

昆虫食のビジネスと市場予測

2023年5月17日

株式会社 農林中金総合研究所

リサーチ & ソリューション第2部 小田志保

oda@nochuri.co.jp

自己紹介



小田 志保

Shiho ODA

リサーチ&ソリューション第2
部、部長代理／主任研究員

03-6362-7742

oda@nochuri.co.jp

3人を子育て中なのでマルチタスクが得意です。

PR テーマは雑食です。共通しているのは、技術開発を調べ、その実装にかかる制度や組織の変化を捕捉する分析です。技術者の書いた内容をビジネス用に翻訳するような作業です。具体的には、組織や市場の動向について、ルールとその運用を調べています。

専門分野

スマート農業、酪農乳業、都市農業・農協



注力テーマ

スマート農業：自動操舵装置(GNSS)、データ連携・管理(レポジトリ)、
知的財産・個人情報保護)、第三者機関認証
酪農乳業：先端技術、欧州酪農の環境対策、生乳流通、乳業工場
都市農業・農協：生産緑地動向



■ 講演等に対応可能なテーマ
スマート農業、酪農乳業

■ チャレンジしたいテーマ
・GAP・医療×農業(輸出向け)・乳業工場DX



キーワード

▶5Gとレベル3ロボトラの実用にかかる道交法等の改正 ▶個人情報保護と農業データ管理 ▶GFSI承認スキームと小売大手 ▶酪農における先端技術の活用と環境保全
▶生乳過剰のなかでの北海道・都府県の需給調整 ▶昆虫食や乳代替品



経歴

08年3月末北海道大学農学研究院協同組合学教室 博士課程 修了
08年4月入社

保有資格

農学博士

所属学会

外部委員

■ 主な活動実績：総研ホームページ研究員紹介ページ

<https://www.nochuri.co.jp/company/staff/28detail.html>

技術情報協会「研究開発リーダー（6月号）」に掲載予定



出典 技術情報協会ウェブサイト

1. 昆虫食市場は拡大する見通し
 - (1) 市場の見通し
 - (2) 畜産業と比較した環境負荷
 - (3) 栄養素等の魅力
 - (4) コスト削減や関連制度の整備といった課題解決は重要
2. 昆虫食産業の全体像
 - (1) 食品原料
 - (2) 飼料・肥料原料
3. 社会受容
 - (1) 見た目や食味等の抵抗感
 - (2) 社会受容を高める各種対策
4. 地域別の規制動向
 - (1) 生産管理の課題
 - (2) 日本
 - (3) EU
 - (4) 米国
 - (5) 日本以外のアジア

まとめ

- 本資料は信頼できると考えられる情報に基づいて弊社が作成しておりますが、情報の正確性、完全性が保障されているものではありません。
- 本資料中の記述内容等については、資料作成時点のものであり、今後の業界動向、社会情勢等の変化により内容が変更となる場合があります。
- 本資料に関わる一切の権利は、他社資料等の引用部分を除き、弊社に帰属し、いかなる目的であれ本資料の一部又は全部の無断での使用・複製・第三者への開示は固くお断りいたします。
- 本資料は、いかなる投資助言を提供するものではなく、有価証券、特定の商品または取引についての投資の募集、勧誘や売買の推奨を目的としたものではありません。

1. 昆虫食市場は拡大する見通し

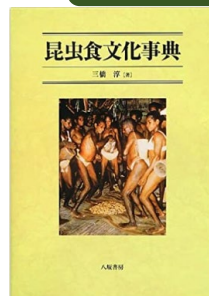
- (1) 市場の見通し
- (2) 畜産業と比較した環境負荷
- (3) 栄養素等の魅力
- (4) コスト削減や関連制度の整備といった課題解決は重要

(1) 市場の見通し

- 19～20世紀に、世界各地で西欧文化が持ち込まれた。結果、伝統的な昆虫食は衰退。日本では、1970年代には場での農薬散布量が増え、イナゴ等が激減。そのなかでも根強い需要があり、1995年～2000年に150トン消費したとされる（三橋、2012）。
- 1990年代に一部の識者が昆虫食を重要なタンパク源と提言。
- 国際連合食糧農業機関（FAO）は2003年から昆虫食を重視。2013年にレポート「EDIBLE INSECTS future prospects for food and feed security」を公表。2050年に100億人といわれる世界人口を養うには、タンパク質を供給するための農用地や水資源が足りず、培養肉等を含む新規食品の一部として昆虫食・昆虫由来飼料の普及を提唱。
- このレポートを起点に、自動生産システムによる昆虫の大量養殖が急速に進む。

採取・伝統文化

伝統食としての昆虫食



三橋淳氏『昆虫食文化辞典』（2012年）

<http://www.yasakashobo.co.jp/books/detail.php?recordID=617>



アフリカのベンバ族の大好きなチブミ（ヤマモユガの一種の幼虫）



仙台平野産「イナゴのしぐれ煮」

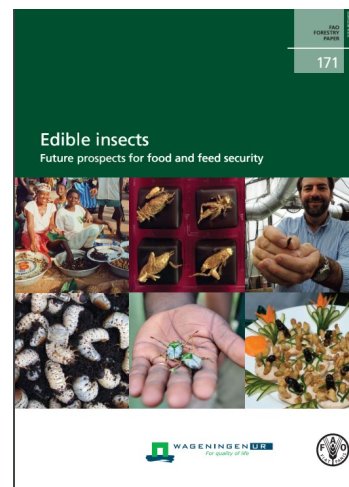
1990年代の先駆者

遠くない将来、世界的なタンパク源の不足が食用としての昆虫の価値を浮上させる



日本のイナゴの佃煮を食べるデフォリアート教授（1991年夏、ウィスコンシン大学で写す）

FAOの2013年レポート



世界人口増加

タンパク質供給に対する農地・水資源の制約

養殖・産業化

昆虫のスマート飼育工場（例 オランダ・Protix社）



市場規模は年平均成長率CAGR20～30%で拡大する見通し

- 昆虫食（人用）・昆虫由来飼料は入手しやすさ、価格、安全性についての認知度や制度の向上といった要因に伴い、市場がCAGR20%前後で拡大する見通し。
- 各社の見通しをみると、2030年までの年平均成長率CAGRは20%～30%。
- 主要な品種は、アメリカミズアブの幼虫（Black soldier fly larvae）、コオロギ（Cricket）、ミールワーム類（Super worm, Yellow mealworm, lesser mealworm）。
- 背景に養殖飼料市場の拡大がある。魚粉（カタクチイワシが原料）や大豆粕の高騰や、社会受容性の高さから養殖向けの昆虫由来飼料の需要拡大は確実。

2030年には、昆虫食市場は7.96億米ドルに（Meticulous Research社、2019）

昆虫食市場は2021年に1億474万米ドルに達し、2027年には3億2,328万米ドルに（CAGR20.66%）。（Digital Journal社）

昆虫食市場は2020年に8.22億米ドルに達しており、2027年には36.06億米ドルに（CAGR23.51%）。（ResearchAndMarkets.com's社）

アメリカミズアブ市場は、2028年に14億米ドルに達する見込み。2022～2028年のCAGRは34%（Vantage Market Research社）。

ミールワーム市場は、2030年に12.7億米ドルに達する見込み。2022～2030年のCAGRは25.8%（Meticulous Research社）。

コオロギ市場は、2029年に35億米ドルに達する見込み。2022～2029年のCAGRは32.9%（Meticulous Research社）。

飼料部門では、2018年に688百万米ドル。2024年には14億米ドルに達する見込み。2018年では5割は養殖向け。（FAO,2021）

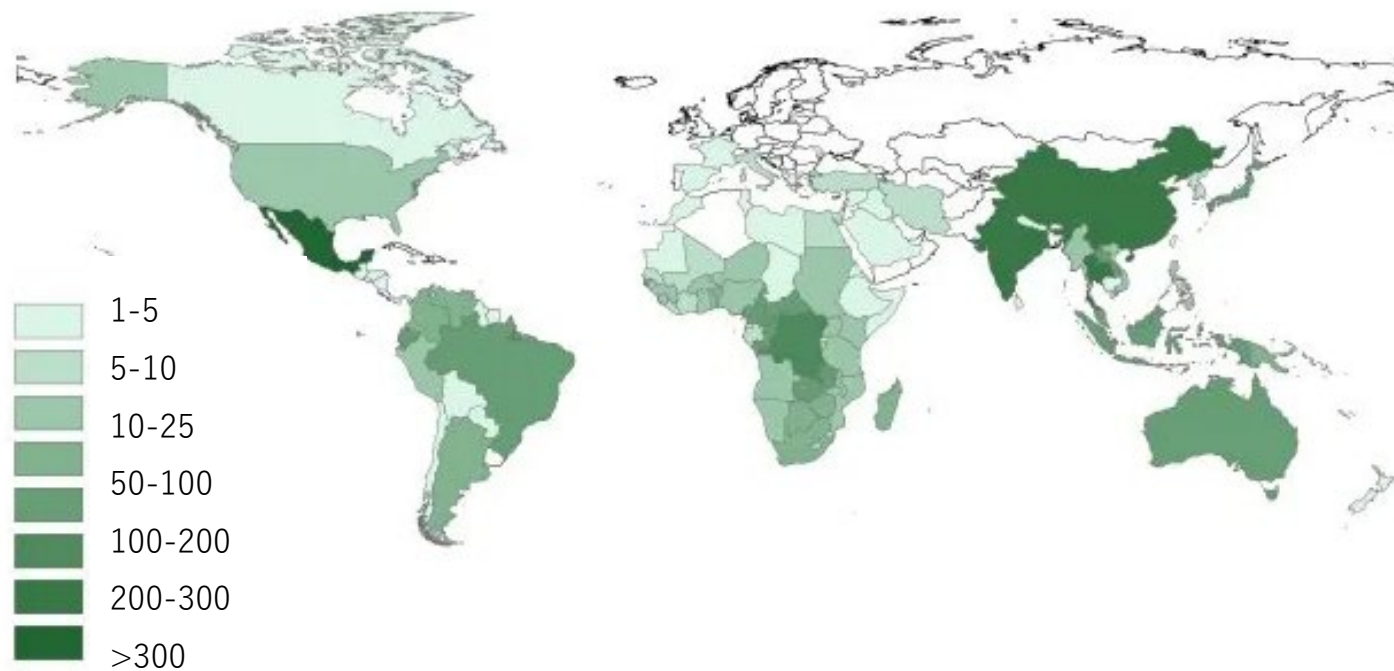
養殖飼料市場の拡大は、2022～27年でCAGR9.9%（Market Data Forecast社）。

養殖飼料市場の拡大
2020年の506億米ドルから25年の716億米ドルへ。CAGRは7.2%（Market Data F社）。

食用昆虫の種類と産業化に向く品種の条件

- 食用昆虫の種類が多いのは、メキシコや中国といった伝統的な昆虫食文化がある国。
- オランダ・ワーヘニンゲン大学が記録した食用昆虫の種類数をグループ別にみると、甲虫（Beetle）が最多で659種、ついでイモムシ（Caterpillars）が362種、蟻・蜂（大型蜂含む）は321種、バッタやイナゴ等は278種、カメムシ等が237種。
- 大量で養殖するのに適切な食用昆虫には、生育の速さ、飼育環境の制御の容易さ、エサが産業廃棄物等で低価、共食いせずに密集養殖が可能などの特性が必要（Schneider ed., 2009）。
 - アメリカミズアブの場合、幼虫→羽化→成虫→交尾・産卵→幼虫といったサイクルが1カ月弱。
- 品種が多様であり、大量に飼養する産業としては、水産養殖に類似する。

食用昆虫の種類（国別）



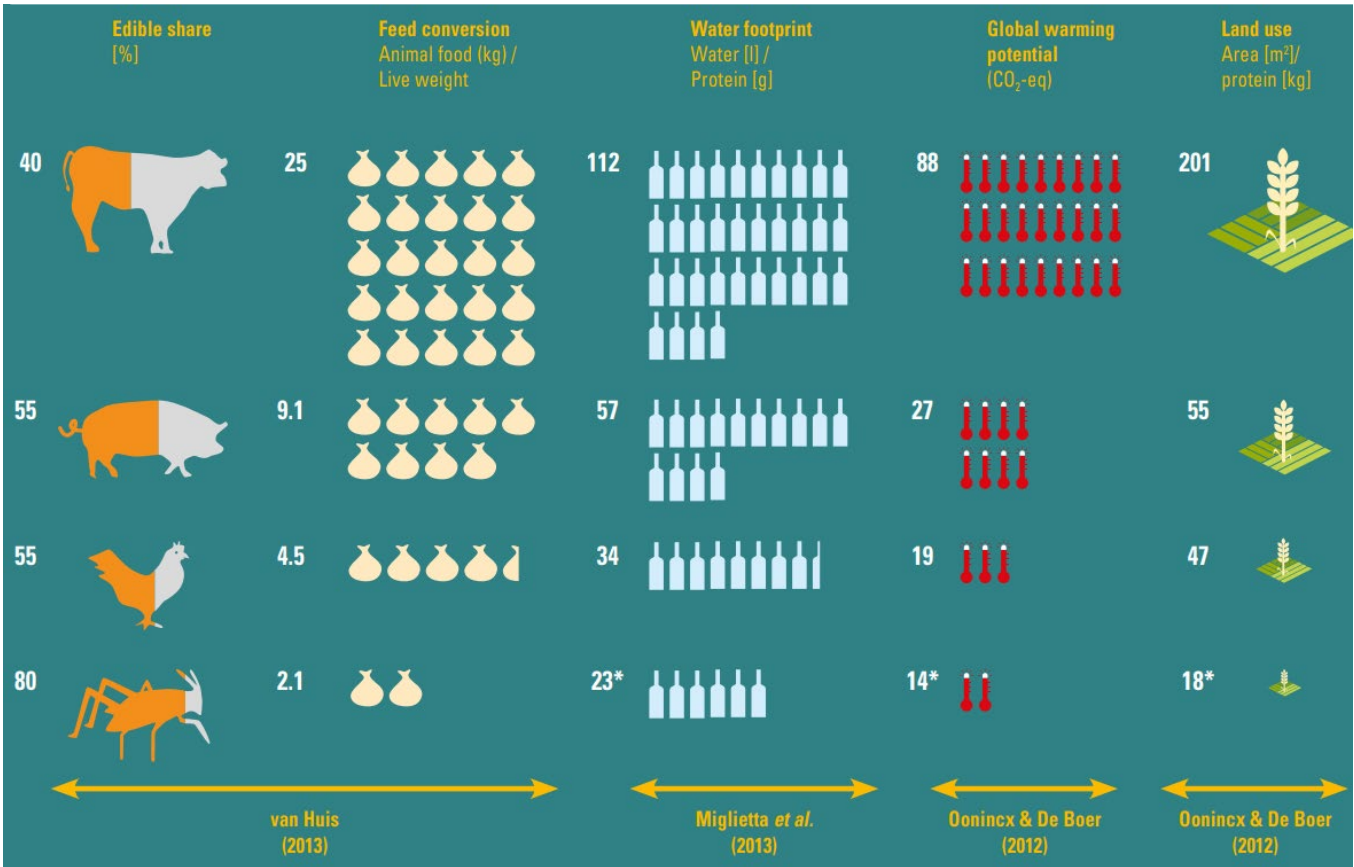
WURが記録した食用昆虫の種類数（グループ別）



(2) 畜産業と比較した環境負荷の小ささ

- 世界人口の増加で、畜産物需要も拡大。現時点でも全耕地面積の7割が飼料生産に向けられ、耕地面積が不足する恐れ。
- 昆虫は少ないエサから身体を作る能力に優れている（飼料転換効率が高い）ことが知られる（藤谷、2022）。
- 昆虫食・昆虫由来飼料では、他の畜種と比べて環境負荷が少ないとされる。ライフサイクルアセスメント（LCA）において、イエロー・ミルワーム（*Tenebrio molitor*）とスーパーワーム（*Zophobas morio*）は、タンパク質1kgあたりの土地利用量とGHG排出量が豚、家禽、牛よりも少ない。
- コロナ禍で世界的にフードセキュリティに対する関心が高まっており、欧米で昆虫食へのニーズも拡大。

畜種別にみた環境負荷量



出典 FAO (2021)

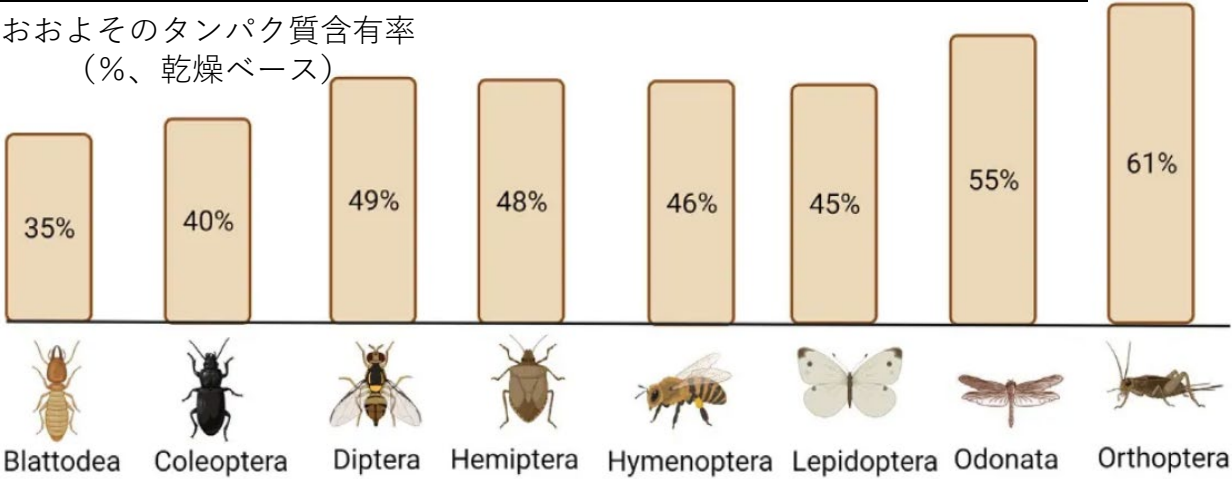
(3) 栄養素等の魅力

- 昆虫はタンパク質が多く、必須アミノ酸をすべて含んでいる。1グラムあたりの栄養成分構成比をみると、コオロギやイエローミルワームのタンパク質構成比は、サーモンや畜肉と同等。また脂肪や食物繊維の構成比も高いとされている。
- 種類やライフサイクルステージによって異なるものの、バッタ等（直翅類Orthoptera）>トンボ類等（Odonata）>ゴキブリ目等（Blattodea）の順にタンパク質含有率が高いとされている。
- アメリカミズアブ（BSF）はエサに腐敗物等を与えても、消化・成長する利点がある。愛媛大学は、イエバエ（*Musca domestica*）のサナギを魚に与えたら、①誘因効果、②成長促進効果、③免疫活性化効果をもたらすことを発見。③の原因物質である高分子の酸性多糖を「シルクロース®」として、愛媛大学発スタートアップの愛南リベラシオが開発。養殖魚の免疫の維持や増体に寄与する効果が期待されている。

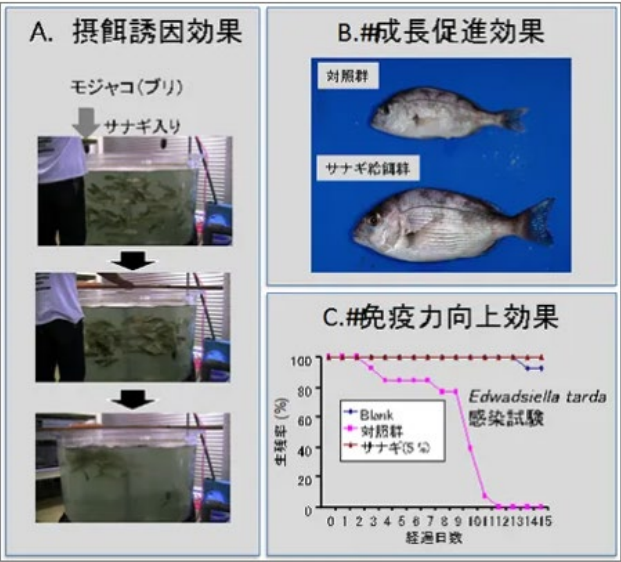
1グラムあたりの栄養成分構成比 (%)

	サーモン	鶏肉	牛肉	豚肉	コオロギ	イエローミルワーム
タンパク質	22.2	22.2	22.5	21.0	21.3	20.3
脂肪	4.7	2.6	8.7	2.2	7.3	13.8
炭水化物	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	3.1
食物繊維	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	1.7

およそのタンパク質含有率
(%、乾燥ベース)



イエバエのサナギをエサとした場合の効果の検証



資料 愛媛大学ウェブサイト

機能性昆虫飼料
「シルクロース®」
(販売は新東亜交易株式会社)



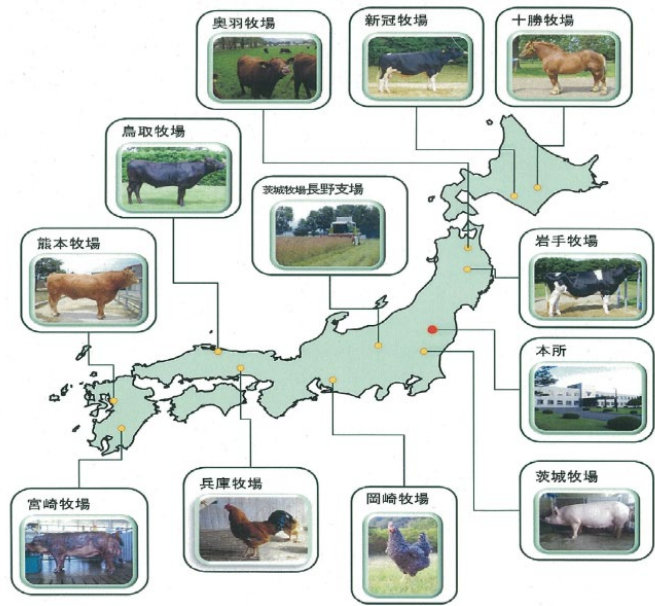
資料 愛南リベラシオン社website

(4) コスト削減や関連制度の整備といった課題解決は重要

- 産業が新しく、養殖コオロギの研究は標準化ができていない。研究者ごとに関心の対象が異なることは課題。
 - Mitchaothai (2022) は、小規模な飼育ユニットでコオロギを飼養し、タンパク質変換効率 (Protein Conversion Efficiency:PCE)、摂取した食物の変換効率 (ECI) = 獲得重量×100/摂取エサの重量 (DM換算効率)、タンパク質または窒素の変換効率を計測。その結果、フィールドコオロギ①とイエコオロギ②で比べると、①は身体のサイズが大きく、成長速度の速さ、飼料転換率 (昆虫が摂取した飼料重量/昆虫の体重増加量 (乾燥前)) も高いものの、生存率が低い。大量養殖には②が向く、との結論。
- 家畜については、飼養体系や品種改良についての各種担当機関が存在するが、昆虫食では関連インフラが手薄。
- 繁殖過程でのコスト削減が課題。魚粉 (200円台/kg) に対し、販売単価は500円台/kg (令和5年度日本水産学会春季大会シンポジウム「水産における昆虫の飼料利用の現在と未来」藤谷氏報告に依拠)。FeedNavigator (2021) は、昆虫由来のタンパク質の単価は、トンあたり4,250米ドル~6,066米ドルのレンジと報じている。
 - 魚粉価格 (名目) は2000年代に上昇し、2010年以降は2000米ドル/トンで推移。

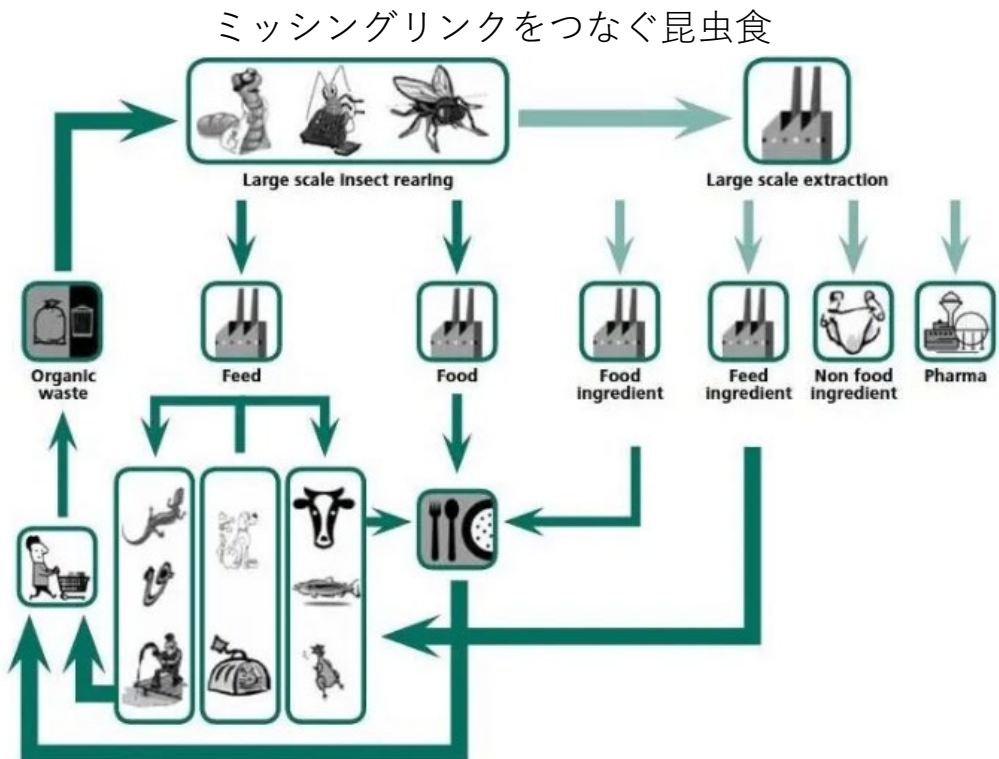
家畜改良では改良センター等の各種担当機関が存在

家畜改良センター各牧場の所在地とその業務



食品廃棄物の利活用によるコスト削減も期待できるが、収集や選別が課題

- 食品ロスをエサに大量養殖した昆虫を食品・飼料に変換できれば、フードサプライチェーンのミッシングリンクがつながる。
- 日本の食品廃棄物量の再生利用等実施率（令和2年度推計値）をみると、食品産業全体で年間1,624万トンの食品廃棄物が発生しているが、その再生利用等実施率は86%と既に高い。一方、発生拠点が分散しているような食品小売業や外食産業からは発生量も少なく、また同率も低い。さらに家庭系廃棄物は年間800万トン発生しており、その9割は再生されていない
 - なお再生利用等とは、食品リサイクル法が規定しており、飼料が主である。
- 小売業や外食産業、家庭といった分散した拠点から、内容が多様な食品廃棄物を昆虫養殖のエサにすることは難しい。昆虫食・昆虫由来飼料の品質（栄養価等）の安定や、微生物学および毒性学的プロファイルを考慮すると、大量養殖の飼料向けの選別は重要であるから(Harsányi et al., 2020; Parry, Pieterse and Weldon, 2020)。



食品産業の食品廃棄物量の再生利用等実施率（令和2年度推計値）

	食品廃棄物等の年間発生量 (万トン)	再生利用等実施率 (%)
食品産業全体	1,624	86
食品製造業	1,339	96
食品卸売業	23	68
食品小売業	111	56
外食産業	151	31

資料 農林水産省「食品廃棄物等の発生量及び再生利用等の内訳（令和2年度推計）」

出典 Van Huis et al.(2013),原資料はM.Peters, 私信（2012）



A Cricket Farm in Mahasarakham Province, Thailand
Image/ Afton Halloran

2. 昆虫食産業の全体像

- (1) 食品原料
- (2) 飼料・肥料原料

http://outbreaknewstoday.com/eating-insects-cricket-farming-can-sustainable-way-produce-animal-source-foods-81692/140237_web/

(1) 食品原料

- 食品としては、小規模で高付加価値な製品を製造する新企業が多い。
- カナダ・ASPIRE社はコオロギを養殖し、食品、飼料、土壌改良剤（肥料）を生産。21年に「EXO Protein」ブランドをHoppy Planet Foods社（従業員3人、昆虫食スナック販売に特化）に譲渡し、ASPIRE社は製造に集中。
- カナダ・ENTOMO FARM社はコオロギを養殖し、コオロギ粉末を植物性代替品PBFの原料として販売（卸売・小売）。従業員は12人程度。
 - フランスでは、協同組合のもと農家を組織化している様子。10万ユーロの投資で、4軒の農場を設置できるとしている。
- 米国・DONBUGITO社はコオロギスナック等の製造・販売を担当。

カナダ・ASPIRE社は、コオロギ養殖し、食品、飼料、土壌改良剤（肥料）を生産。販売は外部に

ASPIRE
— FOOD GROUP —

13年設立のカナダの企業（従業員60人、売上高5百万米ドル）、コオロギ由来の食品、飼料、土壌改良剤の生産に特化

21年にブランド「EXO Protein」を譲渡

19年に米国で設立（従業員3人）。昆虫食スナック販売で、22年に2万米ドル調達。

HOPPY PLANET FOODS

カナダMaple Leaf Foods社（食肉）が出資

カナダ・ENTOMO FARMS社は、コオロギを養殖し、コオロギ粉末をPBF原料として販売（卸売・小売）

ENTOMO FARMS

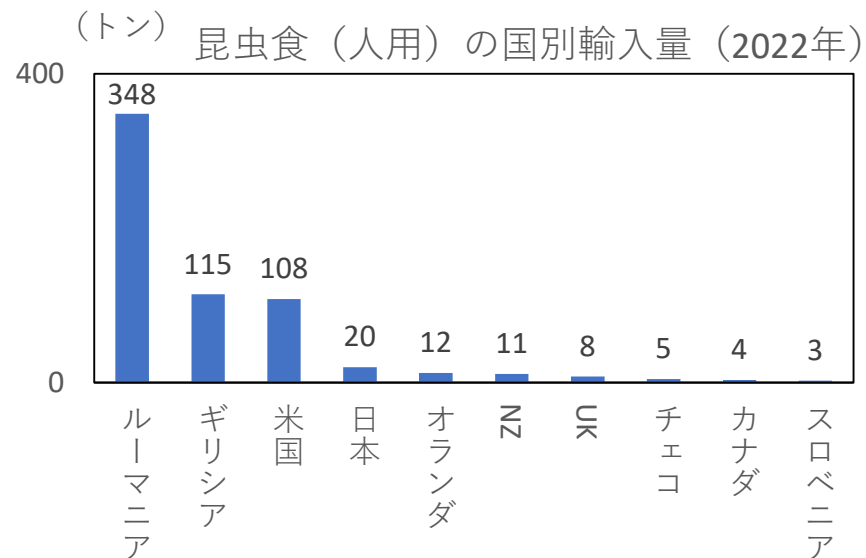
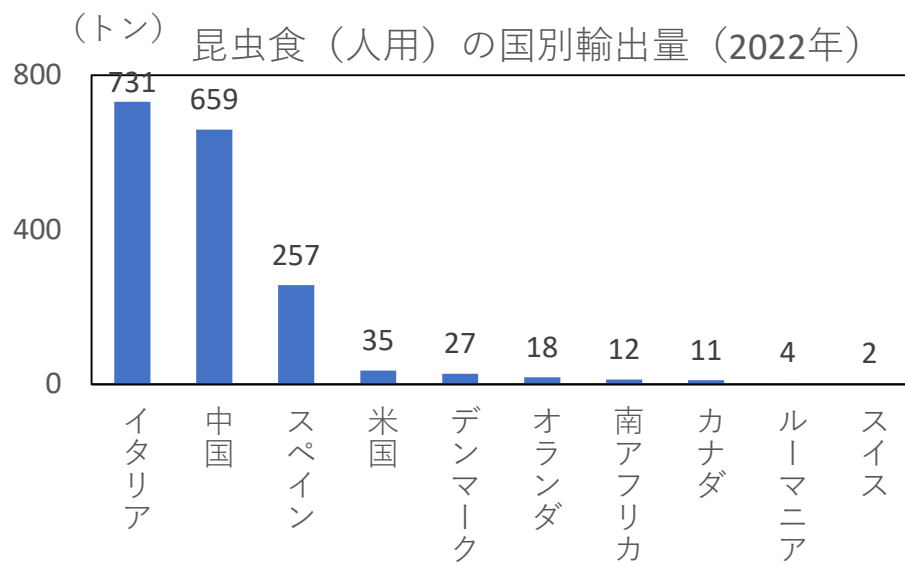
米国・DONBUGITO社はメキシコの先史時代の料理からインスピレーションを受けている。コオロギのスナック等を製造・販売

TASTY EDIBLE INSECT SNACKS!
Farmed and produced in the bay area, Don Bugito is committed to sustainable food practices as well as creating jobs for our community.
[SHOP NOW](#)

DONBUGITO

製品としての昆虫食（人用）の貿易

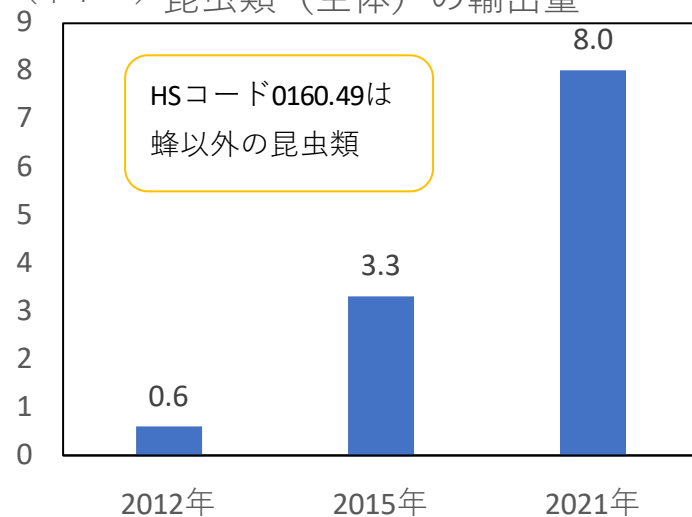
- ❑ WTOのルールの下では、各国が国際取引する食料品の食品安全基準はコーデックス規格に準拠することとなる。このコーデックス規格では、昆虫食の取扱いがない（Anankware, 2021）。
 - ❑ 2010年の第17回アジア地域調整部会（CCASIA）で、食用コオロギや食用コオロギ由来食品に関し、規格作成の提案がなされた。しかし必要となる科学的データが集まらず、実現しなかった（FAO、2021）。
- ❑ HS 2022はHS（Harmonized System：国際的に取引される商品を統一的に分類するために世界中で使用されている6桁の命名法）の第7版。FAOの提案による改正で、第2章（食肉及び食用くず肉）から、食用で生きていない昆虫を除外。第4章（乳製品等）に、食用以外での生きていない昆虫を除外。第4章に人用の昆虫食としてHS0410.10を追加。
- ❑ 22年の昆虫食（人用）の国別輸出量をみると、イタリアが731トンで最大。ついで中国（659トン）、スペイン（257トン）。一方、昆虫食（人用）の国別輸入量は、ルーマニア（348トン）、ギリシア（115トン）、米国（108トン）、日本（20トン）の順。
- ❑ 国別輸出量は上位3位に集中しているが、国別輸入量はルーマニア以外は分散。



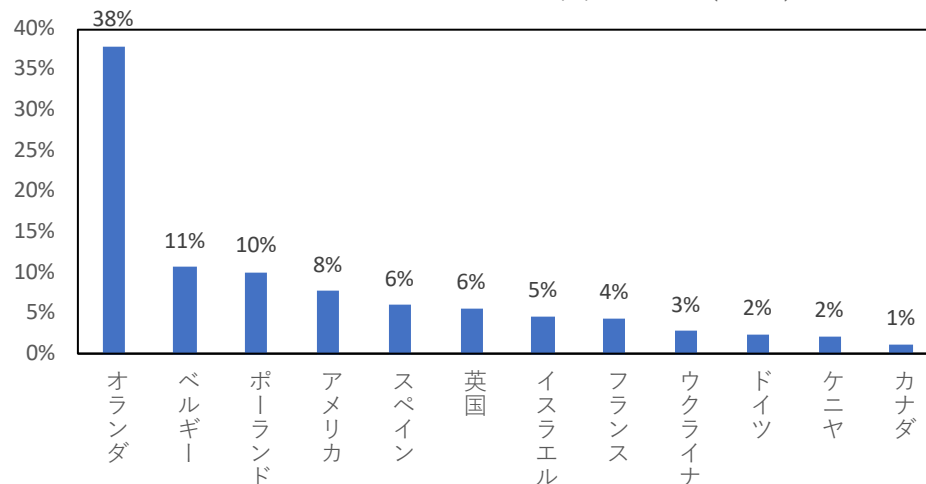
昆虫類（生体）での取引量

- 世界全体での昆虫類（生体）の輸出量が増加している。蜂以外の昆虫類（生体）は、12年の0.6千トンから、15年には3.3千トンとなり、21年には8.0千トンまで増加。昆虫食産業の拡大に伴う動きと思われる。
- 昆虫は種別に含水率が異なる（コオロギは7割、ミルワームは6割ほどか）。
- 国際取引は乾燥の方が取り扱いやすいと思われる。しかし、生体での輸出も選好されている様子。
- 21年では、昆虫の生体輸出量（8.0千トン）において、オランダが38%と多く、ついでベルギー（11%）、ポーランド（10%）、アメリカ（8%）。先進技術を活用した昆虫養殖産業を持つ国が上位に位置している。昆虫食、昆虫由来飼料産業では、衛生管理としてと殺48時間前からエサを与えない方法が採用されている。この48時間を活用し、生体のまま外国に出荷していると推察される。

(千トン) 昆虫類（生体）の輸出量



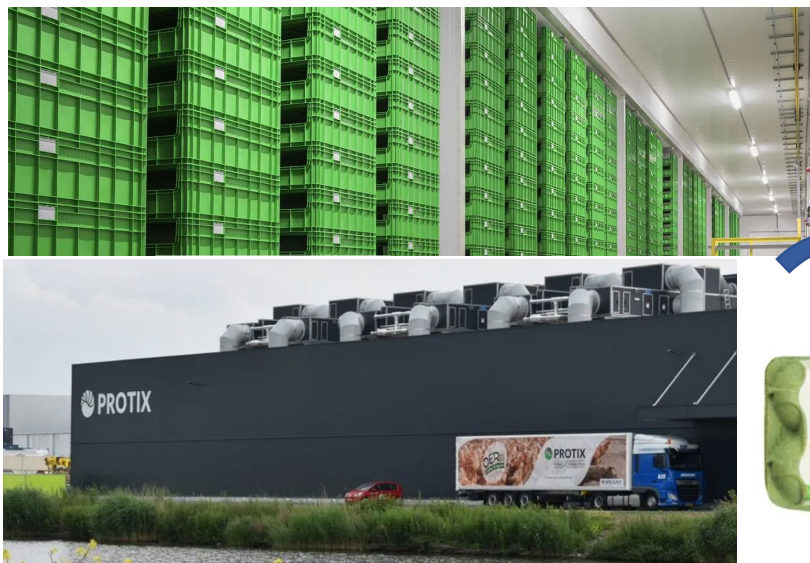
昆虫の生体輸出量に占める国別割合（21年）



(2) 飼料・肥料原料

- 大豆や魚粉と昆虫はアミノ酸プロファイルが類似しているので、代替可能。ただし、ミルワームの飼料コスト削減がネック (Morales-Ramos,2020)。
- Protix B.V. (オランダ)は、EUの支援を受け、ハイテクソリューション、人工知能、遺伝子改良プログラム、ロボット工学の活用を進め、大家畜以外の飼料と肥料を生産。生きた幼虫も出荷している。これは産卵鶏の餌となり、産卵鶏の自然な行動を刺激する。生餌を使った卵は、平飼い等の飼養体系での差別化もあり、「OERei」というブランドでオランダ国内の約600のスーパーマーケットで販売。
- フランスのInnovaFeed社は、16年に設立。アメリカミズアブ (BSF) を養殖し、家畜や愛玩動物向けの飼料や肥料を生産。従業員は350人超で、年間生産規模として昆虫タンパク質1.5万トンと世界最大規模。同社2か所目となる昆虫養殖・製造施設 (20年11月に稼働) では、テレオス社 (製糖企業) の工場と発電量16メガワットの木質バイオマス発電所に隣接し、製糖工場からの廃棄物をエサに、発電所からの廃熱を施設内の温度管理に利用。こうした工場からのエサや熱源のカスケード利用で、同社は年間5万7千トンの二酸化炭素排出量を削減。
 - 同社は、米国ADM社と提携し、世界最大のトウモロコシ加工場である米国ディケーター・サイトに3か所目となる新規生産工場を建設中。

オランダ・Protix社の大量養殖



19年に14,000㎡と世界最大規模の工場を設置。投資額は4,500万€。地元の蒸留所や食品メーカー、野菜採取業者から厳選された有機副産物がエサ。従業員数は150人で、年間売上高は6百万米ドル。



フランス・InnovaFeed社の大量養殖



肥料等での利用の可能性

- 栄養組成と土壌生物活性の増加から、Houben他（2020）は、イエローミールワーム幼虫（*T. molitor*）の固体残さ（Frass）が持続可能な肥料源になる可能性がある」と提唱。
- 土壌から様々な環境汚染物質の浄化を実施するために昆虫を使用する、エントモルメディエーションも注目される（Ewuim、2013）。
- エントモルメディエーションについて、Bulakら（2018）は、カドミウムと亜鉛で人為的に汚染された植物バイオマスの修復を、アメリカミズアブで実証。もちろんこの用途に使われた昆虫は、その後、昆虫食・昆虫由来飼料として使用できない。
- 従って、肥料としての利用でも、昆虫飼育に使うエサが汚染物質を含むならば、その物質が土壌に蓄積される懸念がある。特に、廃棄物処理のために昆虫を飼育し、その糞を回収して農業に利用するような状況下では、このような問題が発生する。さらなる研究 食の安全を確保するためには、さらなる研究が必要（FAO、2021）。
- このほか、昆虫キチンや脂質は、バイオ燃料のほか、食品、繊維、化粧品、医薬品、界面活性剤として使用可能（FAO、2021）。

アメリカミズアブ由来の飼料と肥料



出典

<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=120517>

具体的な昆虫加工処理

- ホソカワミクロン株式会社の関係会社であるオランダ「ホソカワミクロンB.V.」によると、昆虫の加工処理においては、①セパレーターで幼虫と固体残さ（Frass）を分離したのち、②クッカーで加熱し殺菌する。その後、③スクリュープレスで加圧し、水分や油脂を搾り出す。④デカンターで油脂、液体、固体を分離した後、⑤DMRフラッシュミル・ドライヤーで固体を乾燥、粉碎、分級したタンパク質パウダーを生成。⑥ミキサーで分級した昆虫由来タンパク質パウダーのバッチ混合で、最終製品を製造。
- 昆虫加工において温度管理は重要。オランダのホソカワミクロンB.V.のDrymeister (DMR) flash mill dryerには業界からの注目度も高い。
- 伝統的、商業的な加工処理方法は、昆虫の種類別に異なっている。

ホソカワミクロン株式会社のDrymeister (DMR) flash mill dryer



湿粉、粘土状、ケーキ状原料ドライマイスター（DMR）フラッシュミル乾燥機は、その独自の設計により、ミルディスクと分級ホイールの回転数、プロセスエアフロー、供給量、入口温度と出口温度などの幅広いパラメータを正確に調整し、乾燥室内の曝露時間を慎重に管理。これにより、粒子が底部のミルディスクからチャンバー上部の回転する分級ホイールへと上昇する際に、最適な製品温度を維持できる。幼虫では製品温度を60度以下に保つことは重要。

出典 <https://www.hosokawa-micron-bv.com/industries/food/processing-insect-based-proteins.html>

昆虫食の伝統的、商業的加工処理

Insect species	Cooking or processing method used	References 文献
<i>Alphitobius diaperinus</i> (beetle) 甲虫	Boiling (submerged in boiling water),	Wynants et al. (2018), Grabowski and Klein (2017), Fombong, Van Der Borgh, and Vanden Broeck (2017), Purschke, Brüggem, Scheibelberger, and Jäger (2018), Kamau et al. (2018), Ssepunya, Aringo, Mukisa, and Nakimbugwe (2016), and Nyangena et al. (2020)
<i>Ruspolia differens</i> (grasshopper) バッタ	blanching, steaming, sautéed	
<i>Tenebrio molitor</i> (yellow mealworm)	ゆでる、漂白、蒸す、炒める	
<i>Archea domestica</i> (house cricket) イエコオロギ	エローミルワーム	
<i>Ruspolia nitidula</i> (grasshopper) バッタ	Drying (sun/solar, oven, freeze-drying, pan-fried, fluidized bed,	
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (palm weevil) ヤシゾウムシ	microwave-assisted drying)乾燥（日光等）冷凍、揚げ、流動化	Tiencheu et al. (2013), Fombong et al. (2017), Purschke et al. (2018), Alves, Sanjinez-Argandoña, Linzmeier, Cardoso, and Macedo (2016), Bußler et al. (2016), Wynants et al. (2018), Vandeweyer, Lenaerts, Callens, and Van Campenhout (2017), Kröncke, Bösch, Woyzichowski, Demtröder, and Benning (2018), de Oliveira, da Silva Lucas, Cadaval, and Mellado (2017), and Hernández-Álvarez, Mondor, Piña-Domínguez, Sánchez-Velázquez, and Melgar Lalanne (2021)
<i>Ruspolia differens</i> (longhorn grasshopper) キリギリス		
<i>Tenebrio molitor</i> (yellow mealworm) イエローミルワーム		
<i>Polyrhachis vicina</i> Roger (Black ant) クロ蟻		
<i>Nauphoeta cinerea</i> (speckled cockroach) まだらゴキブリ		
イエコオロギ <i>Acheta domestica</i> (house cricket)	Enzymatic proteolysis; sonication,	Hall et al. (2017), Zhao, Vázquez-Gutiérrez, Johansson, Landberg, and Langton (2016), Mishyna, Martinez, Chen, and Benjamin (2019), Zielińska, Karaś, and Baraniak (2018), Mendoza-Salazar et al. (2021), Carcea (2020), Otero, Gutierrez-Docio, Del Hierro, Reglero, and Martin (2020), Del Hierro, Gutiérrez-Docio, Otero, Reglero, and Martin (2020)
サバクトビ <i>Schistocerca gregaria</i> (desert locust)	fermentation, ultrasound-,	
バッタ <i>Spodoptera littoralis</i> (leaf worm),	pasteurized-liquid, and microwave-assisted extractions, extrusion	
コオロギ類 <i>Gryllobates sigillatus</i> (tropical banded cricket)	酵素的タンパク質分解、超音波処理、発酵、超音波/パ	
<i>Tenebrio molitor</i> (yellow mealworm) イエローミルワーム	スチャライズド液体化等	

出典 Liceage (2022) から作成

3. 社会受容

- (1) 見た目や食味等の抵抗感
- (2) 社会受容を高める各種対策

(1) 見た目や食味等の抵抗感

- ❑ 昆虫食については宗教で禁忌となっている場合もある。
- ❑ イスラム教はコーランで昆虫食を禁止しているが、バッタはOK（自然死したもの以外）。キリスト教ではイナゴ類、オオイナゴ類、コイナゴ類、ハタハタ類（翻訳によって諸説ある）はOKで、それ以外は禁止。（三橋、2020）。
- ❑ フードテック関係のウェブサイトでは、ユダヤ教ではバッタ（本来はイナゴか？）が宗教的禁忌の対象ではないと紹介されている。
- ❑ しかしユダヤ教の聖書に相当する「Torah」における禁忌の対象についての解釈では諸説あり、安易に対象外とできない。ルールはあいまいな表現であり、食べて良いと明確に記されているわけではない。過去にイナゴ禁止令が出されており、それを順守する教徒も多い様子。

イスラエルのスタートアップHargol

FOODTECH TREND NEWS

Foody TOPICS

イスラエルで唯一バッタの昆虫食に開発をするスタートアップ企業Hargol

Food Tec Info

2021年1月12日掲載、2021年12月14日更新



ユダヤ教でのコーシャバッタに関する考え方

コーシャバッタの目印はユダヤ教の聖書「Torah」に記されている。Mishnah（Rabbi Yehudah HaNasi（紀元前200年頃）が著した最初の口伝律法の編纂物）が、その兆候を要約。

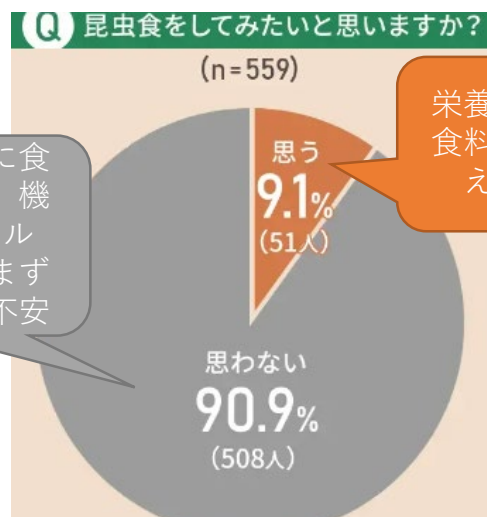
イナゴの場合：4本の脚、4枚の翼、跳躍する脚、体の大部分を覆う翼があるものはすべてコーシャである。こうした徴候+「チャガブ（イナゴ）」という名前をもつことが重要。聖書の要約「タルムード」によれば、バッタやイナゴのうち、コーシャでないものは800種。コーシャは8種しかない。

資料 https://www.chabad.org/library/article_cdo/aid/4624319/jewish/Why-Are-Grasshoppers-Locusts-Kosher-for-Some-Jews.htm

- 人は食に対しては保守的。異物を体内に取り込むことはリスクを負った危険な行為であり、保守的となるのは当然。一方で、それだからこそ、人が食べないものを食べてみたいという好奇心があり、変わったものを食べたと自慢したくなる（黒倉、2014）。雑食動物は未知の食べられそうなものに出会うと、食物新奇性恐怖と食物新奇性嗜好という二つの感情の対立（“雑食動物のジレンマ”）をもつ（吉村、内山、2022）
- 昆虫食を受容すると回答する消費者は少数派。欧州諸国（ベルギー・ハンガリー・ドイツ）における調査では「昆虫を肉の代替物として摂取したい」と回答した割合は20%未満（Gere, Székely, Kovács, Kókai, & Sipos, 2017; Hartmann & Siegrist, 2017b; Verbeke, 2015）。スイスとドイツで行った調査では、昆虫食を食べたことがある割合も20%未満（Lammers, Ullmann, & Fiebelkorn, 2019; Schlup & Brunner, 2018）。
- 日本では、2020年5月に無印良品が「コオロギせんべい」を発売開始し、完売。その後ウクライナ危機後、フードナショナリズムの台頭で輸出規制の措置件数が増えるなどして、食料安全保障が危ぶまれるなか、日本では昆虫食に対する強い拒否反応がみられた。

以上のように、国民に十分な周知や合意形成が図られる以前に政府は「昆虫食」推進の道へ歩み始めつつある。背景にあるのは、錦の御旗のような「SDGs推進」であることも明らかだが、長年にわたる人類、そして日本人の営みと叡智の中で蓄積、形成されてきた「何をどう食べるのか」、「健康で安全な食とは何か」を柱にした食文化に、歴史的な経緯から見て全く異質なものを持ち込むような「昆虫食」の有無も言わさぬような推進には強く違和感を覚える。

トレンドリサーチ社による昆虫食への意向



栄養価の高さ、食料危機への備え、好奇心

気持ち悪い、他に食べるものがある、機会がない、アレルギーへの懸念、まずそう、衛生面の不安

20年5月に発売開始した際、無印良品のコオロギせんべいは完売

23年初頭からの食用コオロギへの拒否反応

高校やグリラスに寄せられた批判の声	
高校：3～40件 県教委：50件程度 グリラス：4～50件程度の電話など	
給食で子どもに昆虫食を強要するのか	
アレルギーや健康被害が起きたらどう責任取るんだ	
➡電話はほぼすべて県外の人から保護者などはゼロ(高校関係者)	

出典 <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000122.000087626.html>

(注) トrendリサーチ社が2022年2月17日～2月28日に男女800人を対象に実施。

社会受容を進める/阻む各種のファクター

- 昆虫食の社会受容に関する研究は近年盛り上がっている。19年以降に論文数が増加（Kröger et al.(2022)）。
- 心理的因子としては、嫌悪感・好奇心/関心・食物新奇性恐怖food neophobiaがある（元木他、2021）。
 - 嫌悪感：汚染・感染の可能性がある刺激に対して抱く感情で、不快感や吐き気等を誘発。
 - 食物新奇性恐怖：これまでに経験したことのない食品を食べるのが怖いという気持ち。幼少期初期に開始。加齢とともに低下。ただし成人しても残り、個人差ある。
 - 好奇心：知覚的好奇心（Perceptual curiosity）。新奇な感覚刺激への動機づけであり、刺激希求。
- 社会的リスクとして、他者からの否定的評価を招くという認知も（元木他、2021）。
〔西欧社会での昆虫食の受容に関する各種ファクター〕

性

性別で食習慣は異なる。119研究中、52研究で言及あり。男性らしさは受容に前向き。一方、1/3の研究は無関係と結論。昆虫の品種にも寄る。

居住地

伝統的な食文化が根強く残っているところほど、食に保守的。しかし研究しつくされていない。明確な結果がない。都会ほど受容するという研究結果も。

収入・職業

受容性の違いはない。

年齢

若年層の方が受け入れるという研究もあるし、関連性はない、との研究結果も。むしろ高齢で一人暮らしになると、食の選好がより自由で挑戦的になる（つまり高齢者ほど受容する）との結論もある。

国籍、民族、海外旅行の経験

イギリスやスペインの方が、ブラジル、ドミニカ共和国より受容性が高いという研究結果はある。研究が標準化されておらず、比較が難しい。民族による違いはない。北米、南米、アジアの旅行経験があるポーランドの消費者は受容性が高いという研究結果も。

人格

外向的、オープンさは刺激を求めるため受容性は高い。同調性の強さは影響しない。誠実さや神経質は受容性が低い。

教育

はっきりした結果がない。高学歴ほど受容するという研究結果はあるが、教育の度合いを各種資格の取得状況で計測するしかなく、それが正確かは不明。

宗教

欧米の消費者では宗教による受容性の違いは少ない。一方、インドの消費者では、宗教（ヒンドゥーは菜食）による受容性の違いは大きい。

各種感覚

社会性

食習慣（肉を食べない）

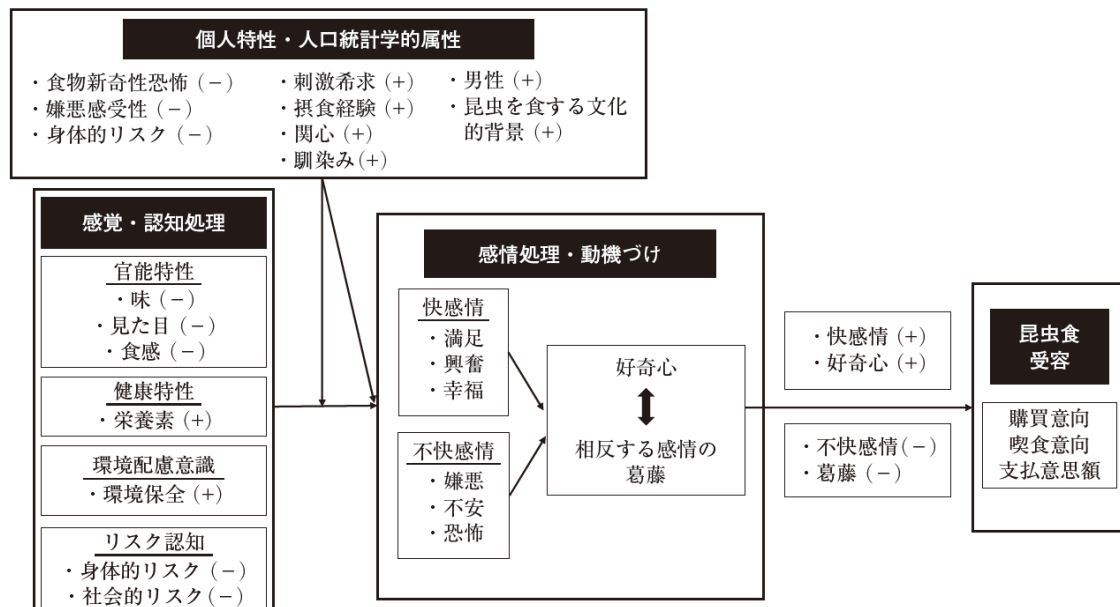
商品特性

商品の情報

(2) 社会受容を高める各種対策

- 元木他（2021）は、快感情（満足、興奮、幸福）が不快感情（嫌悪、不安、恐怖）を上回った場合、好奇心もあり昆虫食の消費行動が発生すると指摘。
- 吉村等（2022）によると、需要傾向（食物新奇性嗜好）の強さは、「幼児期にさまざまな種類の食品に出会った経験」がポジティブに影響する。また、人間の場合は“情報の美味しさ”として、好奇心に富んだ食物新奇性嗜好の強い人たちがSNS等で情報発信し、裾野を広げる役割を果たす。
- 昆虫食の社会受容を高めるには、環境配慮意識に訴える、味や見た目、食感といった不快感情を引き起こす要素を取り除くことが重要。
- 例えば、イギリスのEat Grub社や日本の無印良品の昆虫食商品は外形からは昆虫らしさがみえない。また、ウェブサイトにおける商品説明や商品ラベルで、環境配慮意識に訴えかけている。
- 昆虫由来飼料として間接的に消費を増やす方がスムーズ。

昆虫食の受容に関する心の動き

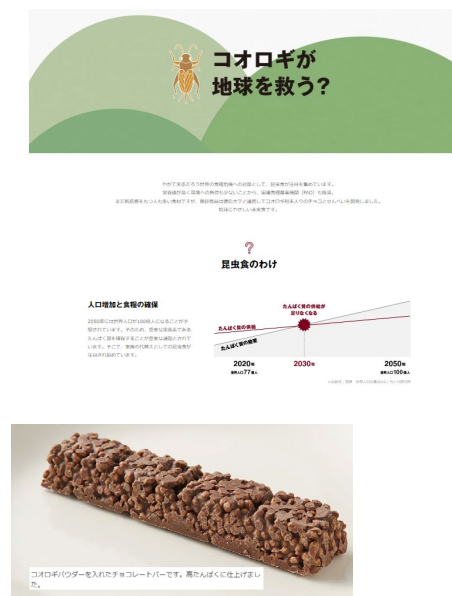


出典 元木他（2021）

商品の外形と環境配慮をPR



出典
<https://www.eatgrub.co.uk/product/cricket-protein-powder-cricket-flour/>

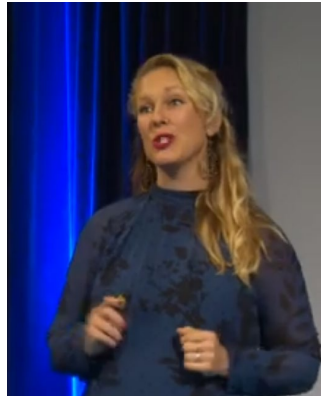


出典 無印良品ウェブサイト

昆虫食（人用）の製造販売では、高付加価値製品を豊かなストーリー付で販売

- 米国のBitty Foods社はコオロギ粉末を使った焼き菓子を供給。同社は、試験管で生まれた培養肉ではなく、自然な代替タンパク質として昆虫食を供給するために設立。Unreasonable Impactに選抜されている。
 - Unreasonable Impact：バークレイズ証券とアンリーズナブル社による共創プログラム。スタートアップ企業を毎回10社程度選抜。プログラム参加後、5年間で、各企業が500人以上の雇用を創出する状況を実現するため、参加するベンチャー起業家に対して、両社が有するリソース、メンターシップ、グローバルなサポートネットワークを提供。
- Bitty Foods社は、昆虫食が引き起こす不快感情払しょくのため、商品の美しさや親しみやすさを高めることに注力。
- Don Bugito社は、創立者の文化的背景から、メキシコの昆虫食文化と新規食品としての魅力を組み合わせた製品を提供。価格も安価。伝統的な昆虫食文化が裏打ちすることで、昆虫食がもたらすネガティブな心理的因子からの影響削減に注力。

Bitty Foods社のMegan Miller代表



コオロギをどのくらい語れるかが重要。10万匹のコオロギの養殖は悪夢。私たちのブランドに関連するものはすべて、とても美しく、快適で、親しみやすいものとしている。人々の摩擦を減らそうとしている
(bthechange.comの2016年のインタビューより)

118万\$の資金を調達



出典 Unreasonable Impactウェブサイト



ドン・ブギト社の設立は、創立者であるMonica Martinezの文化的遺産に由来。同氏はメキシコ出身で、食用昆虫を「パワーフード」として食べる豊かな食文化と、健康的で持続可能な栄養価の高い特質を組み合わせた、パワースナックを製造。

コオロギのチョコレートコーティングしたもの
(6.99\$/230g)。日本より安価（例：TAKEO社、1280円/10g）



出典 Don Bugito社ウェブサイト



4 .地域別の規制動向

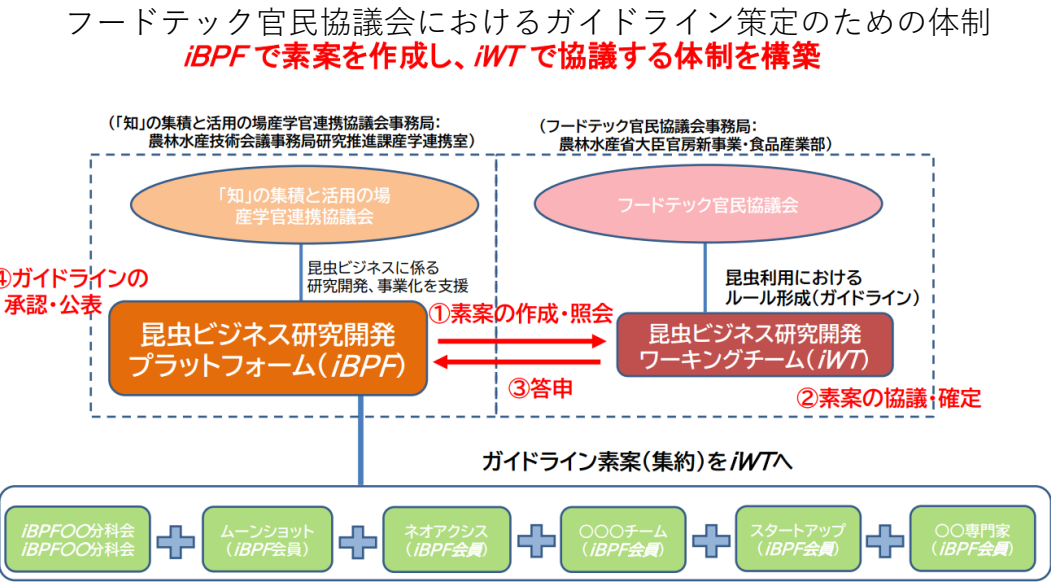
- (1) 生産管理の課題
- (2) 日本
- (3) EU
- (4) 米国
- (5) 日本以外のアジア

(1) 生産管理の課題

- 昆虫食において重要なのは、①食品や飼料の安全性、②動物福祉、③GM・遺伝子編集、④製品ラベル（表示）やアレルギーへの注意、⑤栄養や健康強調表示（Lähteenmäki、2021）。
- Wynants ら（2017）によると、48時間の飢餓とそれに続く水洗のようなポストハーベスト慣行が、昆虫に影響を与えない。
- セレウス菌（*Bacillus cereus*）といった芽胞形成菌は熱にも乾燥にも強い。昆虫の熱処理後の冷却が不十分な場合、芽胞の発芽条件が整いやすくなることがある（FAO、2021）
- 欧州食品安全機関（EFSA）によると、昆虫食・昆虫由来飼料による健康リスクは、**昆虫の種類やそのエサ、さらには昆虫の飼育、収穫、加工方法**で異なる（EFSA Scientific Committee, 2015; EFSA NDA Panel, 2021）。
- 昆虫の病原性微生物（entomopathogenic）は系統の違いからヒトや動物には無害とされている。しかし、特に衛生管理が不十分な条件下では、ヒトや動物の健康に有害な様々な微生物の媒介となり得る。また、食用昆虫を通じて人獣共通感染症がヒトに感染するリスクは低いと思われるが、このテーマでは、食品や飼料に対する潜在的なリスクを明らかにするために、さらなる研究が必要である（Dicke et al., 2020年）。
- 薬剤耐性菌AMRを昆虫がトランスファーしてしまうリスクはある。最近の研究では、食用昆虫由来の細菌にAMR遺伝子が存在することが明らかになっている（Roncolini et al., 2019; Vandeweyer et al., 2019）。農薬散布された農産物廃棄物をエサにすると汚染される。有害金属、ダイオキシン等。ふん尿をエサにするとAMR汚染。
- 酵母（*Tetrapisispora*, *Candida*, *Pichia*, *Debaryomyces*の近縁種を含む）、カビ（*Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phycomycetes*, および *Wallemia*の種）。食用昆虫の体表や腸内に存在する微生物叢に関連するものである。食用昆虫の腸内に存在し、有害である可能性がある（Rumpold and Schlüter, 2013; Osimani et al., 2017a; Schlüter et al., 2017; Kooh et al., 2019）。
- カンピロバクターとサルモネラは、罹患した家畜と密接に接触した昆虫からも分離される。また、加工処理において、湿度の高い地域で日光乾燥を行った昆虫は、微生物群を付着させている可能性がある（FAO、2021）。

(2) 日本

- 食品一般についての規格基準では、衛生管理で注意を要する食品等について特別に個別品目として設定される。しかし、昆虫関連の食品は、そのような設定はなされていない。昆虫食品としての加工工程は、基本的に他の食肉製品と同様と捉えてよいだろう。ただ、雑食性の昆虫では、与える飼料の管理が必要であり、今後一定の基準を設けるべきであろう（水野、2021）。
- 「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画・フォローアップ（令和4年6月7日閣議決定）」で、「フードテック官民協議会において、2022年度中にフードテック推進ビジョンとロードマップを策定する」とされ、マーケット創出のための戦略的なルール作りを推進するとある。令和5年度予算で、厚労省と農水省で安全性確保については研究事業を実施し、食品安全委員会で食品健康影響評価を実施する予定。
- フードテック官民協議会が、22年度にコオロギの生産ガイドラインを策定。その他の昆虫についても順次ガイドラインが追加される見込み。



出典 農水省「フードテック官民協議会 第4回提案・報告会（22年3月）」

昆虫食に関するガイドライン策定の今後の見込み

ロードマップ 昆虫食・昆虫飼料

取組	実施時期			対応者
	2022年度	2023年度	2024年度～	
プレイヤーの育成（技術開発の促進やスタートアップの育成）				
大量生産段階に移行するための、昆虫飼養管理及び製品化システムの技術開発や、コストダウンに向けたプラント仕様の実証				民間企業 研究機関
昆虫飼料の養殖魚（魚種ごと）、豚、家きんへの給餌適性の把握				民間企業 研究機関
マーケットの創出（ルール作りや消費者理解の確立）				
安全性確保のための生産ガイドラインの作成による、業界全体への消費者からの信頼性の確保				
コオロギの食品及び飼料原料としての利用における安全性確保のための生産ガイドライン				業界団体 農林水産省
他の昆虫についてのガイドライン				業界団体 農林水産省
昆虫食・昆虫飼料のメリットや意義の発信				業界団体

出典 農水省ウェブサイト

コオロギ生産ガイドライン（令和4年7月22日）

- 日本の昆虫養殖企業の多くがGLを順守。GLは農業生産工程管理（GAP）に類似。
- 対象は4種（エンマコオロギ、タイワンエンマコオロギ、フタホシコオロギ、ヨーロッパイエコオロギ）。生産・管理・収穫が対象。既存の制度（家畜伝染病予防法施行規則（飼養衛生管理基準）や食品衛生法、飼料安全法等）の順守を昆虫養殖業者に求めている。
- 一方、既存の制度では昆虫養殖を想定していない。
 - 例えば、施設から昆虫が逃げ出したとする。GLはiBPFへの報告を求める。
 - ゲノム編集で大量管理しやすい品種開発は進められている。そうした品種が逃げ出した場合を想定し、環境省「ゲノム編集技術の利用により得られた生物であってカルタヘナ法に規定された「遺伝子組換え生物等」に該当しない生物の取扱いについて（平成31年2月8日）」に従い、使用等に先立ってその生物の特徴及び生物多様性影響が生じる可能性の考察結果等について、農水省への報告が義務付けられている。
- GLに加えて、既存の制度が昆虫養殖産業を含めて設計されているか、という点は重要。

生産ガイドラインにあるチェックリスト（抜粋）

3 生産設備	
3.1 生産物の散逸対策、有害化学物質等による汚染、病害虫又は病原微生物の発生及び異物の混入への対策並びに転倒や火災等の防止のための対策等が講じられているか	(はい・いいえ)
3.2 コオロギの飼育に用いる器物は、耐久性のある素材で構成され、かつ、管理や清掃が容易であるか(推奨)	(はい・いいえ)
4 生産管理	
4.1 生産・管理・収穫方法、衛生管理、安全・労務管理、環境対策および記録・情報管理等、生産管理工程における各種業務に関するマニュアルを作成しているか(推奨)	(はい・いいえ)
4.2 生産するコオロギは、健康かつ入手経路が明瞭である個体群を選択しているか	(はい・いいえ)
4.3 コオロギに給餌する飼料の劣化、汚染及び異物混入等に細心の注意を払って管理しているか	(はい・いいえ)
4.4 生産場で使用する水源は、有害化学物質等による汚染、病害虫又は病原微生物の発生及び異物の混入がないことを確認しているか	(はい・いいえ)

出典 農水省ウェブサイト

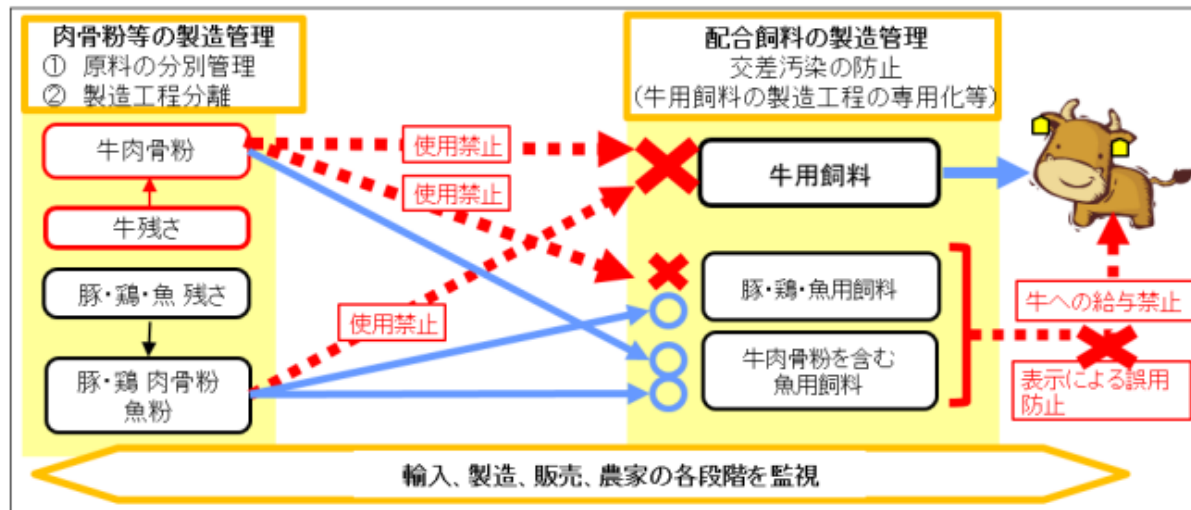
ムーンショット型農林水産研究開発事業「地球規模の食料問題の解決と人類農中進出に向けた昆虫が支える循環型食料生産システムの開発



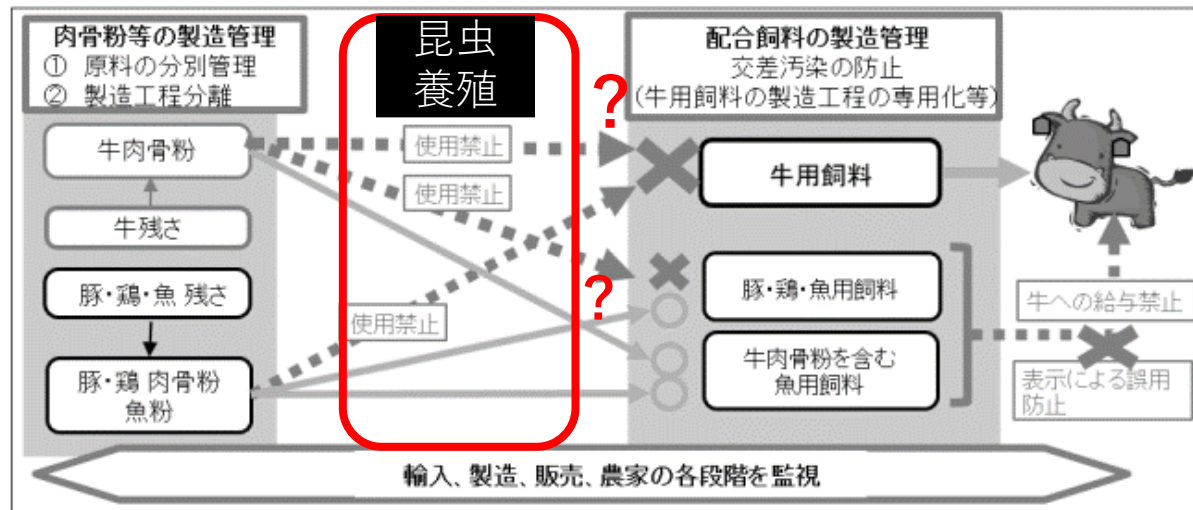
例えばBSEに関する飼料規制の概要

- ❑ GLは、昆虫養殖業者に対し、食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律、飼料及び飼料添加物の成分規格等に関する省令、飼料等の適正製造規範（GMP）ガイドライン、飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律（飼料安全法）等の順守を求めている。
- ❑ しかし、飼料や畜産物、食品を対象とする法制度は、昆虫食、昆虫由来飼料を前提としていない為、昆虫養殖業者が完全に予見性をもって事業発展するのに支障をきたす可能性もある。
- ❑ 例えば、農水省「BSEに関する飼料規制の概要」は、BSEの感染源となりうる原料（肉骨粉、魚粉、動物性油脂等）を牛用飼料に使うことを規制しているが、原料としての昆虫は想定されていない。また、牛肉骨粉をエサに養殖された昆虫を与えて良いのか、という判断も明らかにしていない。
- ❑ これは動物薬に関する規則についても同様。
- ❑ 市場の拡大とともに制度の整備は期待できる。しかし、こうした分野で国際市場における日本の存在感を高めるには、国内の関連企業の健全な発展に資する制度整備の先行が望ましい。

農水省「BSEに関する飼料規制の概要」での反すう動物への肉骨粉等の使用禁止



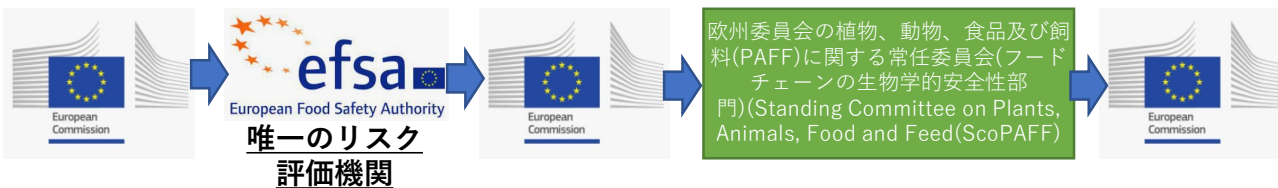
現行制度では、肉骨粉等を与えた昆虫を飼料とすることが可能かは不明



(3) EU

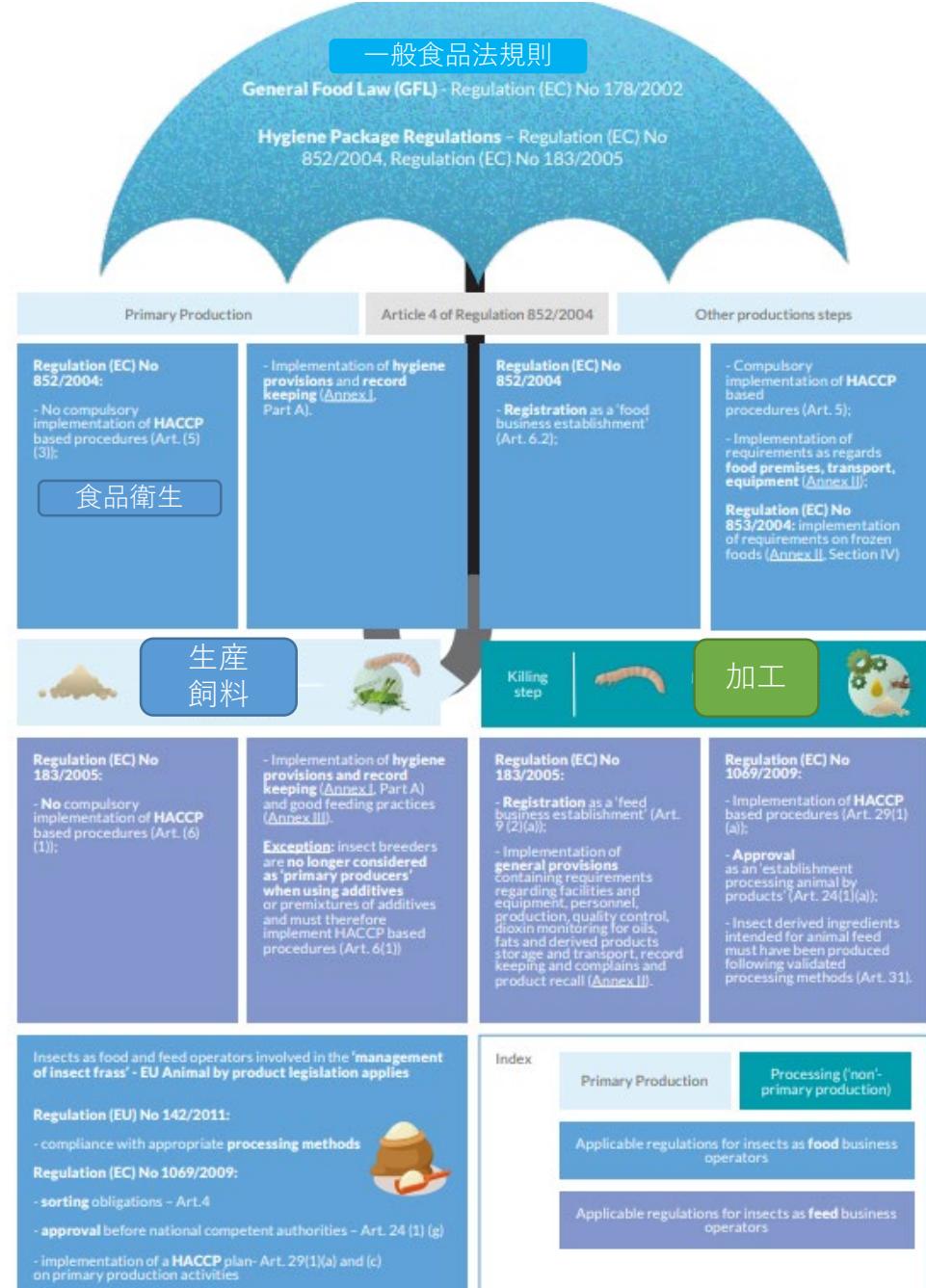
- 新規食品 (Novel Food) は、1997年以前にEU域内で人が消費していなかった食品・食品原料を指す概念。15年公布のEU規則No.2015/2283が18年に施行し、昆虫食は新規食品として規制を受けるように。
- EU規則No.2015/2283は、①EU域内で製造された昆虫食、②第三国由来の伝統食品としての昆虫食の輸入が対象。とくに①は（②も必要に応じて）、EFSAによる厳格な科学アセスメントの結果をもって、EU域内市場での新規食品の販売許可を行う。
- 各加盟国は、欧州委員会の植物、動物、食品及び飼料(PAFF)に関する常任委員会(Standing Committee on Plants, Animals, Food and Feed : SCoPAFF)に参加し、意見を述べる。
- 昆虫食関連企業は、この新規食品としての昆虫食産業向け各種規則に則り、販売許可を得る必要がある。ただし、2018年1月1日に合法的に販売されていた昆虫食品で、2019年1月までに新規食品としての申請が行われた場合、欧州委員会が決定を下すまで、引き続き販売することができる（移行措置）。
- 衛生管理等に関してはHACCPに準じた管理が義務付けられている。一般の食品関連企業として、企業開示や一般食品法の規制を受ける。
- [Training and support \(europa.eu\)](https://europea.eu)が、動画等の情報提供により、電子版申請をサポート。

検証や妥当性の確認に関与する機関



出典 各機関ウェブサイト

EUの昆虫食・昆虫由来飼料に関する各種ルール

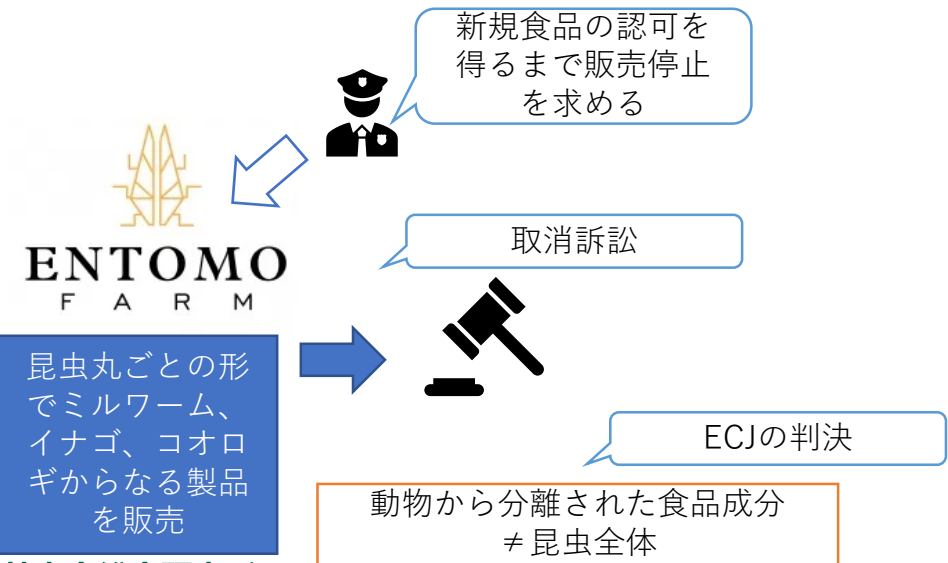


出典 IPIFF「衛生管理に関するガイド」

No258/97からNo2015/2283への変更点－昆虫丸ごとを食用に販売することも規制－

- 2016年にフランスEntomo社が、新規食品としての認可を受けていないことを理由に、昆虫食の販売停止を求められた。対して、Entomo社は命令取消の訴訟を起こした。
- 2020年の欧州司法裁判所の判決（*C-526/19 Entoma SAS v Ministre de l'Économie et des Finances, Ministre de l'Agriculture et de l'Alimentation, judgment of 1 October 2020*）により、EU規則No. 258/97は「動物から分離された食品成分」にのみ言及しており、昆虫を丸ごと食品として販売する場合はその対象ではないとされた。
- 食品成分という用語は、一般により大きな複合最終製品（食品）の構成要素を指す。昆虫を含み、そのまま消費される動物全体からなる食品は、EU規則No. 258/97の対象外である。
- こうした経緯を経て、EU規則No.2015/2283では昆虫全体についても対象とするようになった。
- 新規食品に関する規制の難しさを表す一例と思われる。

ENTOMO社によるEU規則No. 258/97の対象範囲についての訴訟経緯



EU規則No. 258/97とNo.2015/2283の対象範囲の違い

	規則(EC)No 258/97	規則(EU)2015/2283
昆虫全体	対象外	範囲内
全昆虫の部位および全昆虫から加工された食材（全昆虫粉など）。	対象外*です。	範囲内
昆虫全体（の一部）以外の成分（昆虫エキスなど）	範囲内	範囲内

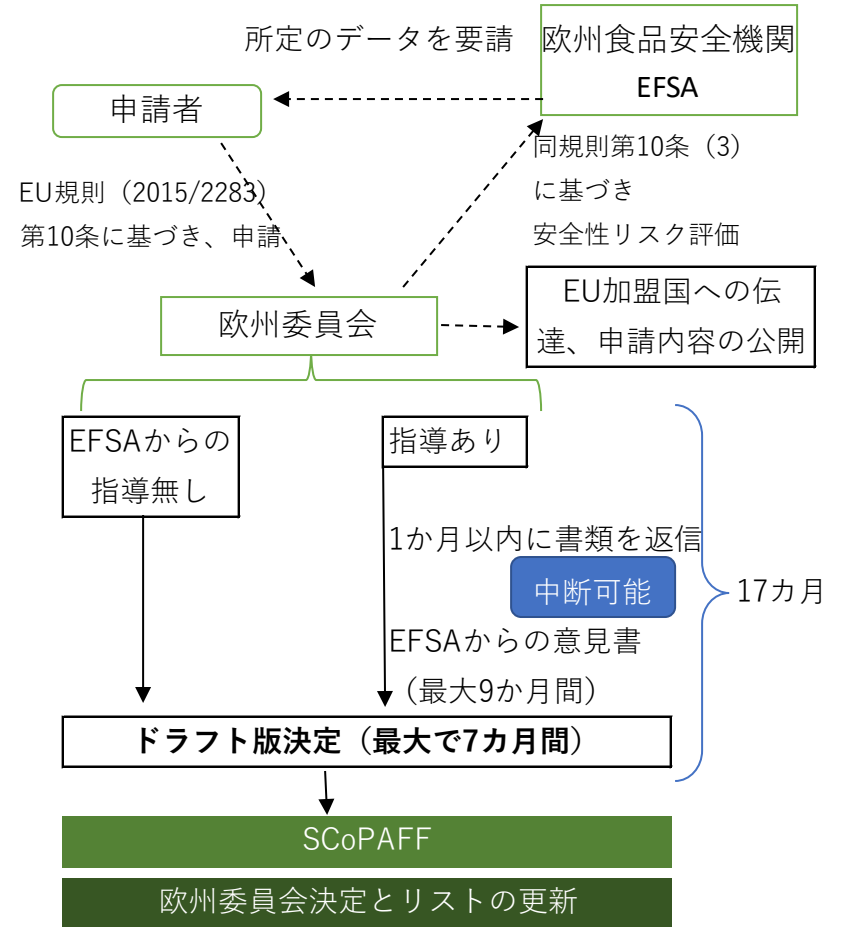
昆虫丸ごとでも対象に

①EU域内で製造された昆虫食に関する販売許可の申請applications

申請者は各種科学データを欧州委員会に提出。手続きには17カ月ほど必要。

〔提出する科学的データ〕

- アイデンティティ（化学物質の場合：化学物質名、cas 登録番号、化学構造式等／動植物の場合：学名、一般名、利用部位、原産地等／細胞・組織等の場合：起源となる生物の種類、部位、研究所名等）。
- 製造工程
- 組成データ（compositional data：物理化学的、生化学的、微生物学的特性を含む当該新規
- 食品の組成（composition）に関する量的・質的データ）
- 仕様（specifications：アミノ酸、タンパク質、脂質、炭水化物、無機イオン、ポリフェノール、アルカロイド等、当該新規食品を特徴づける主要なパラメーターとそれらの上限値など）
- 新規食品および／またはその原料の使用の歴史
- 想定される用途と予想摂取量
- 吸収、代謝、排泄に関するデータ
- 栄養素に関する情報
- 毒性に関する情報
- アレルギーに関する情報
- EFSA のガイダンスで求められる付属書（用語や略語の解説、分析結果等の証明書（該当する場合）、関連する全ての科学的データの写し（公表済みか未公表かを問わない）、関連する全ての研究報告書、国内外の規制当局の科学的意見）



資料 IPIFF「衛生管理に関するガイド」より作成

販売許可 – the Union's list of NF –

- 21年8月時点で、合計17件の昆虫新規食品申請をEFSAは受理している。21年に、第1号目として乾燥イエロー・ミールワームの販売を許可（EAPグループのみ）。
- 22年に、冷凍、乾燥、粉末状イエロー・ミールワームの新規食品としての販売を許可（Fair Insects BV社のみ）。
- 新規食品として、科学的データを提供できる企業は、申請データの保護を希望するので、販売許可から5年間は専売状態となる。

(1) in Table 1 (Authorised novel foods), the following entry is inserted in alphabetical order:

Authorised novel food	Conditions under which the novel food may be used		Additional specific labelling requirements	
Dried <i>Tenebrio molitor</i> larva (yellow mealworm)	Specified food category	Maximum levels	<ol style="list-style-type: none">The designation of the novel food on the labelling of the foodstuffs containing it shall be "Dried <i>Tenebrio molitor</i> larva (yellow mealworm)".The labelling of the foodstuffs containing dried <i>Tenebrio molitor</i> larva (yellow mealworm) shall bear a statement that this ingredient may cause allergic reactions to consumers with known allergies to crustaceans and products thereof, and to dust mites. This statement shall appear in close proximity to the list of ingredients.	Authorised on 22 June 2021. This inclusion is based on proprietary scientific evidence and scientific data protected in accordance with Article 26 of Regulation (EU) 2015/2283. Applicant: SAS EAP Group, 35 Boulevard du Libre Échange, 31650 Saint-Orens-de-Gameville, France. During the period of data protection, the novel food is authorised for placing on the market within the Union only by SAS EAP Group, unless a subsequent applicant obtains authorisation for that novel food without reference to the proprietary scientific evidence or scientific data protected in accordance with Article 26 of Regulation (EU) 2015/2283, or with the agreement of SAS EAP Group. End date of the data protection: 22 June 2026.
	Dried <i>Tenebrio molitor</i> larva, whole or in powder			
	Protein products	10 g/100 g		
	Biscuits	10 g/100 g		
	Legumes-based dishes	10 g/100 g		
	Pasta-based products	10 g/100 g		

原料にイエローミールワームが含まれることをパッケージに明記

成分表の近くに、甲殻類やダニアレルギーを持つ人には、交差反応を引き起こす懸念があると明記

商品種類別で内容量におけるイエローミールワームの上限量

申請者が申請に用いた科学データの保護を希望しており、保護期間中（5年間）は申請者であるSAS EAPグループのみが販売できる

イエローミールワームの販売許可

- Commission Implementing Regulation (EU) 2021/670 of 23 April 2021 authorising the placing on the market of Schizochytrium sp. (WZU477) oil as a novel food under Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council, and amending Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470 (Text with EEA relevance)
- Commission Implementing Regulation (EU) 2021/882 of 1 June 2021 authorising the placing on the market of dried *Tenebrio molitor* larva as a novel food under Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council, and amending Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470 (Text with EEA relevance)

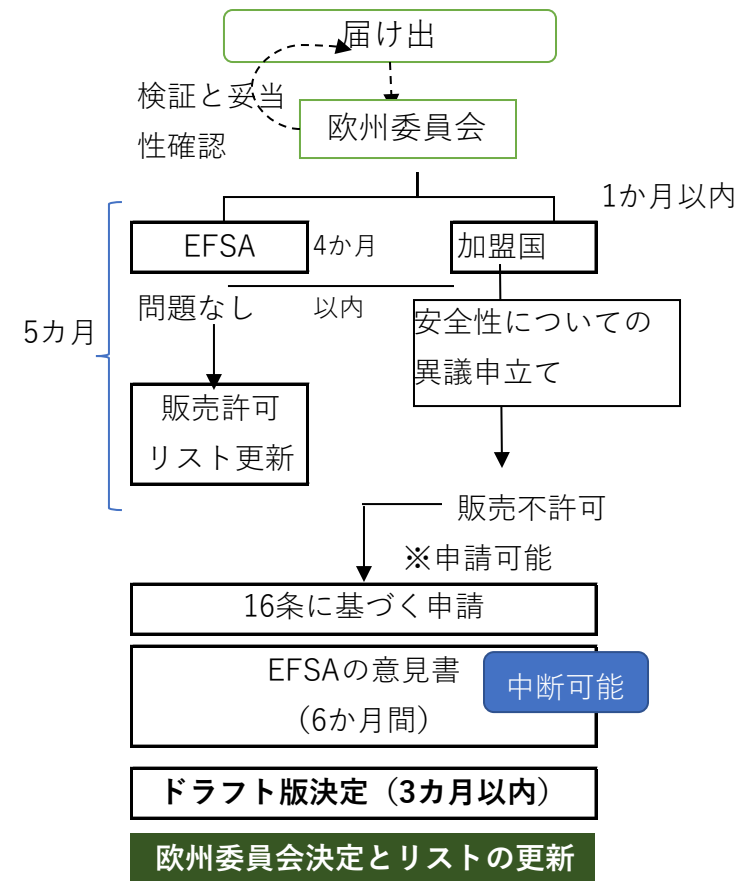
資料 欧州委員会ウェブサイト

②第三国由来の伝統食品としての昆虫食の輸入Notification

- 規則（EU）2015/2283の第14条以下は、非EU諸国（第三国）での消費履歴が証明できる新規食品を合法的にEU市場に投入するための「第三国の伝統的な食品の届出notification of a traditional food from a third country」。
- EU 以外の第三国において、少なくとも 25 年以上にわたって、相当数の人々の習慣的な食事としての使用経験が認められれば、第三国での安全な消費の歴史があり、EFSAや加盟国からの異議申し立てがなければ、手続きは5カ月間と短い。
- FAO（2013）にあるように、昆虫養殖産業は先住民族等の所得向上につながると期待されており、同制度もそうしたコンセプトに整合するものと考えられる。しかし、EFSAが求めるものと同等で安全な消費の歴史を証明することが必要となり、ハードルは高い。
- 実施規則2021/405で昆虫の第三国リスト（昆虫では、カナダ、韓国、英国、スイス、タイ、ベトナム）が定められており、そこには日本が含まれていないため、日本から昆虫食の輸出は許可されていない（矢野経済研究所（2023））。
- IPIFF（2022）は、この第三国リストは、18年のEU規則No.2015/2283施行にかかる移行措置で、EU加盟国が特例的に輸入を続けることができる第三国とも説明。さらに、フランスのように、第三国リストにあってEU域外からの輸入は拒否する加盟国もある。

日本産昆虫の輸出・上市の判定

国・地域	日本からの食用昆虫の輸出・上市	日本からの飼料用昆虫の輸出・上市
EU	不可。 日本は認可された第三国の対象外のため、EUへの入域は認められない。	可。 日本産の飼料用昆虫は、EU規則の要件を満たした場合、合法的にEUへ入域・上市できる可能性がある。
米国	可。 昆虫向けの特別ルールはない。 一般的な安全衛生要件が適用	可。 昆虫向けの特別ルールはない。 一般的な安全衛生要件が適用
中国	可。 昆虫向けの特別ルールはない。 一般的な安全衛生要件が適用	可。 昆虫向けの特別ルールはない。 一般的な安全衛生要件が適用
シンガポール	不可。新制度発効後は可？ 現在、昆虫を食用として輸入・販売は認められていない。 シンガポール食品庁は、昆虫および昆虫製品に関する規制の見直しを行っている。 今後、用途別の要件を満たせば輸入・販売が許可される方針である。	可。 新制度発効後は条件が変わる可能性？ 飼料原料法により、昆虫の使用は条件付きで許可されている。 新方針により昆虫使用の規制がより具体的に整備される見込みである。



資料 IPIFF「衛生管理に関するガイド」より作成

2023年1月の輸入額
(HS0410.10)
ベトナム155千\$
カナダ2千\$
UK2千\$弱

昆虫由来飼料に関する規制

- EU市場で流通する飼料については、「EU飼料原料カタログ」(EU規則No.68/2013)、伝達性海綿状脳症(TSE)の防疫、管理、撲滅に関する規則、ABP(動物性副産物)規則(規則1774/2002)。および飼料販売規則(Regulation(EC)No.767/2009)と飼料衛生規則(Regulation(EC)No.183/2005)が製造や流通を規制している。生餌、昆虫丸ごと(未処理/処理)、タンパク質(PAP)、油脂、タンパク加水分解物という分類ごとに、給餌できる畜種等が異なっている。
- PAP、全体(未処理/処理(フリーズドライ等))、生餌については、とくに反すう動物には給餌を禁止。昆虫以外のPAPについても、一般に経済動物等への給餌は禁止。昆虫PAPに関しては、養殖、中小家畜向けについて規制が緩和されている。
- 昆虫養殖では、エサとしてふん尿、処理木材、食品廃棄物(肉や魚を含む)をエサにしていないことが必要(EU動物副産物規則や飼料販売規則)。これは、EU域外からの輸入品にも同様に課される。

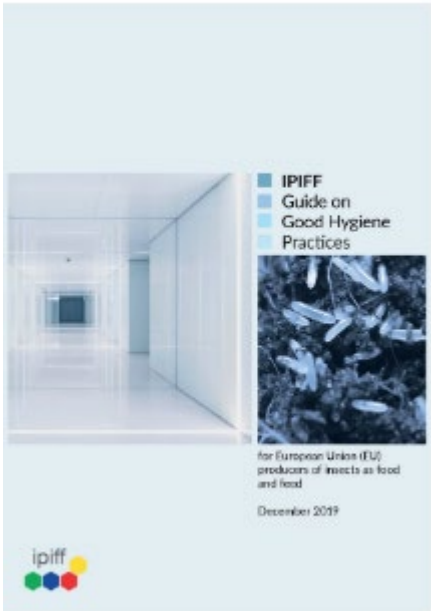
昆虫由来飼料の利用規制

Insects as feed - Regulation (EU) No 68/2013 on the Catalogue of feed materials and in accordance with Regulation (EC) No 999/2001 and Regulation (EC) No 1069/2009	Ruminant animals	Aquaculture	Poultry	Pigs	Pets	Fur and other animals (e.g. zoo)	Technical uses(e.g. cosmetic industry, bio-based fuels, production of other bio-based materials such as bioplastics)
タンパク質 PAP	✗	✓**	✓**	✓**	✓	✓	✓
Insect fats (under entry 油脂)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
全体 (未処理)	✗	✗	✗	✗	✓***	✓***	✓
全体 (フリーズドライ等)	✗	✗	✗	✗	✓***	✓***	✓
生餌	✗	✓*	✓*	✓*	✓***	✓***	✓
タンパク加水分解物	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

昆虫養殖のための衛生管理に関するガイド

- 欧州委員会の健康・食品安全総局（DG SANTE）は、フランス（DG SANTE, 2019）とオランダ（DG SANTE, 2018）の昆虫養殖を監査。監査報告書による各種勧告は、昆虫飼育企業に対する法的要件を示すもので、新規施設の承認プロセス、微生物試験、必要な新規施設の承認プロセス、などに影響。
- これに対して、IPIFF（International Platform of Insects for Food and Feed）は「衛生管理に関するガイドGuide on Good Hygiene Practices」を2019年に刊行。
- モニターする微生物学的パラメータとして、具体的には大腸菌（目標10cfu/g、最大500cfu/g）といった基準値が示されている。

衛生管理に関するガイド
Guide on Good Hygiene Practices



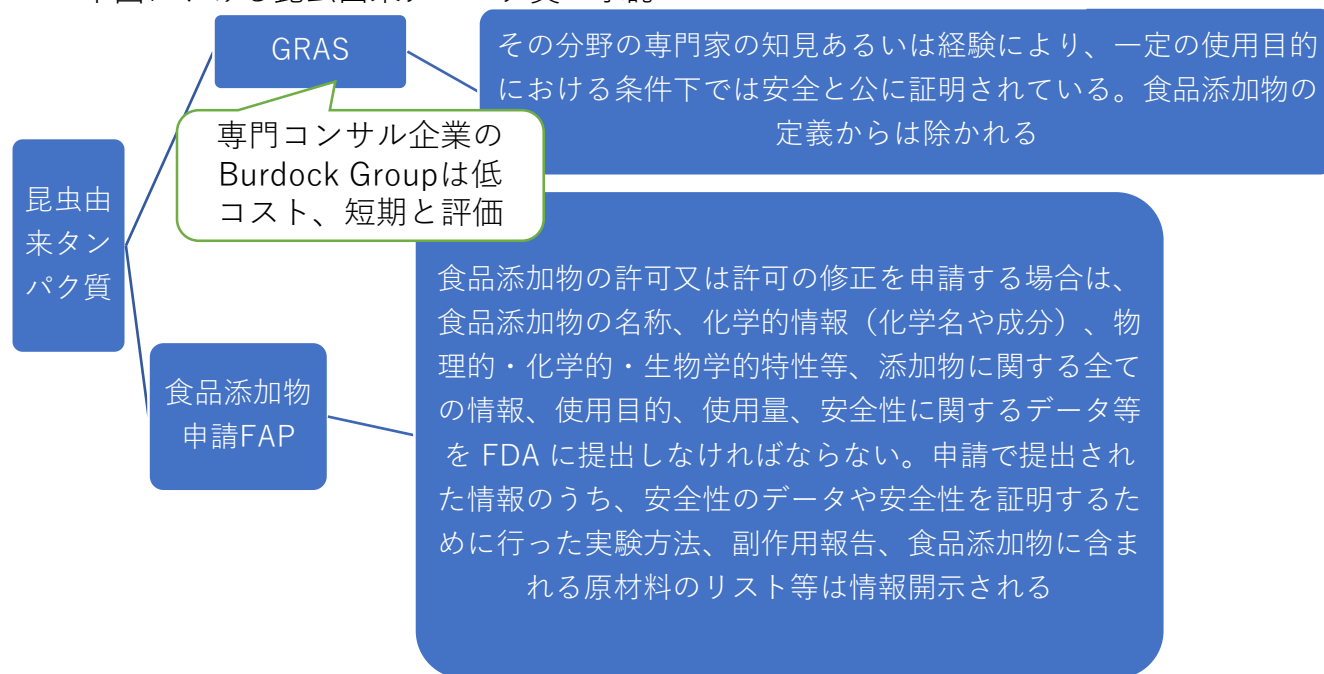
モニターする微生物学的パラメータ

Hazards	Main origins	Severity	Management	Target	Limit
Aerobic flora 30°C	Hygiene indicator-Process Manipulations	Low	Good Hygiene Practices (GHP)	10,000 cfu/g	500,000 cfu/g
E. coli	Hygiene indicator-Process Manipulations	Low	Good Hygiene Practices (GHP)	10 cfu/g	500 cfu/g
Staphylococcus coagulase + (S. aureus)	Hygiene indicator Manipulations (raw materials or processing operations)	Medium	Good Hygiene Practices (GHP)	10 cfu/g	100 cfu/g
Listeria monocytogenes		High	Sourcing/ breeding management (GHP)	Absence in 25g	Absence in 25g
Salmonella	Insects intestinal tractus, feed	High		Absence in 25g	Absence in 25g
Cronobacter spp. (Enterobacter sakazakii)	Insects, feed	Medium	Sourcing/ breeding management (GHP)	Absence in 10g	Absence in 10g
Bacillus cereus	Feed	Medium	Feedstock/ breeding management (GHP)	10 cfu/g	100 cfu/g
Monitoring Campylobacter	Insect guts	Medium	Sourcing/ breeding management	Absence in 25g	Absence in 25g
Moulds and Yeast	Hygiene indicator-Process Manipulations, feed	Medium	Good Hygiene Practices (GHP)	100 cfu/g	1000 cfu/g

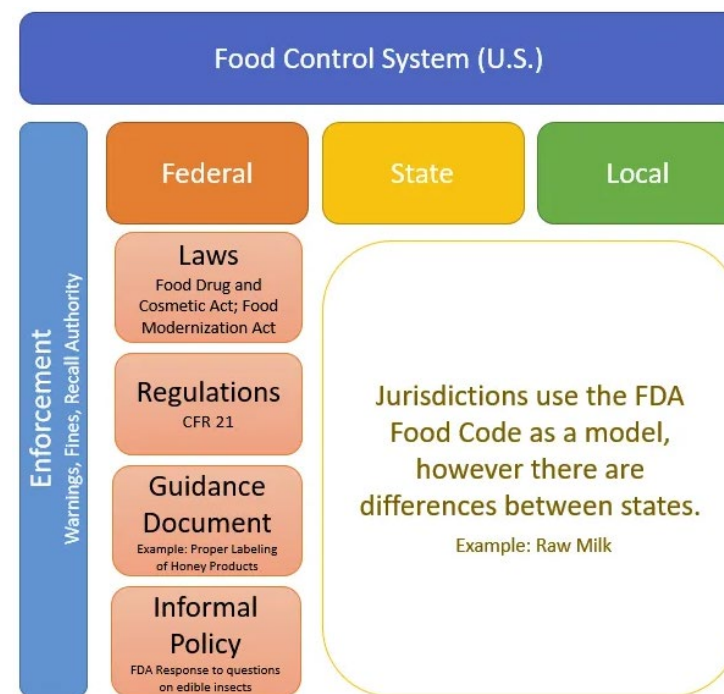
(4) 米国

- 米国では昆虫食は、アメリカ食品医薬品局（Food and Drug Administration：FDA）の管轄。2013年に、FDAは連邦食品・医薬品・化粧品法（Food Drug and Cosmetic Act）の下、昆虫を食品と位置づけた。従って、昆虫食は同法のもと、衛生的で健全な環境下で生産・加工・包装・貯蔵・流通され、適切な表示を行う義務がある
- 昆虫食はFDA適正製造基準（cGMP）に基づく取扱いが義務であり、食品工場としての扱い。飼料用と人用の区別や、野生からの採取を食品としては販売できない等のルールがある。
- 昆虫由来タンパク質は、GRAS（Generally Recognized As Safeの略語。連邦食品・医薬品・化粧品法201条及び409条が規定）か食品添加物申請FAPで販売申請。なおいずれにおいても証明責任のレベルは同等（Lähteenmäki、2021）。
- 米国飼料検査官協会は、16年にアメリカミズアブ(H. illucens)の幼虫（乾燥した個体）を、18年以降は幼虫粉末をサケ、マス、イワナといったサケ科魚類の養殖用飼料に使用を許可。ただし、昆虫由来のペットフード等、州や地域の規制は異なる。
- 米国農務省の食品安全検査局（FSIS）は、肉、鶏肉、卵を規制し、それ以外はすべてFDAの規制下にある。

米国における昆虫由来タンパク質の承認



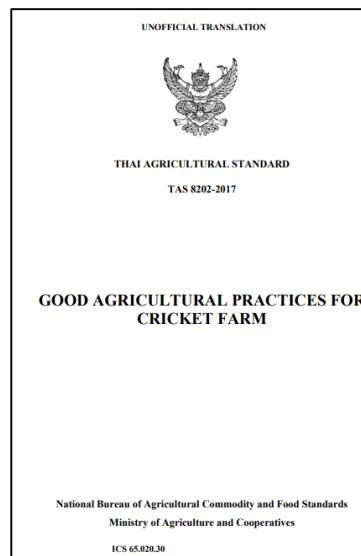
米国農務省とFDAの管轄区分



(5) 日本以外のアジア

- 中国：昆虫食の長い歴史がある。昆虫タンパク質を含む新しい食品原料は、保健省の認可が必要。保健省に認可されたものは、他の事業者でも使うことができる。
- 飼料原料としての輸入は、「MARA カタログ」に記されているものに限定される。このカタログは、21年3月に12年版以降の改正部分を統合した。その名（MARA）の通り、中華人民共和国農業農村部（日本の農水省に相当）の管轄。
 - 例：蚕蛹（乾燥しているもの。粉末状も可能）の場合、タンパク質含量Crude Protein、脂質含量Crude fat、酸価Acid valueの記載が必要。蚕蛹は脱脂したものの輸入も可能。
- タイ：約2万戸のコオロギ農家が存在するタイは、2017年に世界に先駆けて食用コオロギ養殖の安全管理基準を設置。
- このコオロギ用GAPとされるものは、EU市場向けの輸出を念頭においている。一方、国内市場の流通は、タイ国食品医薬品承認局が管轄。
- タイは養殖や中小家畜の生産が盛ん。そこでは消費者の環境配慮意識の高まりに対応し、昆虫由来原料の利用を増やす意向が強い。しかし、タイには昆虫由来飼料の品質基準がない（Lähteenmäki, 2021）。

タイのコオロギ養殖の安全管理技術



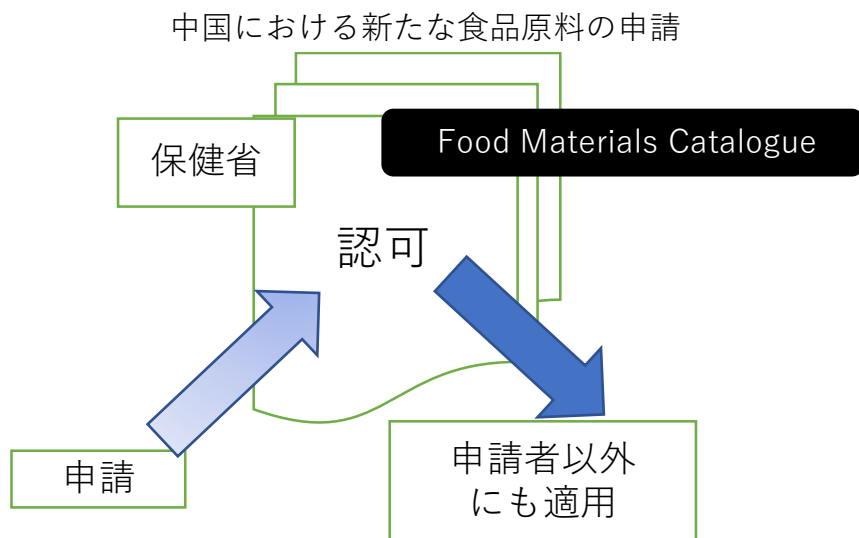
出典
https://www.acfs.go.th/standard/download/eng/GAP_CRICKET_FARM-ENG.pdf 38

タイの大手水産会社が昆虫由来飼料に投資



しかしタイには昆虫由来飼料の品質基準が欠けている

出典 タイ・ユニオン・グループロゴは同社ウェブサイト



まとめ

1. 昆虫食市場は拡大する：2020～2030年においては、水産養殖向け飼料としてのニーズ拡大が確実であり、CAGRは20～30%で伸びる。2013年のFAOレポート前後から企業の設立は相次ぐ。畜産業と比べて環境負荷が少ないといわれていること、また栄養面での魅力。
2. 生産製造コスト削減が課題。魚粉を代替するだけの価格競争力はない。規模拡大や食品廃棄物利活用が課題解決策となる。食品廃棄物等をエサにすれば、フードサプライチェーンのミッシングリンクがつながる。しかし、国内で食品廃棄物を収集、選別するコストは大きい。規模拡大にも、関連制度のさらなる整備が求められる。
3. 現段階の昆虫食では、高付加価値な製品を製造する小規模事業者が多い。昆虫由来飼料の製造者は、ある程度の規模にある。先端技術の利用とともに、昆虫のエサとなる産廃供給のために他の工場との併設が進む。輸出量は、昆虫食では多い国でも800トン程度。生体での輸出量は拡大し、21年は8千トン。今後の規制のあり方によっては、産業立地が変化する可能性もある。
4. 社会受容においては、宗教的な禁忌であったり、嫌悪感等の心理的な要因は根強い。また研究の標準化ができておらず、マーケティング戦略も描きにくい。人用では、外形的な特徴を消す、環境配慮意識に訴えるという戦略が採用されている。しかし、外国では新型コロナ感染症でフードセキュリティへの危機感が、昆虫食・昆虫由来飼料への期待を高める一方で、日本ではウクライナ危機以降の食料安保への世論の高まりのなか、昆虫食に対する風評は悪化。このように、同じ環境因子でも消費者行動に地域性がみられる複雑な世界であり、今後の研究の発展が求められる。
5. 規制のあり方として、日本やタイでは生産工程管理に関するガイドラインが策定済み。しかし既存制度での受容は進んでいない。EUでは、多様な課題を乗り越えながら、既存の制度との調整が進んでいる。
6. 昆虫は広い範囲で伝統食であったが、現在の食品流通に関する制度を納得させるだけの科学的なデータが無い。科学的なデータの蓄積には、昆虫は多様であり、多額の投資が必要。昆虫養殖に関しては、品種改良も含め先端技術の活用で可能となっているが、それを支える市場や制度の構築は一足飛びに進まない。
7. 課題は多いが、免疫活性化効果やタンパク質供給能力という可能性を秘めており、先端技術を駆使し、長期的な視野に立ち取り組むべき分野。

ご清聴ありがとうございました。
