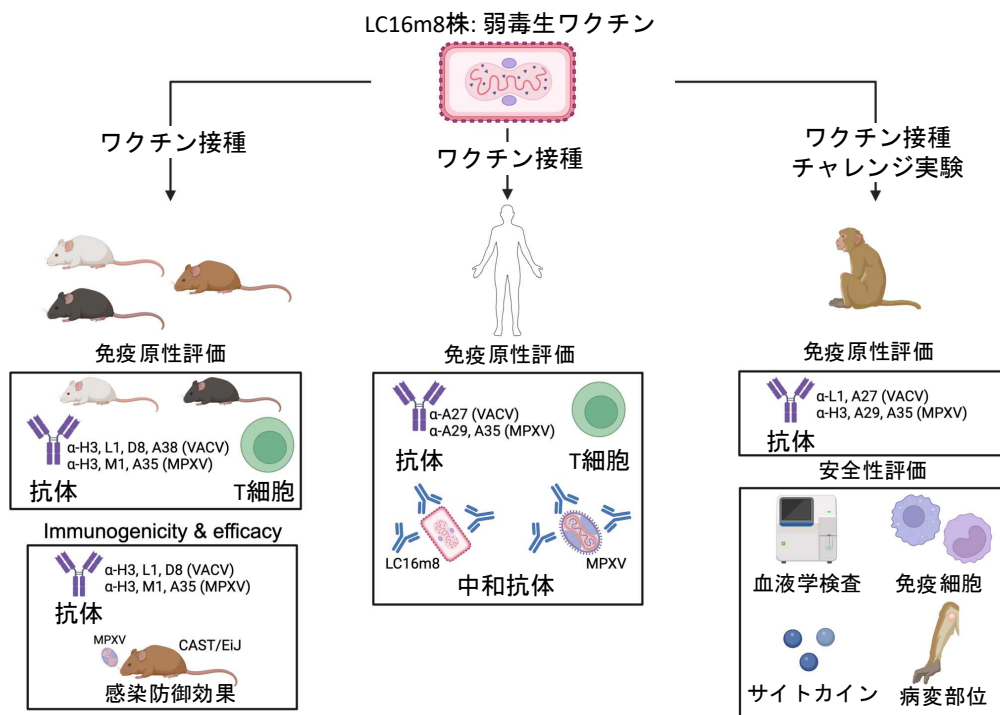


エムポックス (MPOX) に対する日本発ワクチンの免疫学

LC16m8 ワクチン接種による免疫応答を初めて包括的に解析した研究成果を発表

発表のポイント

- ◆天然痘ワクチンである弱毒生ワクチン LC16m8 の安全性と免疫原性の評価を複数のモデルで実施し、マウスモデルで LC16m8 が MPOX 感染に対する強力な防御効果を示すことを実証した。
- ◆LC16m8 接種者の検体分析により、多様な MPOX ウイルス株に対する中和抗体産生を確認した。
- ◆世界的に拡大する MPOX に対する有効なワクチン戦略の科学的根拠を提供し、安全性と有効性の両立という観点から、現在進行中の MPOX 感染症パンデミックへの対応策として大きな貢献が期待される。



LC16m8 ワクチンによる多様な MPOX ウイルス株に対する免疫応答の誘導

LC16m8 は複数のマウス系統において強い抗体応答と細胞性免疫を誘導し、MPOX ウイルス感染に対する防御効果を示した。また、ヒト接種者においても多様な MPOX ウイルス株に対する中和抗体の産生が確認された。

概要

東京大学医科学研究所を中心とする研究グループ (筆頭著者: 小檜山康司准教授、責任著者: 石井健 教授) は、世界保健機関 (WHO) が承認した日本発のエムポックス対策ワクチン「LC16m8」の免疫学的効果を多角的に解析し、その安全性と有効性を示す初の包括的な研究成果を国際学術誌に発表しました。本成果は、2024 年に WHO が再度「国際的に懸念される公衆衛生上の緊急

事態」(PHEIC; public health emergency of international concern)を宣言したエムボックスウイルス：クレード Ib の流行に対して、LC16m8 ワクチンが有用であることを示し、アフリカ諸国における今後の感染拡大に対して、ワクチン開発や評価、治療法研究における基盤技術としても大きく寄与することが期待されます。

Overview

- This manuscript explores the immunogenicity and safety of LC16m8, an attenuated vaccinia virus vaccine initially developed for smallpox in Japan, which has shown promise in preventing mpox (previously known as monkeypox).
- The recent global spread of mpox, particularly in 2022-2024, underscores the pressing need for safe and broadly effective vaccines.

発表内容

エムボックスウイルスは、1958 年にデンマークで同定され、1970 年には初めてヒトでの感染がコンゴ民主共和国（当時はザイール）で確認されました。エムボックスは中央アフリカや西アフリカを中心に現在も流行しております。2022 年には 100 を超える国でエムボックス感染者が報告され、WHO が PHEIC を宣言しました。2023 年 5 月に PHEIC の終息が宣言されたものの、2024 年新たなウイルス株であるクレード Ib の感染が急速に拡大し、2024 年 8 月再度 PHEIC が宣言されました。2022 年 1 月 1 日から 2025 年 1 月 31 日までの 3 年間で、13 万の人が感染したと WHO により報告されています。

エムボックスウイルスはポックスウイルス科オルソポックスウイルス属であり、痘瘡ウイルス（天然痘ウイルス）と同じ分類であることから、天然痘ワクチンがエムボックスに対して予防効果があると考えられています。実際に、2022 年 8 月に日本発の天然痘ワクチン株であるワクシニアウイルス LC16m8 株がエムボックスの予防に対して承認されています。

本研究では、マウスモデル、非ヒト霊長類、そしてヒトの臨床試料を用いて、LC16m8 ワクチンがエムボックスウイルスに対してどのような免疫応答を引き起こすのかを詳細に検証し、特に広範な抗体反応および T 細胞による長期的な防御免疫が誘導されることを明らかにしました。

まず、3 種の異なるマウス系統（BALB/c, C57BL6/J, CAST/EiJ）を用いて免疫学的評価を行い、すべての系統でエムボックスウイルス抗原特異的抗体の誘導が確認され、エムボックスウイルスに感受性の高い CAST/EiJ マウスを用いた実験では、LC16m8 による防御効果を初めて直接的に示しました（図 1）。

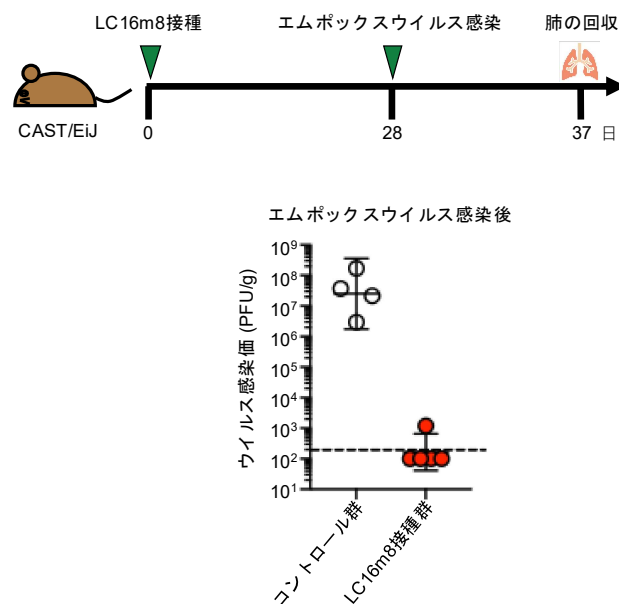


図 1. LC16m8 接種による感染予防効果

次に、非ヒト霊長類であるカニクイザルを用いて評価したところ、LC16m8 の安全性および接種によるエムボックス抗原に対する抗体誘導が確認されました。

最後に、LC16m8 接種前後のヒト検体を比較したところ、ワクチン接種によりエムボックスウイルス抗原に対する抗体を誘導し、複数のクレード (Ia, IIa, IIb) に対する中和抗体を引き出すことが示されました。さらに、現在の PHEIC の対象になっているクレード Ib に対する抗体反応が、LC16m8 接種後のマウス、非ヒト霊長類、ヒトの臨床試料で誘導されていることが確認されました。

これらのことは、LC16m8 株は複数の遺伝的クレード (Ia, Ib, IIa, IIb) にまたがる広範な抗体応答を引き出し、今後のエムボックスウイルスの変異や流行の拡大に対しても有望な対策となることが期待されます。

What Was Done

1. Preclinical Testing in Multiple Animal Models

- **Mouse Studies:** Three strains of mice (BALB/c, C57BL/6J, and CAST/EiJ) were vaccinated with LC16m8. Researchers evaluated how well the vaccine induced immune responses and whether it protected mice against mpox challenge.
- **Non-Human Primates:** Cynomolgus monkeys were administered LC16m8 and monitored for safety (e.g., body weight, temperature, and any local or systemic reactions).

2. Early Clinical Evaluation in Humans

- Blood samples were collected from healthy adult volunteers before and after LC16m8 vaccination.

- Immune responses were measured, including the presence of neutralizing antibodies against different mpox virus strains.

Key Findings

1. Strong and Targeted Immunity

- LC16m8 elicited robust antibody responses targeting important mpox antigens (e.g., H3, A35, and M1). These antibodies were effective against multiple mpox clades (Ia, IIa, IIb), suggesting broad coverage.
- In mice, LC16m8 induced germinal center B cells and follicular helper T cells—both critical for long-term immune memory.

2. Protection Against Mpox

- Vaccinated CAST/EiJ mice, which are highly susceptible to mpox infection, showed reduced viral loads in lung tissue.
- Early human data indicate that one dose of LC16m8 significantly boosts neutralizing antibodies capable of recognizing diverse mpox strains.

3. Favorable Safety Profile

- In cynomolgus monkeys given a high dose of LC16m8 intravenously, only localized pox lesions were noted, with no serious impact on weight, temperature, or vital blood parameters.
- Human volunteers showed no serious adverse events in the follow-up period, consistent with previous reports.

4. Implications for Policy and Practice

- LC16m8 may be a viable, scalable option for mpox vaccination, relevant for outbreak control and for protecting vulnerable populations.
- Its broad immunological coverage suggests this vaccine could be deployed globally, including in regions where mpox has newly emerged or re-emerged.

Why It Matters

- **Global Preparedness:** Mpox' s classification as a Public Health Emergency of International Concern by the WHO in 2022 and again in 2024 signifies a critical need for reliable vaccines.
- **Supports 100-Days Mission Goals:** Accelerated development and approval processes can help control mpox outbreaks promptly.
- **Potential Next Steps:** Further studies are needed to confirm efficacy in larger, more diverse human populations (especially immunocompromised individuals). International collaboration and data-sharing will be pivotal in refining vaccination strategies and ensuring equitable distribution.

Conclusion

LC16m8 shows strong promise for preventing mpox: it elicits robust immunity, demonstrates efficacy against multiple strains, and offers a favorable safety profile. These findings reinforce LC16m8' s potential as an important global countermeasure,

informing vaccination campaigns and guiding regulatory and policy decisions to combat mpox worldwide.

発表者・研究者等情報

東京大学

医科学研究所 ワクチン科学分野

石井 健 教授（研究代表）

兼 医科学研究所 国際ワクチンデザインセンター

兼 国際高等研究所 新世代感染症センター UTOPIA

小檜山 康司 准教授

兼 医科学研究所 国際ワクチンデザインセンター

Asuka Joy Tobuse 大学院生

Areej Sakkour 特任研究員

林 智哉 助教

Burcu Temizoz 助教

Kaiwen Liu 特任研究員

根岸 英雄 特任講師

東京大学

医科学研究所 国際ワクチンデザインセンター

反町 典子 教授

国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所

筑波霊長類医科学研究センター

保富 康宏 センター長

内海 大知 プロジェクト研究員

岡村 智崇 研究員

東京大学

医科学研究所 システムウイルス学分野

佐藤 佳 教授

兼 医科学研究所 国際ワクチンデザインセンター

兼 熊本大学ヒトレトロウイルス学共同研究センター

兼 MRC-University of Glasgow Centre for Virus Research, Glasgow, UK

郭 悠 特任助教

国立感染症研究所

治療薬・ワクチン開発研究センター

高橋 宜聖 センター長

佐々木 永太 主任研究官

小野寺 大志 主任研究官

公益財団法人東京都医学総合研究所

微生物学研究部門

小原 道法 特別客員研究員

安井 文彦 プロジェクトリーダー

Ahmad Faisal Amiry 研究技術員

愛媛大学

プロテオサイエンスセンター

澤崎 達也 教授

大阪大学

蛋白質研究所

高木 淳一 教授

論文情報

雑誌名：eBioMedicine

題 名：Immunological analysis of LC16m8 Vaccine: Preclinical and Early Clinical Insights into Mpox

著者名：Kouji Kobiyama, Daichi Utsumi, Yu Kaku, Eita Sasaki, Fumihiko Yasui, Tomotaka Okamura, Taishi Onodera, Asuka Joy Tobuse, Areej Sakkour, Ahmad Faisal Amiry, Tomoya Hayashi, Burcu Temizoz, Kaiwen Liu, Hideo Negishi, Noriko Toyama-Sorimachi, Michinori Kohara, Tatsuya Sawasaki, Junichi Takagi, Kei Sato, Yoshimasa Takahashi, Yasuhiro Yasutomi, Ken J Ishii* (*責任著者)

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2025.105703>

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352396425001471>

注意事項（解禁情報）

日本時間 4 月 16 日にオンライン公開（Embargo は特に指定なし）

研究助成

本研究は、日本医療研究開発機構（AMED）の研究費「JP243fa727002」、「JP243fa727001s0703」、「JP243fa627001h0003」、「JP24jf0126002」、「JP24fk0108690」、「JP243fa627001h0003」、「JP243fa727002」、「JP243fa627007h0003」、「JP23ama121011」、「JP23ama121010」、「JP233fa827017」、「JP243fa827017」、「JP22fk0108501」の支援、および文部科学省科学研究費補助金「23K06577」の支援により実施されました。

用語解説

（注 1）LC16m8 弱毒化された天然痘ワクチン株。元々は日本で 1975 年に天然痘ワクチンとして承認され、2022 年には MPOX（サル痘）ワクチンとしても承認された。Lister 株からクローニングされ、低温条件下で継代培養することで弱毒化された株であり、B5 遺伝子に欠失があることが特徴。

（注 2）エムボックス（MPOX） 以前はサル痘と呼ばれていた感染症で、オルソボックスウイルス属に属するモンキーボックスウイルス（MPXV）によって引き起こされる。主な症状として発

熱、リンパ節腫脹、特徴的な発疹があり、2022 年以降世界的な流行が見られている。現在、クレード Ia、Ib、IIa、IIb の 4 つに分類されており、特にアフリカの一部地域では致死率の高いクレード Ia と Ib が問題となっている。

（注 3）クレード 生物分類学において、共通の祖先から進化した生物のグループのこと。エムポックスウイルスは遺伝的特徴に基づいて複数のクレードに分類されており、それぞれ病原性や地理的分布が異なる。

問合せ先

（研究内容については発表者にお問合せください）

東京大学医科学研究所 ワクチン科学分野

教授 石井 健（いしい けん）

Tel : 03-6409-2111 E-mail : kenishii@ims.u-tokyo.ac.jp