

**慶應義塾大学 SFC 研究所 渡辺光博、  
食糧危機の解決に注目される昆虫由来タンパク質の研究を発表**  
— 昆虫由来タンパク質は SDGs（持続可能な開発目標）達成に貢献する可能性 —

慶應義塾大学 SFC 研究所ヘルスサイエンス・ラボ代表 渡辺光博（大学院政策・メディア研究科教授 兼 環境情報学部教授）らは、将来の食糧危機の解決に注目されている昆虫由来のタンパク質の生体への影響を血中メタボローム解析による網羅的解析により明らかにしました。日本古来より食用にされてきた昆虫由来タンパク質は血中や肝臓中のアミノ酸の欠乏を引き起こすことなく、筋肉や褐色脂肪組織におけるグルコース代謝改善やミトコンドリア機能向上との関連が示唆され、将来の代替タンパク質としての可能性を提示しました。本研究成果は、2021年11月1日に国際学術誌『Foods』に掲載されました。

## 1. 研究の背景

タンパク質は生体にとって必須の栄養素であり、さまざまな代謝活動に関与しています。世界の人口は2050年には100億人に達すると予想されています。この需要を十分に満たすためのタンパク質生産は世界的な課題となっており、持続可能で健康的な代替タンパク源を見つけることが重要になっています。

国際連合食糧農業機関（FAO）によると、食用昆虫は高い飼料変換率を持つことから、食糧危機の解決策として注目されています。また昆虫食は、メタンやアンモニア、地球温暖化の原因となる温室効果ガスや糞尿の発生が少なく、環境負担が少ないことから SDGs（持続可能な開発目標）でも注目されています。

昆虫食の一つであるハチの幼虫は、日本では伝統的に食されており、タンパク質、脂質、糖質、ビタミン、アミノ酸、および多数のミネラルを豊富に含んでいます。先行研究では、ミツバチの卵、幼虫、サナギは、他の食用昆虫よりも持続可能な代替タンパク源である可能性が高いとの指摘もあります。ハチの幼虫の養殖は、巣箱を設置するために必要な耕作地が比較的少なく、必要な経済的投資も少ないなど、多くの利点があります。またハチの生態や繁殖に関する研究は、他の昆虫養殖の候補に比べて長い歴史を持っているという利点もあります。ハチの幼虫はより持続可能な食品産業への実現に向けて取り入れられる可能性があります。

一方、これまでの研究では、食事のタンパク源の違いだけで、生体の代謝調節メカニズムが変化し、肥満や糖尿病などの代謝性疾患の発症リスク、筋肉量の維持、死亡率の変化に寄与することがわかっています。したがって、持続可能性のあるタンパク質の普及においては、従来のタンパク質を代替した場合の生体の代謝調節機構への影響を十分に考慮する必要があります。

## 2. 研究の概要と意義

本研究では、マウスモデルを用いて、すべての食事由来のタンパク源をハチの幼虫のタンパク質に置き換えた場合の代謝制御機構への影響を調べました。

従来のマウスの餌で標準的に用いられているカゼイン由来のタンパク質を、ハチの幼虫由来のタンパク質で全量置き換え22週間投与を行った結果、マウスの体重は減少しませんでした。また、タンパク質を置き換えた場合の生体内のアミノ酸レベルを検討したところ、ハチの幼虫由来のタンパク質は血漿や肝臓のアミノ酸欠乏を引き起こしませんでした。これらのことから、ハチの幼虫由来のタンパク質はマウスに毒性を示さなかったことを示唆しました。

次に、ハチの幼虫由来のタンパク質の生体への影響を、CE-TOF MSによる血漿中の代謝物の分析により実施しました。この結果、ハチの幼虫由来のタンパク質を与えたマウスでは血漿中の3-メチル

ヒスチジンが減少しました。3-メチルヒスチジンは筋肉分解のバイオマーカーとされているため、この結果はハチの幼虫由来のタンパク質で置き換えてもアミノ酸不足にはならないことを示唆しています。実際に、腓腹筋の筋肉量は、ハチの幼虫由来のタンパク質とカゼイン由来のタンパク質では違いが見られませんでした。

また、全血漿中の代謝物を用いたメタボローム解析の結果から、長寿遺伝子であるサーチュインの経路への関連が示唆されました。実際に筋肉ではサーチュインが制御する Pgc1 $\alpha$  や Glut4 などの遺伝子発現がハチの幼虫由来のタンパク質群で増加しており、筋肉へのグルコース取り込みが改善している可能性が示唆されました。一方、脂肪組織においても褐色脂肪組織 (BAT) での Pgc1 $\alpha$  の遺伝子発現の上昇が見られており、ミトコンドリアの機能改善とそれに伴うエネルギー代謝の活性化が示唆されました。

本研究では、ハチの幼虫由来のタンパク質に置き換えた場合の安全性と健康への影響を検討し、ハチの幼虫が持続可能で安全かつ健康的な代替タンパク源となる可能性を示しました。

図 1

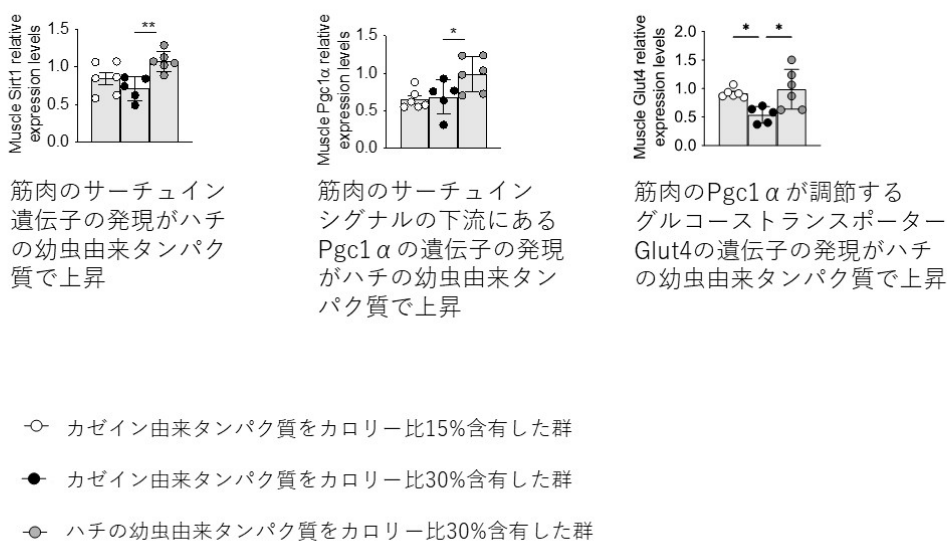


図 1. ハチの幼虫由来のタンパク質による筋肉におけるサーチュインシグナルの活性化

【注釈】

1. キャピラリー電気泳動-飛行時間型質量分析計 (CE-TOF MS)

生体内に含まれる代謝物質の種類や濃度を網羅的に分析する手法の一つ。キャピラリー電気泳動装置 (capillary electrophoresis : CE) によってイオン性の化合物を高速・高分離能で分離し、その後、飛行時間型質量分析装置 (time-of-flight mass spectrometry : TOF MS) により試料をイオン化し、生成したイオンを電界や磁界の働きによって分離することで m/z の値を得る分析方法。

2. PGC-1 $\alpha$

転写因子 PPAR $\gamma$  に結合する転写コアクチベーターとして同定された転写制御因子。PGC-1 $\alpha$  は褐色脂肪細胞や骨格筋、肝臓などの代謝が活発に行われている臓器に発現が多く、ミトコンドリア合成、エネルギー産生や熱消費に関わる多くの遺伝子発現を制御する。

3. Glut4

グルコース輸送体タイプ 4。GLUT4 は骨格筋や脂肪細胞に豊富に発現し、インスリンや筋収縮による糖取り込みを担っている。血液中のグルコースを筋肉や脂肪細胞内に取り込む機能があり、GLUT4 が活発に働けば血糖値を低下させることができる。

<原論文情報>

タイトル: Metabolic effects of bee larva derived protein in mice: Assessment of an alternative protein source

著者名: Yoko Yokoyama, Kawori Shinohara, Naho Kitamura, Anna Nakamura, Ai Onoue, Kazuki Tanaka, Akiyoshi Hirayama, Wanping Aw, Shigeru Nakamura, Yoko Ogawa, Shinji Fukuda, Kazuo Tsubota and Mitsuhiro Watanabe † († 責任著者)

掲載誌名: Foods (2021)

DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10112642>

※本プレスリリースは、新聞各社社会部等に配信しております。

---

**【本件についてのお問合せ先】**

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科教授 兼 環境情報学部教授  
慶應義塾大学SFC研究所ヘルスサイエンス・ラボ  
渡辺光博

U R L : <http://health-science-labo.com>

E-mail: [wmitsu@sfc.keio.ac.jp](mailto:wmitsu@sfc.keio.ac.jp)

**【配信元】**

慶應義塾大学 湘南藤沢事務室 学術研究支援担当

E-mail: [kri-pr@sfc.keio.ac.jp](mailto:kri-pr@sfc.keio.ac.jp)

T E L : 0466-49-3436

F A X : 0466-49-3594