薬開発をめざした臨床研究

実施責任者：富澤一仁

決定日：平成26年7月28日

審査結果：問題なし。

D. 考察

今回臨床研究プロトコルを作成している途中に、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」が刷新されるということが判明した。当初、同倫理指針が公布されるのを待って、その指針に沿ったかたちで臨床研究を実施することを考えていた。しかし、新倫理指針の公布が遅れたため、公布されるのを待っていると本研究の進捗が図れないため、医師主導治験に準じたプロトコルを作成した。労力はかかったが、将来的に製薬企業と提携し

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）

委託業務成果報告（業務項目 2）

て上市を目指すためには良かったと思われる。

当初の計画どおり本臨床研究について倫理委員会の承認が得られたことは、来年度以降速やかに臨床研究に移ることができる。

E．結論

エペリゾンの 2 型糖尿病治療薬としての有効性に関する臨床研究についてプロトコルの作成が終了した。作成したプロトコルについて、PMDA と事前相談を行った。そして、そのプロトコルを基とした臨床研究について、学内臨床研究倫理委員会ならびにヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理委員会に申請し、承認を得た。臨床研究チームを発足し、臨床研究の手順書の作成が完了した。

F．健康危機情報

業務主任者ならびに業務担当者の健康に危機を及ぼすようなことは無かった。

G．研究発表

1．論文発表

該当無し。

2．学会発表

該当無し。

H．知的財産権の出願・登録状況

該当無し。

**様式第 19**

学 会 等 発 表 実 績

委託業務題目「tRNA 修飾異常に起因した 2 型糖尿病のコンパニオン診断薬開発を目指した臨床研究」

機関名 国立大学法人 熊本大学

1. 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別

2. 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
Identification of a splicing variant that regulates type 2 diabetes risk factor CDKAL1 level by a coding-independent mechanism in human.	Zhou, B, Wei, F.-Y., Kanai, N., Fujimura, A., Kaitsuka, T., and Tomizawa, K.	Hum. Mol. Genet. 23, 4639-4650, 2014.	2014 年 7 月	国外