

第6回 食の安全と安心部会シンポジウム

昆虫食の安全・安心 —古くて・新しい・未来食—

東京農業大学バイオリボティクス研究室

佐々木 豊

Webサイト:
<https://biorobotics.jp/>



フード&アグリテック



出典：PLUGandPLAY JAPAN :
<http://japan.plugandplaytechcenter.com/events/20201118-2/>

「フード(食品)」と「アグリ(農業)」にITやロボットなどの「テクノロジー」を掛け合わせた造語

◆ 期待される成果：

- ・ 世界的な人口増加に対する食料供給
- ・ 持続可能な農と食の新しいエコシステムの構築

- ・ 「食の再定義」
- ・ 世界700兆円の新産業

出典：2030年のフード&アグリテック 農と食の未来を変える世界の先進ビジネス70



フード&アグリテックの5つのセクター

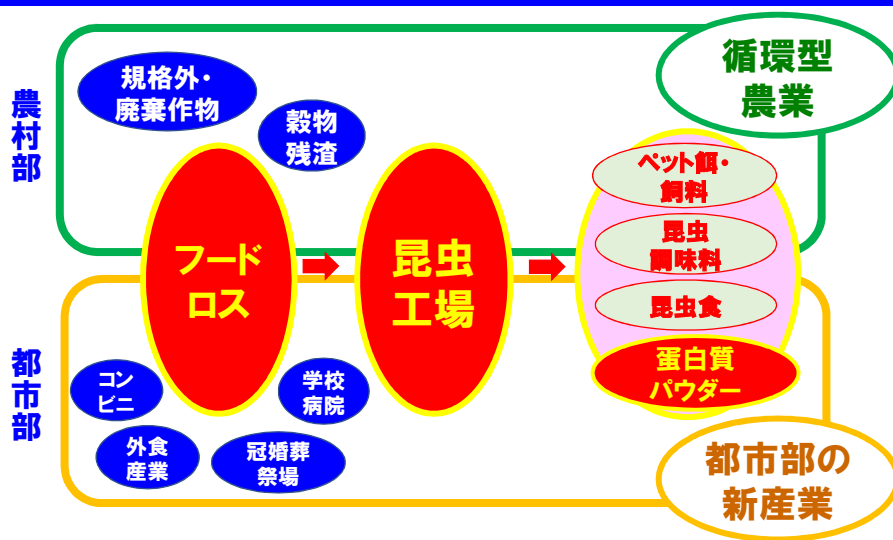
セクター名	サブセクター名	
次世代ファーム	植物工場	
	陸上・先端養殖	
農業ロボット	ドローン	
	収穫ロボット	
	ロボットトラクター	
生産プラットフォーム	同左	代替タンパク
流通プラットフォーム	同左	植物肉
アグリバイオ	代替タンパク	培養肉
	ゲノム編集	植物性ミルク・乳製品
		昆虫タンパク

農業機械⇒農業ロボット⇒スマート農業
⇒アグリテック・フードテック

出典：野村アグリプランニング&アドバイザー株式会社：2023年のフード&アグリテック 農と食の未来を変える世界の先進ビジネス70



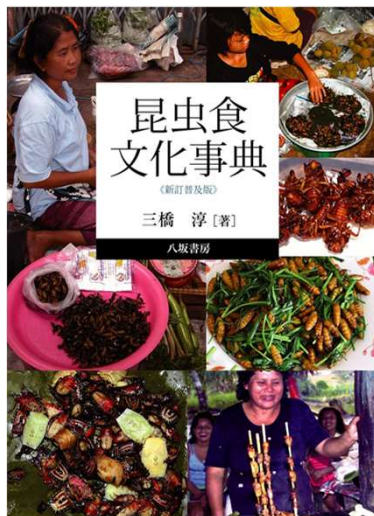
フードロス利用昆虫生産システム



フードロスー代替タンパク質創出システム



本講演の結論 我々が求める答えが既に農大にあった！



- **三橋 淳 名誉教授**
 - 東京農業大学 応用生物科学部
- **第66回毎日出版文化賞(自然科学) 受賞作普及版**
 - 昆虫食の歴史、地域・民族での特徴、採集、養殖、料理法、味と栄養価、救荒食、飼料、薬用昆虫、経済、習俗、文芸作品・映画・マンガなどに登場するものまで、昆虫食に関わる文化的な情報を取りまとめた驚異の事典



昆虫食の安全・安心 —古くて・新しい・未来食—

- I. 背景
- II. 「古くて」とは？
- III. 「新しい」とは？
- IV. 日本における昆虫食と現在進行形
 - i. 日本の現状:ブームとSNS炎上事件
 - ii. 農林水産省RS事業
- V. 「未来食」とは？
- VI. 総括
 - ・安全か？安心か？
 - ・我々が考える&変える「未来」



7

I. 背景



8

FAO報告書2013

- FAO(Food and Agriculture Organization),
「Edible insects Future prospects for food and feed security」, 食用昆虫－食料及び飼料の安全保障に向けた将来の展望－

『昆虫食』が従来の家畜や飼料の代替になり、
地球環境と健康、生活に有益である。

FAO(Food and Agriculture Organization, 国連食糧農業機関):
1945年設立された世界の栄養水準および生活水準の向上、食糧と農業生産の増大、農村地域の生活条件の改善などを任務とし、その分野の技術援助も行う専門機関

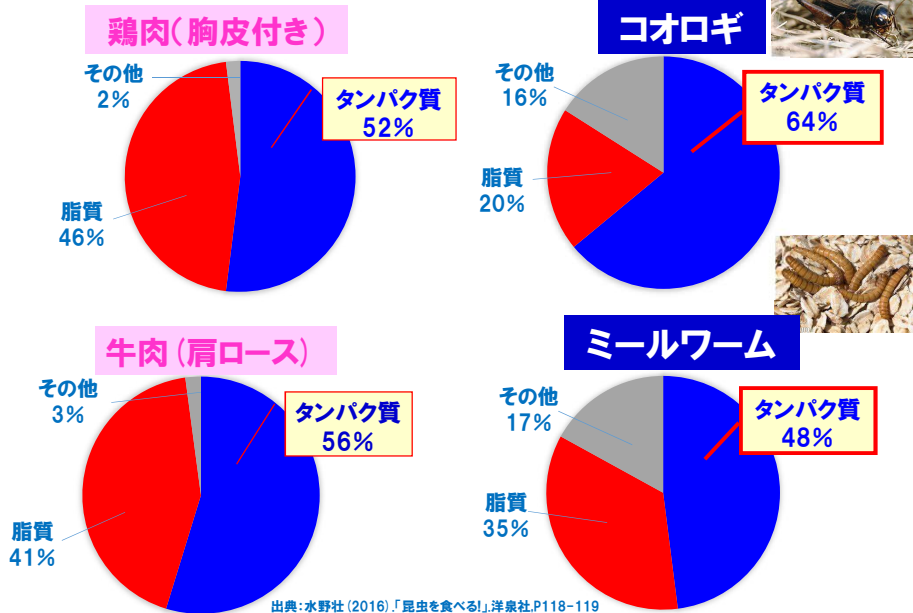


昆虫食のメリットと健康

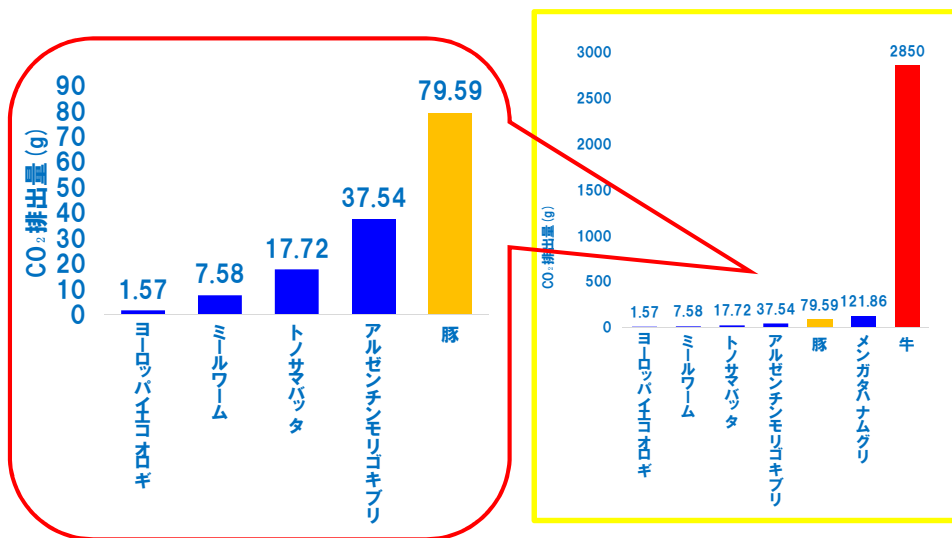
- タンパク質の割合が家畜に匹敵する。
- ライフサイクルが短いため、温室効果ガス排出量が少ない。
- ビタミンBグループを豊富に含んでいる。
- カロリーを豊富に含んでいる。
- 低脂肪な昆虫がいる。
- 可食部が大きい。
- 省スペース生産が可能である。
- 飼料変換効率が高い。



栄養分(基本構成・タンパク質)



体重1kg増加あたりの温室効果ガス排出量



出典: Dennis G. A. B. Oonincx (2010)「environmental opportunities for insect rearing for food and feed」



肉類代替昆虫生産・コスト 簡易シミュレーション

- 肉類(牛・豚・鶏肉)純タンパク質供給量/人・年=6.71kg
(試算参考:農林水産省 食料需給表(2017))
- 肉類代替昆虫数/人・年=約27,000匹
- 昆虫価格ポーター試算(1kg)=4,857円未満
(同等のタンパク質を得る想定, 肉類支出金額より)

コオロギ生産の肉類消費比較(日本総生産)
(日本総生産換算(1.26億人, 2017年))

- 温室効果ガス排出量比=1/1,088
- 餌量比:1/3
- 必要水量比:1/1,596



II. 「古くて」とは?



昆虫食の伝統文化(日本)



イナゴの佃煮・甘露煮

出典：japan-word.com



長野県・ざざ虫

出典：matome.naver.jp



昆虫食の伝統文化(世界)



タガメの唐揚げ(タイ)



スジアカクマゼミの素揚げ
(中国)



ミツツボアリ(オーストラリア)

出典：<https://ja.wikipedia.org/wiki/昆虫食>



世界と日本の昆虫食の歴史

イギリス/スペイン/ポルトガル/フランス/南ロシア/チェコ/ルーマニア/ドイツ/スウェーデン/オーストリア/ルーマニア/イタリア

日本/中国/台湾/タイ/インド/朝鮮半島/フィリピン/ラオス/イラン/イラク/サウジアラビア/ヨルダン

エジプト/モロッコ/ウガンダ/スーダン/ケニア/ザンビア/中央アフリカ/コンゴ/マリ/カメルーン/ナイジェリア/ジンバブエ/ボツワナ/モザンビーク/タンザニア/エチオピア/ガーナ/トーゴ/ベナン

アンゴラ/リベリア/ボツワナ/ナミビア/アンゴラ/ルワンダ/ブルンジ/南アフリカ/ギニア/ギニアビサウ/セネガル/ガンビア/リベリア/シエラレオネ/コート・ジボアール/マダガスカル/ベニン/ガボン/タンザニア

オーストラリア/ニュージーランド/ニューギニア/ユーカレドニア/ソロモン諸島

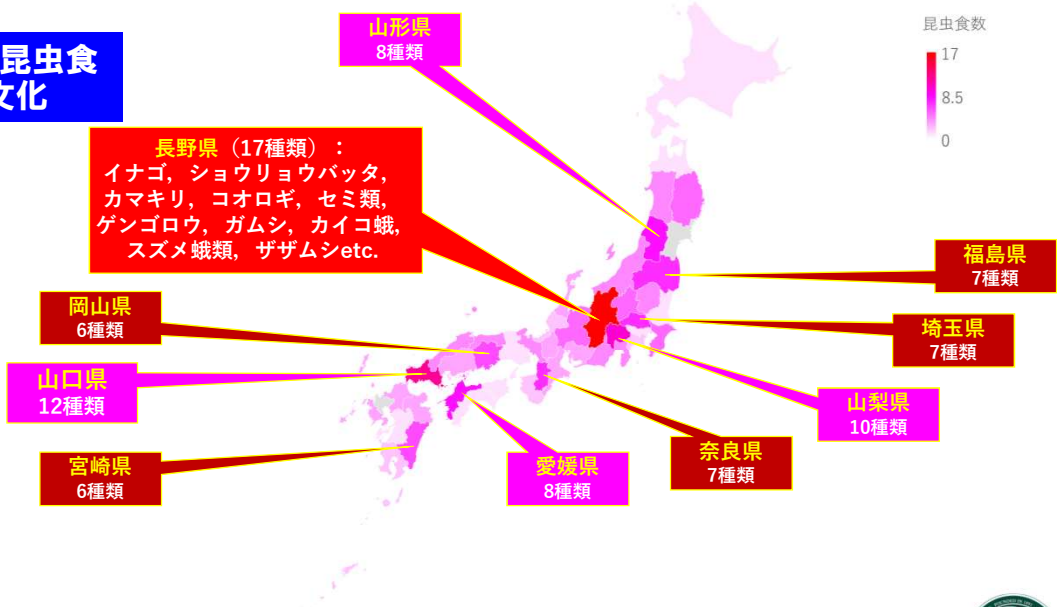
カナダ/アメリカ/メキシコ/グアテマラ/ニカラグア/アンティール諸島/コロンビア/ベネズエラ/ペルー/ブラジル/エクアドル/ボリビア/パラグアイ/ガイアナ/国境/アルゼンチン国境



出典：世界の昆虫食文化（灰色以外が文献含めて昆虫食文化有）



日本昆虫食文化



参考出典：エントロモ昆虫辞典, <https://entomo.jp/wiki/>
 (大正8年当時の全国の約55種類の食用昆虫)



昆虫食文化

- 昆虫食文化は、日本及び世界中にずっと存在している。
- いくつかの国や地方では食文化として続いている。

時代の変遷により、
知らない・食べたこともない人も多い。



III. 「新しい」とは？



EFSA (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY)

- ヨーロッパではアレルギー問題を除き、昆虫は基本的に安全な食品という理解
- 理由: EFSAで2015年より科学的な検討も行いながらその安全性が保障され、「新規食品」として現在EUでは4種類の昆虫が正式に認められている事実がある。
 - 新規食品として市販を正式承認
 - ミールワーム
 - トノサマバッタ
 - ヨーロッパエコオロギ
 - ガイマイゴミムシダマシ



出典: <http://mushisukidesu.cocolog-nifty.com/blog/2016/11/alphitobius-dia.html>

EFSA: 食品や飼料に関連するリスク評価を行い、安全性について欧州委員会などに科学的助言を行う機関

21



「新規食品(Novel Food)」

- ヨーロッパ各国でも昆虫食文化は存在した。
- 「新規食品」の定義:
 「EUにおいて1997年5月15日以前にEU内で人間によって相当量が消費されていなかった食品または食品原料を指す概念」
 となっているため、主要な食品で無かった昆虫食も新しい食品となるのだと考える。

22



「Farm To Fork戦略」

- EUの新しい食品産業政策「Farm To Fork戦略」で昆虫生産を挙げている。
- 「欧州グリーンディールにおける「ファーム・トゥ・フォーク」戦略は、持続可能な食料システムへの移行を加速し、食料システムを公平で健康的で環境に優しいものにするを目的としています。昆虫は農業の循環に貢献しており、伝統的なタンパク質源を補完する理想的な候補」と明言



「みどりの食料システム戦略」

- 「新たなタンパク質資源(昆虫等)の利活用拡大」

Farm To Fork 戦略

みどりの食料システム戦略 (概要)

～食料・食料水産物の生産・加工・消費の持続可能性の向上を「みどりの食料システム戦略」(MeaDRI)～

令和3年10月 農林水産省

持続可能な食料システムの構築に向け、「みどりの食料システム戦略」を策定し、中長期的な観点から、調達、生産、加工・流通、消費の各段階の取組とカーボンニュートラル等の環境負荷軽減のイノベーションを推進

目指す姿と取組方向

2050年までに目指す姿

- 農林水産物のCO2ゼロエミッション化の実現
- 従来農業者への転換、総合的な生産管理システムの確立・普及に加え、ネオエコノミクスを含む従来の飼料由来に代わる新規農業等の開発により化学肥料の使用量を50%削減
- 輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を30%削減
- 耕地面積に占める有機農業の取組面積の割合を25%(100万ha)に拡大
- 2030年までに食品製造業の労働生産性を従来より2割向上
- 2030年までに食品企業における持続可能性に配慮した

輸入原料調達の実現を目指す

- エリートワグ、グランドワグ等の穀類において人工飼料比率100%を実現

戦略的な取組方向

2040年までに革新的な技術・生産体系を順次開発 (技術開発目標)

2050年までに革新的な技術・生産体系の開発を踏まえ、その後「政策手法のグリーン化」を推進し、その社会実装を実現 (社会実装目標)

今後「政策手法のグリーン化」を推進し、その社会実装を実現 (社会実装目標)

2030年までに環境負荷軽減効果の高い飼料由来・農林水産物生産に集中し、2040年までに環境負荷軽減効果が顕著な飼料由来・農林水産物生産を実現。

革新的な技術・生産体系の社会実装や、持続可能な取組を推進する観点から、その時点において必要と判断し、地産地消はネオエコノミクス等の取組に併せて推進する。

期待される効果

経済 持続的な産業基盤の構築

- 輸入が国内生産への転換 (肥料・飼料・原料調達)
- 産品の評価向上による輸出拡大
- 新技術導入による多様な働き方、生産者のすそ野拡大

社会 国民の豊かな食生活

- 生産者・消費者の両者からなる持続可能な日本食生活
- 地域資源を活用した地域経済循環
- 多様な人が共生する地域社会

環境 将来にわたり安心して暮らせる地球環境の継承

- 環境にやさしい食料・農林水産物
- 化石燃料からの脱却によるカーボンニュートラルへの貢献
- 化学肥料・化学農薬の削減による土壌・水質

アジア・オセアニア地域の持続可能な食料システムのモデルとして打ち出し、国際ルールメイキングに参画 (国連食料システムサミット (2021年9月) 42)



IV. 日本における 昆虫食と現在進行形



25

ブームとSNS炎上事件 —コオロギブームの到来(2019~2022)—

- SDGsに合致し, タンパク質クライシスに対応, 温室効果ガスを出さない食品素材なので再評価 & 注目される.
- **無印良品(2020年)**
 - **コオロギせんべい**



- **多くの企業が新規事業として
昆虫生産事業に参入していく**

出典：
<https://travel.watch.impress.co.jp/docs/news/1252063.html>



26

新しい昆虫食例



昆虫自販機

出典：TAKEO, Ellie様



昆虫アイス最中



蚕ハンバーガー



煮干



タガメサイダー



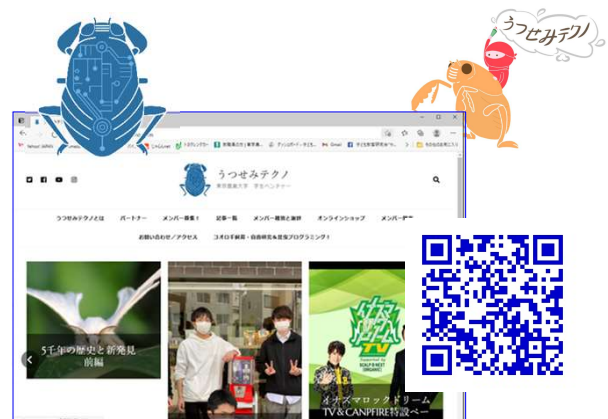
ふりかけ



大学ベンチャー設立 —うつせみテクノの誕生と活動—

- フードロスを活用した代替タンパク質創出に関する研究・開発が中心
- 昆虫フードチェーン(昆虫生産—加工・流通—商品開発・販売—ブランディング)を対象
- 学生主体のベンチャー企業(2020年4月設立)

2022年
株式会社化



<https://utsusemi-techno.com/>



生協・道の駅・マルシェ・ガチャガチャ販売



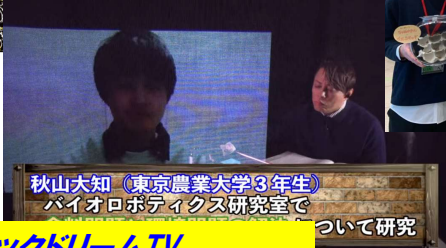
生協・道の駅・
マルシェ・ガチャ販売



クラウドファンディング 魚町銀天街(北九州市) 昆虫自販機



学外への展開



イナズマロックドリームTV
https://youtu.be/bLc_NCRmZSI

**東京駅構内
「虫グルメフェス」**



うつせみテクノ昆虫食品



エナジースナック! かりんとうP



蚕の生み出す
芳醇な香りをご堪能下さい



ココロギのすうぶ



フューチャーポップコーン



ココロギネジチョコ



昆虫食関係企業・業界図鑑 (カオスマップ) 2022

うつせみテクノ

<https://semitama.jp/column/3287/>



研究・開発の加速 — 食品ロス飼料設計 / 給水器開発 / AI生態認識 —



Cricketコンテナファームアグリシステム



研究・開発の加速 — AIによるコオロギの生態把握システム —



Journal of Insects as Food and Feed

出典: <https://www.youtube.com/watch?v=8WMA39ou0Es>



研究・開発の加速 — 飼料設計とCPS —

- フードロスの活用
- Self-selectionによる飼料設計
 - *Journal of Insects as Food and Feed*掲載
- 昆虫用Agri-CPSプラント



ブームとSNS炎上事件 －2023年初頭－

- ・徳島大学のグリラスが高校と連携して、調理加工された**学校給食**を自由選択で実施した。
 - ・事実誤認
 - ・かみ合わない議論
 - ・陰謀論
 - ・少数(県外から10件程度)の抗議電話
- ・**SNS中心に炎上 & 根拠のない主張の応酬**

新規事業として参入した会社や小規模生産者の撤退

- ・ 悪質なクレーム, 年配の男性が店舗に居座るなど営業妨害etc.



炎上の原因の推測

1. **ファクトチェック**されていない事実と異なる情報が流布された。
2. 昆虫そのものに嫌悪感がある人たちが一定数存在する。
3. Food neophobia(**フードネオフォビア**, 未知の食品に対する恐怖)がある(日本でも昆虫食文化はあったが現在では地域が限定されているため、現在多くの日本人が食べる機会が無かったため)。
4. 日本における食用昆虫の前提が野外で採取されたものではなく**人工環境下及び設計された飼料を与える畜産**に該当することが前提になっていることが知られていない



農林水産省RS事業(2023年～)

- ・ 食品安全研究センター様ご紹介
- ・ 農林水産省RS事業
「持続可能な農林水産業推進とフードテック等の振興に対応した未来の食品安全プロジェクトのうち、食用昆虫中の有害物質のデータベース化、管理手法の確立」
で検討が継続される

農林水産省RS事業 (2023) :

https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/regulatory_science/r5_rsproject.html

39



農林水産省RS事業(2023年～)



農林水産省RS事業 (2023) :

https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/regulatory_science/r5_rsproject.html

40



V. 「未来食」とは？

41



未来食の理由 — 様々な可能性 —

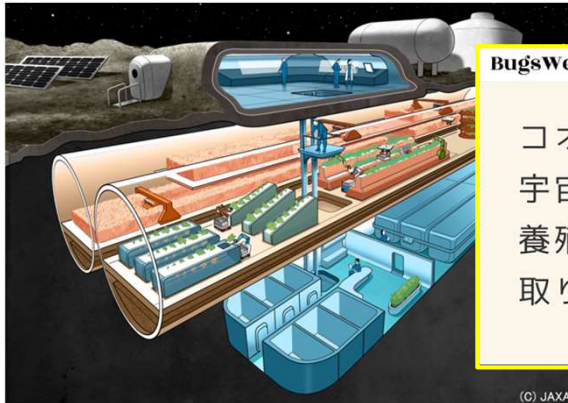
- 代替タンパク質
- 機能性食品素材
- フラス(糞や残さ)肥料活用
- バイオ燃料
- プラスチック分解

東京農業大学バイオロボティクス研究室では、昆虫がキーワードとなる未来ビジョンを念頭に、現在の昆虫生産に関する研究・開発や、教育・啓蒙活動

42



宇宙農業－近い将来の生活と農業－



BugsWell

トピックス 企業情報 事業情報 お問い合わせ

コオロギを使った
宇宙食の開発や
養殖に向けた実証実験に
取り組んでいます。



(C) JAXA

BugsWell (長崎)

出典: <https://bugswell.com/company/space>

千葉大学 園芸学研究院附属 宇宙園芸研究センター

出典: <https://www.space-chiba-u.jp/>

45



IV. 総括

46



安全か？

- **昆虫食文化の存在 & 畜産の前提：
アレルギー問題以外では、基本的に安全！**
- 生産についてはタイのコオロギGAPを参考に国内でも生産ガイドラインが作成される
- ハイジエントテクノロジー株式会社山形工場
ISO9001-HACCPを取得した
- **通常の食品と同様に安全性や衛生面での検討や管理がなされている。**



47

安心か？

(購買意欲へのつながり)

- 安全性が担保されたとしても、それが安心、そして一般食品として普及するのは未知数
- 課題(日本):
 - 畜産業へ定義
 - 循環型農業生産システム
 - 市場化(収益性のあるビジネス展開の必要)
 - **フードネオフォビアへの対応
教育啓もう活動
知って体験する機会を！**

昆虫を食べる未来
は来るのか？



48

変える未来！変わる未来！！ 「未来食(宇宙食, 普遍的な食品へ)」

- ・未来を考えるとそれは必然であり, 研究・開発や教育・啓蒙活動で, より良い未来に我々自身が変わると信じている。

我々で未来は変えられる！
「研究」 & 「教育・啓もう」



49

本講演の結論 我々が求める答えが既に農大にあった！



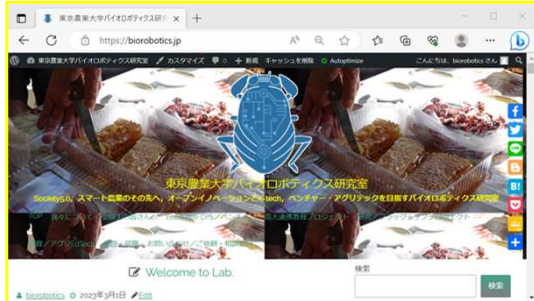
- ・三橋 淳 名誉教授
- ・東京農業大学 応用生物科学部
- ・第66回毎年出版文化賞(自然科学)普及版

ご提案：
東京農業大学から
未来を変える！！



50

アクセス&フォロー！



バイオロボティクスWebサイト:
<https://biorobotics.jp/>



X (Twitter) : [@biorobotics_TUA](https://twitter.com/biorobotics_TUA)
https://twitter.com/biorobotics_TUA

