

ISSN 1880-2761

**ilcaj**

Journal of Life Cycle Assessment, Japan

Vol. 21 No. 1 JAN. 2025

# 日本LCA学会誌

特集

「畜産DXの現状と今後の期待」

<http://www.ilcaj.org/>

Journal of Life Cycle Assessment

---

---

# 日本LCA学会誌

## 第21巻第1号

---

---

### 目次 Contents

#### 新春巻頭言

- 一般社団法人日本LCA学会が発足します！ ..... 1  
松野 泰也

#### 巻頭言

- 畜産DXの現状と今後の期待 ..... 2  
池口 厚男

#### 特集「畜産DXの現状と今後の期待」

- 解説 日本における畜産DXの現状 ..... 3  
土肥 宏志
- 解説 家畜排せつ物の処理・利用における課題 ..... 10  
田島 清
- 解説 みどりの食料システム戦略に基づく環境負荷低減の取組の「見える化」の現状と課題 ..... 16  
古田 謙一, 田中 ゆり子

#### 諸報

- 日本LCA学会20周年記念シンポジウム ..... 26  
正島 宏一, 鶴田 祥一郎, 永野 友子, 佐々木 秀樹, 竹内 孝曜, 高木 重定, 金澤 智尚,  
田中 晶子, 測上 智子, 大橋 憲司, 坂本 琉瑠

#### 研究室紹介

- 東京都市大学 環境学部 環境経営システム学科 兵法研究室（ライフサイクル環境工学研究室） ..... 45

#### 賛助会員紹介

- TRE ホールディングス株式会社 ..... 48

賛助会員名簿 .....	52
会務報告及び編集委員会からの報告事項（審査ご協力の御礼・編集後記・奥付） .....	53
行事案内（日本LCA学会主催） .....	i
原稿募集のお知らせ .....	ii
特集号テーマ公募のお知らせ .....	iii
第20回日本LCA学会研究発表会開催案内 .....	(1)

# Contents

## Foreword in New Year

- General Incorporated Association, The Institute of Life Cycle Assessment, Japan will be Established! ..... 1  
Yasunari MATSUNO

## Foreword

- The Current State and Future Expectations of Livestock DX ..... 2  
Atsuo IKEGUCHI

## Special Issue: Digital Transformation in Livestock: Current Status and Expectations

- Commentary and Discussion  
Digital Transformation in Japan's Livestock Industry ..... 3  
Hiroshi DOHI
- Commentary and Discussion  
Issues in the Treatment and Utilization of Livestock Waste ..... 10  
Kiyoshi TAJIMA
- Commentary and Discussion  
The State and Challenges of Initiatives, Based on the MIDORI Strategy for Sustainable Food Systems,  
to Visualize Environmental Burden Reduction Efforts ..... 16  
Kenichi FURUTA and Yuriko TANAKA

## Report

- 20th Anniversary Symposium of The Institute of Life Cycle Assessment, Japan (ILCAJ) ..... 26  
Koichi SHOBATAKE, Shoichiro TSURUTA, Tomoko NAGANO, Hideki SASAKI, Takaaki TAKEUCHI,  
Shigesada TAKAGI, Tomohisa KANAZAWA, Akiko TANAKA, Tomoko FUCHIGAMI,  
Kenji OHASHI and Ruru SAKAMOTO

## Introduction of Research Group

- Heiho Laboratory, Environmental Management and Sustainability, Faculty of Environmental Studies,  
Tokyo City University ..... 45

## Introduction of Supporting Corporate Members

- TRE HOLDINGS CORPORATION ..... 48

Supporting Members .....	52
All about ILCAJ .....	53
Announcement .....	i

## 新春巻頭言

### 一般社団法人日本LCA学会が発足します！

**General Incorporated Association, The Institute of Life Cycle Assessment, Japan will be Established!**



日本LCA学会会長 松野泰也<sup>1,\*</sup>

President of the Institute of Life Cycle Assessment, Japan Yasunari MATSUNO<sup>1,\*</sup>

前号に引き続き、巻頭言を執筆することになりました。本来なら他の方に依頼すべきかと思いますが、今年は学会の法人化という一大変革があるので是非にとのことで押し切られてしまいました。

今年度、私は学会設立20周年事業の一つの柱として、当学会の法人化を進めてきました。この巻頭言が公開される頃には、法人の定款が確定し、登記手続きが進められているかと思っています。1年間にわたり法人化タスクチームに参加いただいた、玄地・並河副会長、醍醐総務委員長、神崎理事および学会事務局の渡辺さん・通山さんに感謝します。

20年前に発足した当学会は、2024年12月13日現在、正会員438名、学生会員244名、賛助会員38団体にて構成される組織となりました。昨年3月に開催された研究発表会および11月のエコバランス国際会議とも参加者数が過去最大数を更新し、当学会の発展と社会からの注目を象徴しました。このような状態になった当学会を、任意団体のまま運営するには限界があります。本学会活動を今後とも継続していくには、法人化は避けられぬ要件です。法人化した上で、社会的・法的な責任を果たしていかなければなりません。

当学会は、発足以来、会則や規程を設けて運営してきました。法人の定款は、それらに基づいて作成しましたので、基本的にはこれまでと変わらない運営方法となります。ただ、大きく変わる点の一つが役員の数であり、会長(代表理事)、副会長および理事の合計数が最大15名になり、これまでの任意団体での役員数の約半分となります。法人として運営する上で、そのようにする必要性が生じました。それ以外には、会員の皆様が法人化を実感することは、俄かにはないと思います。

この20年を振り返ると、当学会は常に順風満帆であった訳ではなく、財務の状況が悪化し、将来が不安になった

時もありました。私は、そのような時に総務委員長に就いたので、各委員会の運営に関して常に節約をお願いしてきました。私のそのような対応により、皆様の中には不愉快な思いをされた方もいらっしゃるかと思います。心よりお詫び申し上げます。しかしながらお陰様で、財務体質も健全化し、心配なく次の世代に引き継いでいただける状況となりました。これからは少し方向転換し、当学会のさらなる発展のために様々な提案を頂ければと思います。例えば、国際会議やシンポジウムなどに海外からVIPを招聘するには多額の費用を要します。これまではイベント毎に収支バランスを合わせるために、大きなリスクは避けざるを得なかったわけですが、予め招聘費を確保すれば大胆な提案ができるようになるかと思っています。また、研究会に関しては、これまではほとんど手弁当状態で運営されてきましたが、必要な経費は計上しても良いかと思っています。さらに、本学会が法人化されることで、学会として共同研究を受注したり、クラウドファンディングを実施することも可能になると思います。会員の皆様には、どうかこれまでの慣習に縛られない大胆なご提案をいただければと思います。

さて、前回のエコバランス国際会議には、600名を超える参加者が仙台に集いました。海外からの常連や懐かしい顔ぶれもいました。エコバランス国際会議は当学会よりも歴史が長く、2日目に「30周年メモリアルセッション」が開催されました。そこでは全員参加が演出され、楽しむことができました。今年は3月に県立広島大学にて研究発表会が開催される他、趣向を凝らした様々なイベントが開催されると思います。毎度申し上げていることですが、顔の見える学会、年齢や肩書など関係なしに誰もが自由に意見を交換できる場を作るのが私の念願です。会員の皆様にはご協力何卒よろしくお願い申し上げます。

<sup>1</sup> 千葉大学大学院融合理工学府 先進理化学専攻 共生応用化学コース / 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33

1 Department of Applied Chemistry and Biotechnology, Faculty of Engineering, Chiba University / 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba 263-8522

\*連絡先 (Corresponding author), matsuno@chiba-u.jp

# 巻頭言

## 畜産DXの現状と今後の期待

### The Current State and Future Expectations of Livestock DX



日本農業工学会副会長 池口 厚男<sup>1,\*</sup>

Vice President: Japan Association of International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering Atsuo IKEGUCHI<sup>1,\*</sup>

近年、SDG'sや世界的な流れとなっているCircular Economy、Bio Economyに見られるように資源循環型の社会システムが求められている。環境省が提唱している「地域循環共生圏」、農林水産省の「みどりの食料システム戦略」においても同様であり、生産性向上と環境負荷低減の両立を達成するためのイノベーションとしてスマート農業を位置づけている。一方、社会全般でデジタルトランスフォーメーション(DX: Digital Transformation)が進められており、農業分野においても農林水産省は「消費者ニーズに的確に対応した価値を創造・提供する農業(FaaS (Farming as a Service))」への変革を進めるため、「農業DX構想」を取りまとめた。農業DXの目的は、「デジタル技術を活用したデータ駆動型の農業経営により、消費者の需要に的確に対応した価値を創造・提供できる農業を実現。」とされており、農業・食関連産業分野におけるデジタル技術を活用する場面としては、1) 生産現場、2) 農村地域、3) 流通・消費、4) 食品製造業、外食・中食産業、5) 行政事務を挙げている。スマート農業はデータ駆動型農業と定義されているところから概念的には農業DXがスマート農業を包含する。一方、経済産業省ではDXを「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立」としており、より大きな概念である。

畜産は1年を通じて家畜を飼養しなければならず、作業の省力化、自動化が求められていることから、スマート畜産が提唱される以前より搾乳ロボットを始め、環境制御(換気制御)、給餌、給水、ふん尿処理などの自動化がなされ、ICTの導入が盛んである。畜産分野は日本農業の中では最もICT化、スマート化が進んでいる分野である。

また、ISOが2016年にOIE(現WOAH)の動物福祉のコードをもとに動物福祉管理システム認証基準(ISO/TS34700)を出した。これによってISOでのアニマルウェルフェア(AW)が国際流通のスタンダードとなった。農林水産省は2023年7月に「アニマルウェルフェアに関する新たな飼養管理指針のポイント」を出し、家畜福祉に対応した技術的な指針を畜種毎に示した。このような状況において畜産DX技術を生産性のみならずAWや環境負荷低減の視点からも考えていくことが求められるようになった。

現代の畜産業は、担い手の不足(労働力の不足)、暑熱負荷による生産性の低下、防疫、輸入飼料への依存、悪臭という解決すべき大きな課題がある。これらの課題解決の一つのアプローチ

としてスマート技術が挙げられる。スマート技術によって、環境と調和した持続可能な生産を目指すことができる。畜産DXは、労働力不足や作業効率の向上を目指すだけでなく、家畜の健康管理、温室効果ガス排出量の削減、そして地域資源の循環利用を含む、より広範な経営の持続可能性を提供する。

畜産DXの導入により、IoTやAIによる環境制御が可能となり、畜舎内の温度や湿度の管理を自動化することで、家畜が最適な環境で飼育され、成長促進や生産性向上に寄与するとともに、エネルギー消費を抑えることができる。また、家畜の行動をモニタリングし、健康状態や発情の早期発見ができる技術が、現場での作業効率を高めるとともに、アニマルウェルフェアからの観点からも家畜の健康を維持し、生産効率を向上させている。

さらに、畜産DXは、持続可能な資源循環型社会を実現するための一環としても重要な役割を果たしている。畜産業において発生する排せつ物や廃棄物は、環境負荷の大きな要因であるが、これらを地域資源として再利用する取り組みが進んでいる。家畜排せつ物を利用してバイオマスエネルギーを生成し、地域のエネルギー需要を満たすと同時に、廃棄物の削減にも寄与する「地域資源循環ループ」の構築が進められている。

今回の特集では、土肥氏からスマート技術を活用した畜産業の現状と今後の展望が詳細に解説される。前述した畜産の課題を解決するスマート技術が示される。次に「家畜排せつ物等を活用した地域資源循環ループの構築」において田島氏からは地域社会と連携して資源の循環利用を促進する事例が紹介される。循環利用するための意義、観点、技術的な要点が示される。最後に、「みどりの食料システム戦略のCO<sub>2</sub>の見える化の現状と課題」として古田氏から行政の観点で言及される。

以上のように畜産DXは、単なる畜産現場の生産システムのデジタル化にとどまらず、地域社会における環境保全と持続可能な社会を実現するための重要な手段としての役割を担っている。IoTやAIを活用した技術の進展により、畜産業はより効率的で、環境負荷の少ない形へと変革を遂げようとしている。環境負荷が少ないことの定量化により、畜産DXのメリットが示されることを期待したい。

また、ELSI(Ethical, Legal and Social Issues)が科学技術の発展にともなって重要性を増している。ELSIによる畜産DXの社会影響評価も合わせて評価体系の中に組み入れながら総合的な評価がなされていくことを期待したい。

1 宇都宮大学農学部農業環境工学科/〒321-8505 栃木県宇都宮市峰町350

1 Department of Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, Utsunomiya University / 350 Minemachi, Utsunomiya, Tochigi 321-8505

\*連絡先(Corresponding author), ike14000@gmail.com

## 特集「畜産DXの現状と今後の期待」

[解説]

## 日本における畜産DXの現状

土肥 宏志<sup>1,\*</sup>

1 元 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

\*連絡先: hiroshidohi29@xui.biglobe.ne.jp

**概要：**本稿では、日本における畜産デジタルトランスフォーメーション（DX）を実現するための技術（畜産DX技術）の動向について報告する。畜産DX技術は、スマート畜舎による環境制御、搾乳ロボットや自動給餌ロボットによる作業の自動化、センサによる発情や分娩時期の予測及び群管理による営農支援システムなど、多岐にわたる。さらに、家畜の遠隔診療を支援するDX技術の普及や、金融機関による牛を担保とした動産担保融資（ABL）を支援するDX技術の開発・導入が始まっている。また、畜産DX技術は畜産部門の特有の問題であるアニマルウェルフェアや環境負荷の低減に貢献する技術でもある。今後は、データサイエンスや人工知能（AI）などを活用した、ソフト面でのデータ駆動型の畜産DX技術の開発が期待される。

**キーワード：**畜産DX技術、スマート畜産、データ駆動型、アニマルウェルフェア、環境負荷低減

## 1. はじめに

DXは、デジタル技術を活用し、社会や産業のあり方を根本から変革する概念として、近年注目を集めている。最初にDXという概念を提唱したのは、スウェーデンのウメオ大学に所属するエリック・ストルターマンであり、「デジタル技術の浸透が、人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させること」と定義した<sup>1)</sup>。日本では、経済産業省が企業を対象とし、DXを「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」と定義している<sup>2)</sup>。農業では、農業や食関連産業のデジタル変革推進の羅針盤・見取り図となるよう、「農業DX構想」<sup>3)</sup>及び「農業DX構想2.0」<sup>4)</sup>が策定された。この構想の中で、農業DXの目的はデジタル技術を活用したデータ駆動型の農業経営により、消費者の需要を的確に対応した価値を創造・提供できる農業を実現することとした。また、デジタル技術を活用する場面としては、1) 生産現場、2) 農村地域、3) 流通・消費、4) 食品製造業、外食・中食産業、5) 行政事務を想定しており、経済産業省のDXが企業を対象とした点に比べ、農林水産省は、我が国の農業全体を対象としたものとする。

畜産DXと同様な文脈で使われることが多い言葉として、スマート畜産という言葉がある。スマート畜産とは、畜産農家（生産現場）がIT技術やロボット技術を駆使して省力化、生産性や畜産物の品質の向上を目指す畜産という定

義もあるが<sup>5,6)</sup>、畜産DX技術と明確な区別をすることなく使われることが多い。本稿では、主に普及段階にある生産現場を対象とした畜産DX技術（スマート畜産技術）について解説する。

## 2. 畜産DX技術の普及状況と分類

鷲津と中野は日本農業法人協会が実施したスマート農業の実情調査を分析し、スマート農業技術の農家段階への普及状況は、稲作、酪農と肉用牛において進んでいると報告している<sup>7)</sup>。農産物販売金額1位の部門別にみると、養豚、酪農、養鶏、施設野菜において、データを活用している農家の割合が高いとの報告がある<sup>8)</sup>。搾乳ロボットは、1990年代に欧州を中心に導入が始まり、2020年において世界中で4万台以上の搾乳ロボットが稼働しており、日本における稼働台数は1000台を超えていると報告されており<sup>9)</sup>、農家への導入時期の早さと普及台数は目覚ましいものがある。データを活用している畜産農家の割合が高いとの報告については、乳用牛群検定、(ゲノミック)育種価、代謝プロファイルテストや家畜飼養標準等のデータを活用し、畜産農家が高い生産性を実現していることを反映しており、必ずしもデータ駆動型の畜産DX技術を活用している結果ではないとも考えられる。

個々の畜産農家が導入している畜産DX技術については、宇都宮大学の池口が、①畜舎内の環境制御等を可能とするスマート畜舎、②搾乳ロボットや自動給餌ロボットに代表される作業の自動化に資する技術、③発情や分娩時を検知する個体イベント・生体情報の取得技術、④クラウド営農

支援技術に分類整理している<sup>10)</sup>。池口による分類整理を若干修正したものを表1に示した。鶏や豚に比べ、牛を対象と畜産DX技術が多く、特に酪農に関する技術が多い。以下に畜種ごとの畜産DX技術を、池口の分類に従って整理した。

### 3. 養鶏を対象としたDX技術

採卵鶏農場や卵選別包装施設（GPセンター）において、卵を詰めたトレイの積み上げやバック詰め作業等は、ロボットの導入などによりオートメーション化が進んでいる。さらに、近年ではAIを活用したDX技術が導入されている。以下に養鶏DX技術を紹介する。

#### 3.1 鶏舎の環境制御技術

IoT機器を用いて、鶏舎内の温度、湿度、CO<sub>2</sub>濃度をリアルタイムで監視し、最適な環境を自動制御するシステムが普及している。これにより、鶏の健康状態が改善され、産卵率の向上につながることを期待されている。

#### 3.2 産卵データの可視化技術

AIカメラを搭載した集卵機において卵の画像を取得し、画像解析によって卵の個数や卵重を高精度に測定する技術が開発されている。このデータに基づいて、可視化された鶏舎内の鶏群ごとの産卵率や卵重の分布を比較することにより、鶏群の飼養管理の良否の判定が可能となる。

### 3.3 死亡鶏の早期発見技術

採卵鶏舎内を自律走行するロボットにカメラを搭載し、取得した画像をAIで解析することで、検出した死亡鶏の鶏舎内の位置を作業員へ通知する技術が開発されている。本技術により、作業員の死亡鶏回収作業を大幅に軽減することができる。

### 3.4 卵の品質向上技術

AIによる画像解析技術を用いて、ひび割れ卵や汚卵を高い精度で検出し、自動的に選別するシステムの開発が進んでいる。これにより、製品の品質向上と、食品ロス削減に貢献することが期待される。

### 4. 養豚を対象としたDX技術

#### 4.1 豚舎環境の制御技術

温湿度やCO<sub>2</sub>濃度の計測・制御に加え、飲水量や飼料の残量等を、IoT機器により測定・通知・管理する技術が導入されている。これにより、豚の健康状態の改善と生産性の向上を図ることができる。

#### 4.2 画像解析による体重推定技術

3Dカメラを使用し、豚肉の格付けの判定基準となる体重（枝肉重量）を推定する装置が様々な企業から販売されている。人が個々の豚を撮影する機器と、畜舎の天井に吊り下げられたカメラが豚房内の複数の豚を一括して撮影し、

表1 技術内容と畜種別による畜産DX技術の分類

	鶏	豚	牛
畜舎	開放型畜舎：自然換気 送風機の温度制御 閉鎖型畜舎：温度、アンモニア濃度等によるファン制御	温湿度指数（THI）によるミスト制御	次世代閉鎖型畜舎 ・THI・エアロゾル濃度、画像による牛の位置による局所環境制御
作業の自動化	AIナイアガラカウンター 卵重AIチェッカー	自動給餌 洗浄ロボット 堆肥化装置	自動敷料散布機 哺乳ロボット 餌寄ロボット ふん尿収集運搬ロボット
個体イベント検知・生体情報取得	監視・死鶏発見ロボット Robococco	行動検出による発情発見・カメラ 画像からの体重測定	搾乳ロボット・発情発見等・疾病発見 行動検出による発情、分娩、疾病発見・カメラ・加速度センサ 乳質検査装置 体温センサ 画像による体型センシング
クラウド営農支援	個体識別：RFID クラウド営農支援ツール		

宇都宮大学 池口教授作成（一部変更）

撮影された個々の体重（枝肉重量）を推定する機器等がある。これにより豚肉の品質向上と生産効率化に貢献している。

#### 4.3 AIによる発情検知技術

豚舎に設置されたカメラにより母豚の行動を撮影し、録画された画像から発情時の特徴的な行動をAIにより解析し、発情の可能性が高い母豚を判定する装置が開発され、試験販売中である。本技術は、労働力不足の解消と繁殖成績の向上に寄与する。

#### 4.4 養豚経営支援システム

繁殖肥育一貫経営において、母豚の繁殖成績や子豚の生時から出荷されるまでのデータをタブレット等で記録し、クラウド上で管理することにより、繁殖成績に基づく母豚の選抜や肥育豚の適切な飼育管理など、様々な経営支援ができるソフトウェアが普及している。

### 5. 酪農・肉用牛生産を対象としたDX技術

#### 5.1 スマート畜舎技術

近年、搾乳牛の暑熱ストレス軽減を目的に、閉鎖型牛舎が注目されている。この牛舎は、多数のファンを用いた強制横断換気により、温湿度指数（THI）を下げ、細菌やウイルスを含むエアロゾルの濃度を低減する。また、ウインドレスであることから感染症を媒介する飛翔昆虫の侵入を防ぎ、夏季はファンによる強い風のため、飛翔昆虫が牛体に留まり吸血することを防止するなど、バイオセキュリティの面からも優れている。閉鎖型牛舎以外にも、牛舎の縦断換気やミストなどを用いた環境制御技術が普及している。

#### 5.2 作業の自動化に資する技術

##### 5.2.1 搾乳ロボット技術

搾乳ロボットは、センサーで検出した乳頭にティートカッ

プを自動装着後に搾乳を開始し、終了時にはティートカップを自動離脱させる装置である。個体ごとの乳量や乳質データを基に、牛の状態を評価する機能も備えている。表2に示すように、代表的な搾乳ロボットは、ロボット内に設置された給餌装置により牛が自らロボット内に入室するタイプと、ロボットが牛舎内を移動して繋ぎ飼いの牛から搾乳を行うタイプに大別される。国産搾乳ロボットは、現時点では普及していない。しかし、繋ぎ飼いの牛舎で利用可能な搾乳ユニット自動搬送装置が開発されており、一部手動での作業が必要であるが、自動給餌機との連携により精密な栄養管理と省力化が可能である。この装置は、繋ぎ飼いの牛舎に導入できる点が特徴であり、国内の酪農家にとって選択肢の一つと言える。

##### 5.2.2 自動給餌技術

自動給餌機は、ホッパー式やトラクターけん引式など様々な種類が存在するが、ここでは、レールに吊り下げて移動する方式と、通路を自走する方式の2種類に焦点を当てる。これらのロボットは、あらかじめ設定された経路に沿って牛舎内を自動巡回し、牛や牛群の養分要求量に応じて飼料を給餌する。飼料が不足した場合には、自動で飼料の補給拠点に戻り、飼料を補充して再び給餌を開始する機能を備えた機種もある。

###### (1) 吊り下げ式

吊り下げ式自動給餌機は、牛舎の天井に設置されたレールに吊り下げて移動する。通路の広さに制限されず、作業中の通路でも給餌作業が可能である。ただし、レール設置のための初期投資や、牛舎の強度の検討が必要となる。乳用牛ではフリーストールなどの平面型の飼槽にTMR飼料などを給餌する。肥育牛では箱形の飼槽に濃厚飼料を頻繁に少量ずつ給餌することで、良好な肥育成績を得ることができる。

表2 代表的な搾乳ロボットと特徴

製造企業	特徴
L社	3層構造のレーザーシステムで乳頭検知。洗浄ブラシは乳頭や乳房下部まで汚れを除去。省エネルギーで静粛性。
D者	3Dカメラで乳頭を検知し、素早いカップ装着が可能。専用カップと専用ラインを使った乳頭洗浄と前搾りにより、ミルクラインを常に清潔。
G社	3Dカメラで乳頭検知。マッサージからポストディップ（搾乳後に乳頭を消毒）までの一連の搾乳プロセスをティートカップライナー内で完結。
M社	つなぎ飼いの牛舎の通路を箱形の装置（ロボット）が移動し、牛の背後から近づいてアームを伸ばして装置内に誘導。乳頭の位置をレーザーで確認し搾乳。

## (2) 自走式

自走式自動給餌機は、超音波センサなどを利用して飼槽から一定の距離を保ちながら走行する。主に酪農家で採用されており、フリーストールなどの平面型の飼槽に適している。一部の機種では、飼槽に残った飼料量をセンサで測定し、不足している場合は自動で追加給餌を行う機能も備えている。

### 5.2.3 餌寄せロボット技術

餌寄せロボットは、超音波センサなどを用いて飼槽のフェンスとの距離を感知し、散らばった飼料を牛が採食できる範囲に集める装置である。昼夜問わず定期的に稼働し、バッテリー残量が少なくなると自動で充電ステーションに戻る。頻繁な餌寄せによって、採食量を増やすとともに、残飼を減らす効果が期待できる。近年では、給餌機能と餌寄せ機能を併せ持つ多機能型のロボットも登場しており、給餌作業の省力化と生産性向上に大きく貢献している。

### 5.2.4 哺乳ロボット技術

哺乳ロボットは、個々の子牛の成長段階に応じた代用乳の量と哺乳回数が設定できる機能により、子牛の健康な育成を支援する装置である。さらに、子牛ごとに記録した哺乳履歴のデータに基づいて健康状態のモニタリングにより、効率的な健康管理を実現する。哺乳方式は、集団哺乳と個

体別哺乳の2種類に大別される。

#### (1) 集団哺乳方式

牛房内に群飼されている子牛が個々に哺乳ステーションに入り、哺乳ロボットで哺乳する。省力的なシステムであるが、群飼のため衛生管理が不十分な場合、下痢や肺炎などの感染症が集団で発生するリスクがある。

#### (2) 個体別哺乳方式

天井のレールに吊り下げられたロボットが、個々のペンを巡回し個体ごとに子牛に哺乳を行う。個体ごとの衛生管理が徹底できる点が特徴である。ただし、個別ペンが整備されていない牛舎では、施設導入のための改修が必要となり、天井のレール設置も必要であり初期投資が大きくなる。

上記以外にも、作業の自動化に資する畜産DX技術として自動敷料散布機、ボディコンディションスコア判定装置などがある。

## 5.3 個体イベント検知・生体情報を取得する技術

センサやカメラを用いて、個体の体温、活動量、反芻回数などの生体情報を連続的に取得し、AIによる解析から発情、分娩、疾病などの個体イベントを判定する畜産DX技術が急速に普及している。表3に示すように、様々な種類のセンサやカメラが利用されており、それぞれの特徴を理解し適切なシステムを選択することが重要である。

表3 個体イベント検知・生体情報を取得するセンサの比較

センサの種類	センサの装着部位・設置場所	測定する生体情報	検知される個体イベント
加速度センサ <sup>1)</sup>	首、耳、尾、足	休息・反芻・活動など	発情、分娩、疾病（活動低下）、起立困難等
温度センサ <sup>2)</sup>	膣	体温の上昇や低下	分娩、発情
カプセルセンサ（温度センサ内臓） <sup>3)</sup>	第1胃・第2胃	体温の上昇や低下	発情、分娩、起立困難等の疾病、飲水回数
振動発電とBluetooth通信型のビーコン <sup>4)</sup>	首	家畜の動きによる振動エネルギーを電気エネルギーに変換し無線通信	子牛の活動量
タッチセンサ	牛体の十字部	他の牛が乗駕したときの接触の圧力	発情
カメラ <sup>5)</sup>	牛房 <sup>6)</sup>	牛の行動量や行動変化	分娩、発情

- 1) 測定する生体情報の精度上げるため、牛の上下の運動を測定できる気圧センサ、牛が水飲み場や飼槽へ近づく行動を検出する接近センサを併用する機種もある。
- 2) 発情時の体温の上昇、分娩24時間前の体温低下や1次破水時に膣からの温度センサの脱落による急激な温度変化を検知。
- 3) 小型カプセルを口から投与し、第1や2胃に留置してデータを測定する。カプセル内に、加速度センサを追加して行動量の把握もできる機種がある。
- 4) 牛の活動により発電することから、バッテリーや充電が必要ない。
- 5) カメラの種類として可視光カメラ、サーマルカメラ、赤外線カメラ等がある。センサの牛体への装着比べ、牛へのストレスが少なく、リアルタイムで事務所や自宅から映像を確認できる。
- 6) 分娩房内の妊娠牛や発情牛の行動が撮影できる位置にカメラを設置。

#### 5.4 牛群管理によるクラウド営農支援システム

このシステムは、乳用牛の搾乳記録、繁殖成績、肥育牛の成長や出荷成績、及び繁殖牛の繁殖成績などをスマートフォンやタブレット端末で記録し、クラウド上で管理する。個体リスト機能により、注意が必要な個体をリストアップし、ワクチン接種や削蹄などの処置履歴を簡単に検索できる。また、当日の作業予定を通知する機能や、家族や従業員、外部関係者とのリアルタイムでのデータ共有機能も備えている。さらに、前述の「5.3 個体イベント検知・生体情報を取得する技術」と連携することで、より高度な牛群管理が可能となる。

### 6. その他

#### 6.1 放牧・飼料作分野における DX 技術

**6.1.1 全地球測位システム (GNSS) を装着した放牧牛の位置情報を取得することで、広大な放牧地において牛の位置を特定することができ、見回り作業の省力化が図られ、個体管理の効率化に貢献する。**

**6.1.2 ドローンによる空撮画像解析を通じて、牧草量を推定したり、草地の植生をモニタリングするなど、精密な草地管理を実現する技術が開発されている。**

**6.1.3 GNSS ガイダンスと自動操舵機能を搭載したトラクターの導入により、牧草収穫作業等の精度向上と省力化が実現されている。**

#### 6.2 家畜診療サポートシステム

家畜の遠隔診療を推進する旨の農林水産省からの通知等を受け、スマートフォンなどを用いたビデオ通話機能や、牛の行動モニタリングシステムなどのデータを活用した遠隔診療支援システムが普及している。さらにこのシステムは、① Web 上での診療カルテの作成、保存、閲覧、② 獣医師から農家への電子指示書の発行、③ Web 上での死亡診断書の発行など、多岐にわたる機能を提供する。従来、獣医師は広範囲に散在する畜産農家を訪問するために多くの時間を費やしていたが、本システムの導入により診療業務の効率化が大幅に進む。農業共済組合 (NOSAI) の獣医師を中心に、本システムの導入が進んでいる。

#### 6.3 牛の動産担保融資 (ABL) サポートシステム

農家は、牛の行動モニタリングシステムから取得した個体情報を活用し、各個体の飼育コストや現在価値を算出することで、精緻な経営管理を行うことができる。金融機関は、このシステムを通じて、リアルタイムに取得した農家の経営管理の状況を基に、迅速かつ正確な資産評価を行い、

ABL 等の審査を効率化している。

#### 6.4 飼料タンク残量管理システム

飼料タンクの蓋の内側に設置された赤外線センサが、タンク内の飼料残量を常時計測し、その情報を農家の PC やスマートフォンに通知する。クラウド上に蓄積された飼料残量データは、飼料メーカーや運送会社と共有され、最適な飼料補充時期の予測や、効率的な配送ルートの策定に活用されることで、飼料供給の効率化に貢献している。

### 7. アニマルウェルフェアと環境負荷低減に対応する畜産 DX 技術

#### 7.1 アニマルウェルフェア

1960年代の英国において家畜に対するアニマルウェルフェアの理念として提唱された「5つの自由」は、国際的に広く共有されている。この「5つの自由」を基に、国際獣疫事務局 (WOAH) はアニマルウェルフェアに関する国際基準 (WOAHコード) を策定し、各国は自国のアニマルウェルフェアに関する規制を検討する際、このコードを不可欠な参照資料として位置付けている。

我が国においても、農林水産省はWOAHコードを参考に、「アニマルウェルフェアに関する飼養管理指針」<sup>11)</sup> を策定し、畜種別の飼養管理方法に関する指針を示している。同省の説明資料では、自動給餌器による適切な飼料給与や、自動換気装置による温度管理など、畜産DX技術を活用したアニマルウェルフェアの実践例が紹介されている。例えば、自動給餌器による少量多回の濃厚飼料給与は、牛の第一胃の健康維持に繋がり、「飢え、渇き及び栄養不良からの自由」を確保することに貢献している。

近年、ヨーロッパ諸国や米国およびカナダの一部の州では、採卵鶏のバタリーケージ飼育の禁止や、母豚の妊娠ストール飼育の禁止など、より高い水準のアニマルウェルフェアを求める動きが加速している。このような状況下で、我が国においても、アニマルウェルフェアのさらなる向上を目指していく必要がある。しかし、アニマルウェルフェアの向上には、飼育コストや労働負担の軽減も重要な課題である。畜産DX技術は省力化に貢献することで、これらの課題解決の一助となることが期待される。

今後のアニマルウェルフェアに貢献するDX技術として、竹田は、家畜の行動データや畜舎環境データをICTやIoTを用いて収集・分析し、アニマルウェルフェアを総合的に評価する技術の開発が重要であると指摘している<sup>12)</sup>。また、池口らは、EUのWelfare Quality Projectを参考に、畜産DX技術を用いた独自の評価票を提案しており、AIによる画像解析による個体識別技術やトラッキング技術の開発の重要性を強調している<sup>13)</sup>。

## 7.2 環境負荷低減

畜産は、草地・飼料作物の生産から家畜の飼育、排泄物の処理・利用に至る一連のプロセスにおいて、水質汚染、悪臭、地球温暖化など、多岐にわたる環境負荷を引き起こす可能性を孕んでいる。搾乳ロボットや自動給餌器などの畜産DX技術は、家畜管理の適正化を通じて環境負荷低減に貢献すると期待されるが、これらの技術導入効果に関するライフサイクルアセスメント（LCA）評価は、国内においてまだ十分に行われていないのが現状と考える。

家畜排せつ物処理においては、環境負荷低減に有効な畜産DX技術が開発されており、以下にその一例を紹介する。

### 7.2.1 生物化学的酸素要求量（BOD）監視システム

本システムは、BODとpHの値に基づいて、豚の排水処理施設の曝気を最適に自動制御する装置である。従来、BODの測定には数日間の測定期間を要したため、排水処理過程におけるリアルタイムなBOD制御は困難であった。しかし、本システムは、汚水中の発電細菌が有機物を分解する際に発生する電流を測定することで短時間でBODを推定し、pHと合わせて排水処理施設の運転を最適化する。これにより、省力化と同時に、曝気量の削減によるエネルギー消費の低減や、窒素除去効率の向上を実現している。

### 7.2.2 堆肥化ロボット

本ロボットは、天井クレーンを用いて堆肥を発酵槽間で自動移送しながら切り返しを行う。さらに、堆肥加温システム、通気量自動制御システム、温度測定システムを組み合わせることで、最適な発酵環境を維持し、電気代を大幅に削減するとともに、温室効果ガスの排出量を約60%以上削減することが実証されている。

## 8. 今後の研究に向けて

本稿の「1. はじめに」にも述べたように、畜産DXにおいては、搾乳ロボットをはじめとするロボット技術の開発・普及が著しい。ロボット技術も、センサやカメラを用いて動作データを収集し、そのデータを基にロボットの動作を最適化する点でデータ駆動型のDX技術に位置づけられる。ただし、データはあくまでハード面の最適化を支援するものであり、より深いレベルでの経営の意思決定には、ソフト面でのデータ駆動型の畜産DX技術の開発が求められる。

農業におけるソフト面でのデータ駆動型DXは、①生育予測や作業計画の高度化による高品質化・高収量化、②最適な栽培ステージの判定による効率的な栽培管理、③病害虫の早期発見など、多岐にわたる。一方、現状の畜産におけるソフト面でのデータ駆動型DXは、活動量等の測定データによる発情や分娩あるいは疾病予測などに特化して

いる。

畜産分野で既に多量に蓄積されているデータとしては、乳用牛群検定、(ゲノミック)育種価、代謝プロファイルテスト、家畜飼養標準、牛の個体識別番号などが代表的である。これらの技術は、個体ごとあるいは群レベルでデータを取得し、科学的な解析手法を用いることで、農家の意思決定を支援し、AI解析等を用いることなく省力的で生産性の高い畜産を可能にしている。しかし、今後は乳用牛検定等の個々のデータベース、あるいは統合されたデータベースを対象とし、データサイエンスやAIを活用し新たなデータ駆動型の畜産DX技術の開発が期待される。すでに、乳用牛群検定成績に基づく受胎率予測モデルをAIにより構築するデータ駆動型の畜産DX技術の研究が開始されている。

(2024年10月3日受付)

## 参考文献

- 1) Stolterman E., Fors A. C. (2004): "Information technology and the good life", In B. Kaplan, D. P. Truex III, D. Wastell, A. T. Wood-Harper, J. I. DeGross (Eds.), Information Systems Research: Relevant Theory and Informed Practice, Kluwer Academic Publishers, UK, 687-692
- 2) 経済産業省 (2022): デジタルガバナンス・コード2.0, 経済産業省ホームページ, 入手先 <[https://www.meti.go.jp/policy/it\\_policy/investment/dgc/dgc2.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/investment/dgc/dgc2.pdf)>, (参照 2024-9-10)
- 3) 農業DX構想検討会 (2021): 農業DX構想 ～「農業×デジタル」で食と農の未来を切り拓く～, 農林水産省ホームページ, 入手先 <[https://www.maff.go.jp/j/kanbo/dx/attach/pdf/nougyou\\_dxkousou-6.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/dx/attach/pdf/nougyou_dxkousou-6.pdf)>, (参照 2024-9-15)
- 4) 農業DX構想の改訂に向けた有識者検討会 (2024): 農業DX構想2.0 ～食と農のデジタルトランスフォーメーションへの道筋～, 農林水産省ホームページ, 入手先 <[https://www.maff.go.jp/j/kanbo/dx/attach/pdf/nougyou\\_dxkousou-167.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/dx/attach/pdf/nougyou_dxkousou-167.pdf)>, (参照 2024-9-15)
- 5) 産総研マガジン (2024.3.13): "スマート畜産"とは? —「スマート畜産」が日本の畜産を変えよう!—, 産業技術総合研究所ホームページ, 入手先 <[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/magazine/20240313.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20240313.html)>, (参照 2024-9-17)
- 6) 産総研マガジン (2024.5.24): "農業DX"とは? —スマート農業を超える農業全体の変革—, 産業技術総合研究所ホームページ, 入手先 <[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/magazine/20230524.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20230524.html)>, (参照 2024-9-17)

- 7) 鷺津 明由, 中野 諭 (2021): 早稲田大学 先端社会科学研究所ワーキングペーパー, IASS WP 2021-J003, 1-3
- 8) 農業DX構想検討会(第3回検討会2021.3): [資料2] データ活用農業経営の分析について, 農林水産省ホームページ, 入手先 <[https://www.maff.go.jp/j/kanbo/dx/attach/pdf/nougyou\\_dxkousou-15.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/dx/attach/pdf/nougyou_dxkousou-15.pdf)>, (参照 2024-9-17)
- 9) 森田 茂(2020): 日本における搾乳ロボットの普及と地域による利用特性 酪農ジャーナル電子版【酪農PLUS+】, 酪農学園ホームページ, 入手先 <<https://rp.rakuno.ac.jp/archives/feature/3377.html>>, (参照 2024-9-10)
- 10) 池口 厚男 (2022): 畜産の情報, 入手先 <[https://www.alic.go.jp/joho-c/joho05\\_002309.html](https://www.alic.go.jp/joho-c/joho05_002309.html)>, 農畜産業振興機構ホームページ, (参照 2024-9-10)
- 11) 農林水産省 (2023): アニマルウェルフェアに関する新たな国の指針について, 入手先 <<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/attach/pdf/230726-22.pdf>>, (参照 2024-9-10)
- 12) 竹田 謙一 (2021): “第Ⅵ章 アニマルウェルフェアのためのICT活用, ICTによるスコアリング”, 池口 厚男編著, スマート酪農機器導入ガイド: 期待できる効果と未来の姿, デーリイマン社, 日本, 120-124
- 13) 池口 厚男, 菱沼 竜男, 高柳 真子, 吉野 匠, 後藤 詩月 (2023): 農業環境工学関連学会2023年合同大会講演要旨, 茨城, 5-403-1320

## [Commentary and Discussion]

### Digital Transformation in Japan's Livestock Industry

Hiroshi DOHI<sup>1,\*</sup>

1 National Agriculture and Food Research Organization (NARO) (formerly)

\*Corresponding author: [hiroshidohi29@xui.biglobe.ne.jp](mailto:hiroshidohi29@xui.biglobe.ne.jp)

**Synopsis:** This paper reports on the trends in livestock digital transformation (DX) technologies in Japan. Livestock DX technologies encompass a wide range of applications, including environmental control in smart barns, automation of tasks such as milking and feeding using robots, and farm management support systems that predict estrus and calving times and manage herds using sensors. Furthermore, the adoption of DX technologies to support remote veterinary care for livestock and the development and implementation of DX technologies to support livestock-collateralized asset-based lending (ABL) by financial institutions have commenced. Additionally, livestock DX technologies contribute to addressing specific challenges in the livestock sector, such as animal welfare and environmental impact reduction. In the future, the development of data-driven livestock DX technologies utilizing software such as data science and artificial intelligence (AI) is anticipated.

**Keywords:** Livestock DX technologies; smart livestock farming; data-driven; animal welfare; environmental impact reduction

## 特集「畜産DXの現状と今後の期待」

[解説]

## 家畜排せつ物の処理・利用における課題

田島 清<sup>1,\*</sup>

1 国立研究開発法人 農業・食品産業総合研究機構 畜産研究部門

**概要：**我が国は、肥料や飼料といった農業生産・家畜生産に必要な資材や飼料のほとんどを海外からの輸入に頼っている。肥料原料や飼料は常に輸入可能であることが前提で日本の農畜産業は成り立っていたが、2020年から国際情勢の変化や資源保有国の状況により肥料原料価格は高騰した。2008年のリン危機の際はリンのみが高騰したのに対し、今回は、全ての肥料原料価格が高騰したことが根本的に異なっていた。2024年現在、これらの価格高騰は落ち着きを見せているが高止まりしている状況にある。飼料に目を向けてみると、我が国の畜産は濃厚飼料の約80%を海外に頼っている状況にある。

家畜排せつ物中には肥料となる成分が含まれている。年間8000万トンの家畜排せつ物を有する我が国は、肥料資源を潤沢に持っているとも考えられる。これも海外の飼料に由来したものである。

一部の畜産農家では耕種農家と連携して家畜ふん堆肥を飼料作物生産に用いて地域循環を図っている。こうした事例から、地域内で資源を循環させることが、農畜産業の持続可能性には必要であることがうかがえる。我が国の食料を全て国内で調達することは不可能だが、地域資源循環を地道に進めていくことが、食料安全保障上では重要だと考えられる。

**キーワード：**家畜排せつ物処理、地域内での資源循環、耕畜連携

## 1. はじめに

我が国は、飼料および肥料原料を海外に頼っており、食料安全保障上の大きな懸念となっている。一方、国内に目を向けると、発生する家畜排せつ物量は約8000万トン<sup>1)</sup>と考えられ、ここに含まれる肥料成分を有効に活用できれば、肥料の自給率は計算上は大幅に向上できる。ここでは、家畜排せつ物処理・利用や生産される堆肥の流通等の課題を述べた上で、畜産を中心とした地域資源循環のループを構築する大切さを解説したい。

## 2. 我が国の食料自給率

我が国の食料自給率は、1965年にカロリーベースで73%（生産額ベースでは86%）だったが年々低下し続け、2023年は38%（同61%）となっている<sup>2)</sup>。この状況を受けて、農林水産省は食料自給率を2030年に45%に引き上げる数値目標を掲げ<sup>3)</sup>、必要な対策をおこなっている。様々な施策はこれまでもおこなわれてきたが、残念ながら自給率向上を押し上げるには至らなかった。畜産の場合、品目別重量ベースでの自給率は鶏卵が96%と、鶏肉が65%、豚肉が45%、牛肉は40%となっているが、カロリーベースに直すと、それぞれ13%、9%、6%、12%となってしま<sup>4)</sup>。これは我が国の畜産が飼料を輸入に頼っているた

めで、「国内生産」を厳密にとらえるために輸入飼料による畜産物生産分を除いているために低い値となっている。この改善のためには、国内飼料の増産と、それを生じた家畜生産の構築が必要となる。

## 3. 家畜排せつ物処理

## 3.1 処理の重要性と必要性

ヒトをふくめ動物は日々栄養素を摂取する必要があり、それに伴って排せつ物が生じる。畜産では排せつ物処理が「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」で定められており、管理基準の遵守や処理施設の整備が義務づけられている。そのため、畜産農家は堆肥化処理施設や汚水浄化処理施設の設置が必須であり、生産される堆肥をどの様に流通するかを含め、畜産経営上重要な課題に位置づけられる。

家畜の生産性を上げるためには増頭・増羽が必要になるが、その結果生じる排せつ物処理が滞るとボトルネックになってしまう。つまり、排せつ物処理と生産される堆肥の行き先が確保出来ないと、便秘状態になって全てが滞る。そのため、畜産農家は排せつ物やその生産物である堆肥をどの様に循環させるかに頭を悩ませることになる。

さらに、こうした排せつ物処理で得られる堆肥もしくは

浄化処理水は、畜産物のように有価で取引されにくいいため、畜産農家にとってはそれに力を注ぐインセンティブになりにくい。浄化処理水は河川等に放流するため有価にはなり得ない。また、排せつ物の水分含量は家畜種や堆肥化の方法によっても堆肥中の水分含量は異なるが、一般的に堆肥の水分は概ね50%前後であるため、半分は水を運ぶことになり流通上の課題である。

北海道を中心に酪農ではバイオガスプラントの導入が進み、排せつ物のエネルギー利用が進んでいる。発生するメタン発酵消化液は液肥として酪農家の牧草地等の圃場に撒布され、得られた牧草や飼料作物は乳牛の飼料となる。エネルギーと肥料、飼料利用という循環がなされている。残念ながら冬季には消化液を撒布することができないため、消化液を濃縮して肥料成分を高濃度化、減量化する研究が進められている。都府県においてもバイオガスプラントを導入している畜産農家（酪農や養豚）は存在する。ただ、消化液の処理（撒布先の確保）が難しいという理由で、北海道ほどは進んでいない状況である。

### 3.2 エコフィードにおけるリサイクルループ

エコフィードの取り組みは堆肥利活用においても参考になるように考えられる。先に述べたように、畜産における飼料自給率や国産飼料率向上のために、廃棄される食品残さを飼料利用する取り組みが、主に養豚分野において取り組まれてきた。2001年に食品リサイクル法が施行され、その後の改正を経ながら食品残さは堆肥化よりも飼料化を

図ることとされた<sup>5)</sup>。また、2009年には飼料のエコフィード認証<sup>6)</sup>、その後、エコフィードを用いた認証畜産物の認定制度<sup>7)</sup>も始まった。約15年を経て、エコフィードという言葉はようやく一般にも認知されるようになった。

エコフィードの取り組みを成功させるキーワードはリサイクルループの構築と言われている。食品事業者から排出される廃棄物や副産物を飼料化、それを畜産農家が給与して豚肉等を生産。それを食品事業者が購入して販売する。こうした取り組みは畜産農家が一般的に使用する配合飼料の様に全国展開することは難しい。一方で、地域で排出される特徴的な資源を地域で循環し、生産物をブランド化して付加価値をつけて販売するといった取り組みがなされている。

その一例として日本フードエコロジーセンター<sup>8)</sup>の取り組みを紹介したい。この会社では関東近郊の170件以上の食品事業者から分別された食品残さを収集し、養豚用の発酵リキッド飼料（乳酸発酵した液状飼料）を製造し、それを養豚農家に販売・納入。日本フードエコロジーセンターの飼料給与により育てられた豚から得られる豚肉は、食品残さ等を排出した食品事業者を通じて販売される、というループを形成している（図1）。食品ロスの取り組みが評価されて、2018年に第2回「ジャパンSDGsアワード」最優秀賞を受賞している。養豚に限らず、乳牛や肉用牛でもエコフィードは活用されており、農林水産省のホームページで紹介されている。

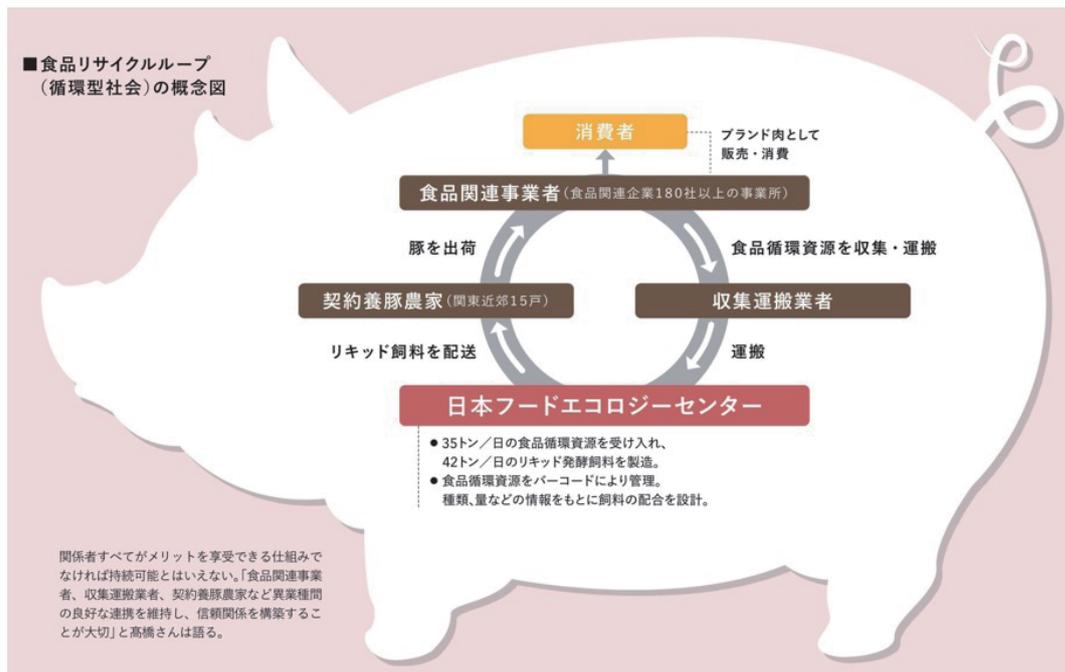


図1 日本フードエコロジーセンターにおけるリサイクルループの構築

### 3.3 自給飼料生産と家畜排せつ物の利用

先に述べたように、適切な排せつ物処理をおこなうことは法律により定められており、畜産農家は日々発生する排せつ物処理（家畜ふんと汚水浄化処理）を考えた経営が必要となる。堆肥製造にあたって、堆積式の堆肥化では発酵を促進させるために切り返しという作業が必要になり、常に作業者を配置しなければならない。密閉縦型堆肥化装置のように自動化可能な設備もあるが、酪農のようにスラリー状の排せつ物処理には本装置は向いていない。

水分含量が高い（水分含量約50%）堆肥は広域流通には向かず、化学肥料に比べて堆肥は肥料成分が少なく撒布量が多いこと、腐熟が進んでいない堆肥は悪臭の原因になる場合があって、利用の促進はなかなか難しい。

一方、国内自給穀類である飼料用米や飼料イネを用いたイネホールクロップサイレージ（WCS）の利用促進が、2010年頃から進められてきた。飼料用米等を中心に耕畜連携を図り、畜産農家にとっては飼料自給率の向上、飼料費の低減、家畜排せつ物の利用促進、耕種農家にとっては飼料用米等の栽培による収入の増加と経営の安定化を図ってきた成功例を紹介したい。

新潟県にあるフジタファームは酪農を中心に地域に根ざした循環型農業を実践している<sup>9)</sup>。ホームページには、「毎日搾りたての牛乳をジェラートに加工して販売」「排泄物は堆肥として田んぼへ施肥してコシヒカリを」「同じ堆肥を使って飼料稲や飼料トウモロコシを栽培し、また乳牛へ」（図2）。また、「子牛お米で肥育し、同社が経営する

レストランで肉として提供と、完全地域生産の試みをおこなっている」と書かれている。生産性を上げるために無理な増頭をせず、乳牛一頭当たりの搾乳量を適正にすることでアニマルウェルフェアにも配慮されている。地域内で資源循環および持続可能性にこだわった結果、藤田牧場を中心に米工房、ジェラート、農家レストランといった会社が生まれ、地域に人が集まるようになった。

養豚においては飼料用米を活用した取り組みがなされている。青森県にある木村牧場は、養豚、飼料用米、肥料、再生エネルギーの4つの事業を持ち、養豚から生産される堆肥を用いて契約農家で飼料用米を栽培・収穫し、飼料用米は養豚用飼料の自給飼料として給与している。木村牧場ではエコフィードも配合しており、豚肉はブランド化して販売している。農場HACCAPやJGAPも取得するなど意識が高いことがうかがえる。こうした活動が、地域内での資源循環や持続可能性に留まらず、地域振興にも結びついている。

養豚を中心とした地域資源循環のループをまとめると図3のようになる。エコフィードの場合と同様に地域の中で資源循環をおこなうことにより、畜産物のブランド化、高付加価値化を図り、地域全体の活性化に成功している例がある。

### 3.4 家畜排せつ物賦存量の地域差とその解消

冒頭に述べたように、我が国における家畜排せつ物の発生量は約8,000万トンとも推定されている。畜産が盛んな

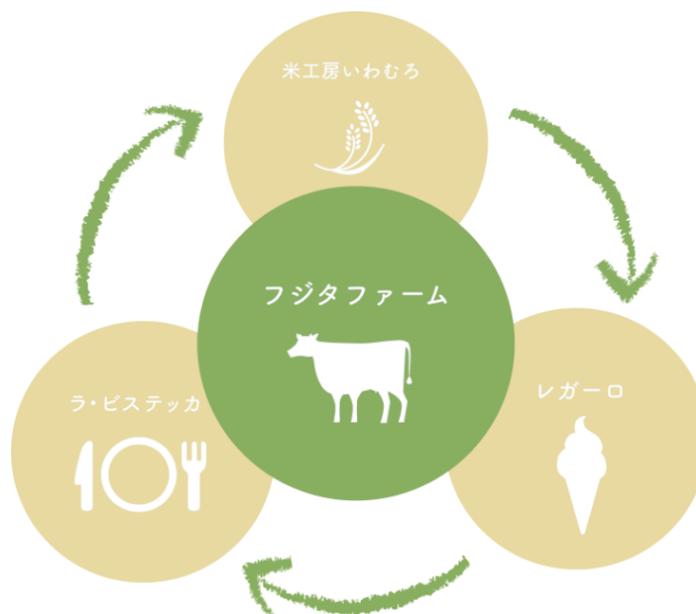


図2 フジタファームの取り組み(新潟県旧岩室村)

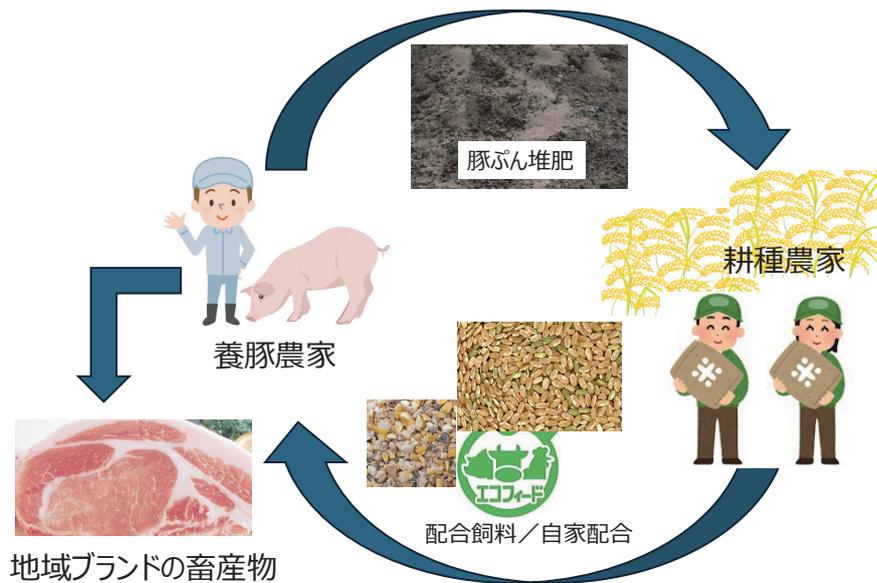


図3 堆肥を活用した地域資源循環のループ

地域は九州、北海道、東北の太平洋側、関東、中部、中国地方であり、排せつ物＝肥料成分の賦存量は大きな地域差がある。これまで述べてきたように家畜排せつ物を利用した堆肥は広域流通には向かないため、畜産が盛んな地域では堆肥が過剰になる一方で、盛んでない地域にはその恩恵が届かないという状況があった。

そこで現在は、畜ふん由来の堆肥を広域流通する試みがおこなわれている。肥料の高騰や稲わら不足を背景に、2023年にはJA鹿児島県経済連とJA全農みやぎにより、鹿児島県と宮城県で堆肥ペレット・稲わら広域流通の実証試験が実施された<sup>10)</sup>。これは、鹿児島県で生産された堆肥ペレットを宮城県に送って肥料利用を図る代わりに、その返り荷に、主として肉用牛用飼料に活用される宮城県産の稲わらを運ぶという取り組みである。この試みが成功すれば、これまで経済的にあわないと考えていた堆肥の広域流通が可能になるかもしれない。

また、2020年の肥料法の改正によって、牛ふん堆肥を使って生産できる指定混合肥料が創設された<sup>11)</sup>。これまでも混合堆肥複合肥料といって、養豚や養鶏由来の家畜ふん堆肥に化学肥料を混合して粒状またはペレット状に造粒した肥料が販売量を伸ばしていたが、指定混合肥料の創設により、牛ふん堆肥に化学肥料を混合することも可能になった。これにより、牛ふん堆肥の土壌改良効果と、肥料成分が保証されるため、農作物の品質向上や施肥労力の軽減が期待できる。JA鹿児島県経済連とJA全農みやぎの取り組みにあるように、広域流通にはペレット化が必要である。豚ふんや鶏ふん堆肥を用いた混合堆肥複合肥料、牛ふん堆肥を用いた指定混合肥料はペレット・粒状肥料である

ことから、特定の地域に偏っていた畜産由来の堆肥の広域流通が可能になることが期待できる。

### 3.5 家畜排せつ物からの GHG 削減技術

家畜の生産に伴う温室効果ガス (GHG) で注目されているのは、反すう家畜消化管から発生するメタンだが、家畜排せつ物処理過程からも一酸化二窒素 ( $N_2O$ ) が発生する。この  $N_2O$  の発生を抑えるためには家畜からの窒素排せつ量を減らすこと、排せつ物処理過程での適切な管理が必要となる。

窒素排せつ量を減らすためには飼料中のタンパク質を減らすことが考えられるが、科学的根拠に基づかずにおこなうと、飼料中のアミノ酸バランスが悪くなり生産性が落ちるなどの影響がある。そのため、飼料中のタンパク質を1～2%減らす代わりに、不足するアミノ酸を家畜の要求量を満たすように添加することで、主に尿中に排せつされる窒素が低下する。これは家畜の中で無駄に代謝されるアミノ酸が減少し、生体内でタンパク質が効率的に使われるためだと考えられている。

養豚の場合にはふん尿分離し、尿は污水浄化処理、ふんは堆肥化処理するのが一般的である。污水浄化過程では  $N_2O$  の発生が見られるが、タンパク質を減らしアミノ酸を添加した飼料給与 (アミノ酸バランス改善飼料) の給与により、尿中に排せつされる窒素を58%、污水浄化処理過程での  $N_2O$  を40%削減することができた (図4)<sup>12)</sup>。

堆肥化処理においては、水分調整が上手くいかず嫌気状態になることでメタンや  $N_2O$  の発生が増加することが知られている。そのため、堆肥の下から通気 (強制通気処理)

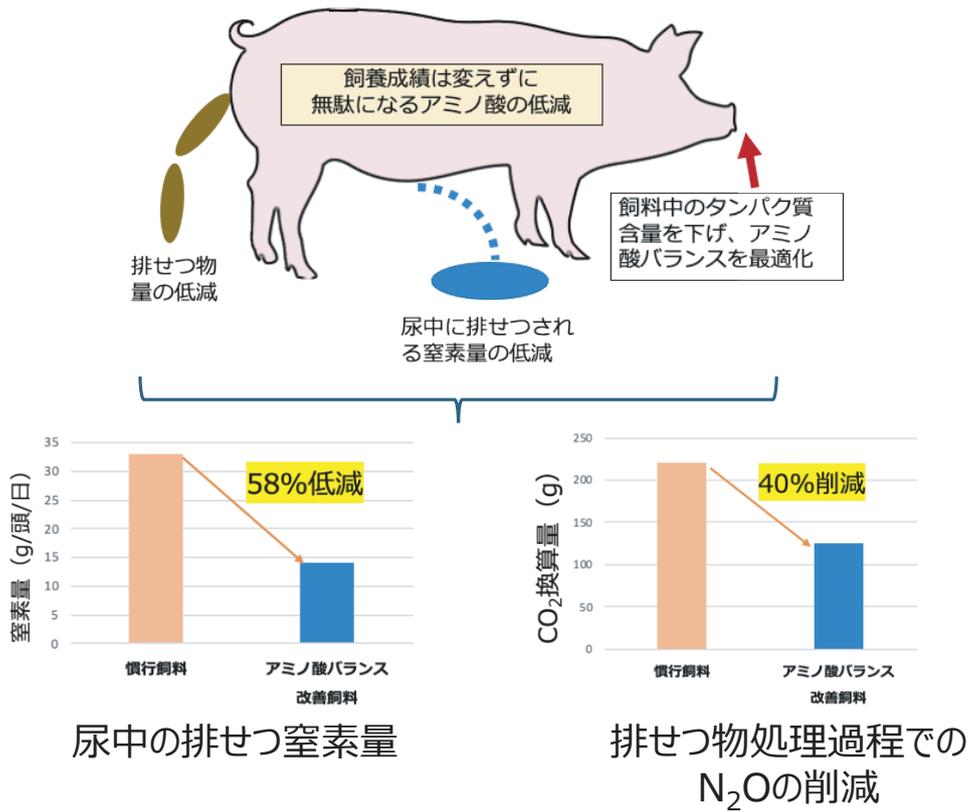


図4 アミノ酸バランス改善飼料給与による一酸化二窒素の削減

をして嫌気状態にならないようにすることでGHGの発生を抑えることができることが分かっている。

アミノ酸バランス改善飼料や家畜排泄物管理方法の変更によるGHG削減は、Jクレジットの方法論（AG-001、AG-006、AG-002）になっており<sup>13)</sup>、現在複数のプロジェクトが進んでいる。

#### 4. おわりに

家畜排泄物は年間約8,000万トン発生しているが、そのうち81.3%が堆肥化、貯留、乾燥等での農業利用、5.5%は焼却やメタン発酵といったエネルギーとして利用されている<sup>14)</sup>。一方で、家畜ふんを利用した堆肥等が全国的に十分に活用されているかという点、賦存量には地域差があり、畜産現場を見る限り多くの農家が製造した堆肥の処理に苦労しているのが実際のように思われる。

後半で広域流通の取り組み、混合堆肥複合肥料や指定混合肥料への期待を述べた。恐らくそれ以上に重要なのは、地域内の資源循環モデルにどのように組み込むかではないかと思われる。エコフィードのリサイクルループ、自給飼料生産における堆肥を活用した地域資源循環のループの構築がより重要だと考える。堆肥をもっと有効に活用しようという取り組みはこれまで永く取り組まれてきた。小さくとも地域の中での資源循環を図り、その輪を少しずつ大き

く広げるといった地道な取り組みが必要なのだろう。

#### 謝辞

本稿の執筆に際し、協力を頂いた畜産関係の皆様、LCA学会の皆様にご感謝申し上げます。

(2024年11月26日受付)

#### 参考文献

- 1) 農林水産省 (2023): 家畜排泄物の発生と管理の状況, 入手先 <[https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t\\_mondai/02\\_kanri/](https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t_mondai/02_kanri/)>, (参照 2024-11-18)
- 2) 農林水産省 (2023), 日本の食料自給率, 入手先 <[https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu\\_ritu/012.html](https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/012.html)>, (参照 2024-11-18)
- 3) 農林水産省 (2020): 新しい基本計画, 入手先 <[https://www.maff.go.jp/kyusyu/kikaku/attach/pdf/mirusiru\\_2020-7.pdf](https://www.maff.go.jp/kyusyu/kikaku/attach/pdf/mirusiru_2020-7.pdf)>, (参照 2024-11-20)
- 4) 農林水産省 (2024): 令和5年度食料自給表, 入手先 <<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/zyukyu/>>, (参照 2024-11-20)
- 5) 環境省 (2023): 食品リサイクル法に基づく基本方針の見直しの背景・論点等, 入手先 <<https://www.env.go.jp/council/content/03recycle03/000076609.pdf>>,

- (参照 2024-11-20)
- 6) 日本科学飼料協会 (2017): エコフィード認証制度, 入手先 <[https://kashikyo.lin.gr.jp/certifi\\_01eco.html](https://kashikyo.lin.gr.jp/certifi_01eco.html)>, (参照 2024-11-20)
- 7) 中央畜産会 (2011): エコフィード利用畜産物認証制度, 入手先 <<https://ecofeed.lin.gr.jp/use/index.html>>, (参照 2024-11-20)
- 8) 日本フードエコロジーセンター (2024): 日本フードエコロジーセンター, 入手先 <<https://www.japan-fec.co.jp/>>, (参照 2024-11-21)
- 9) フジタファーム (2023): フジタファーム, 入手先 <<https://www.fujitafarm1866.com/stores/fujitafarm/>>, (参照 2024-11-18)
- 10) JA鹿児島経済連 (2023): 堆肥ペレット・稲わら広域流通実証試験開始 (2023.02.14), 入手先 <<https://www.karen-ja.or.jp/news/202302140927.html>>, (参照 2024-11-18)
- 11) 荒川祐介 (2021): 家畜ふん堆肥を肥料原料に～指定混合肥料制度の創設にあたって～, Bio九州, 230, 4-9
- 12) 農研機構 (2020): 標準作業手順書 養豚におけるアミノ酸バランス改善飼料の設計と給与効果, 入手先 <<https://sop.naro.go.jp/document/detail/7>>, (参照 2024-11-18)
- 13) J-クレジット制度 (2024): 方法論 (農業), 入手先 <<https://japancredit.go.jp/about/methodology/>>, (参照 2024-11-18)
- 14) 農林水産省 (2024): 畜産環境をめぐる情勢 (令和6年9月), 入手先 <<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/attach/pdf/index-184.pdf>>, (参照 2024-11-18)

## [Commentary and Discussion]

### Issues in the Treatment and Utilization of Livestock Waste

Kiyoshi TAJIMA<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> The Institute of Livestock and Grassland Science,  
The National Agriculture and Food Research Organization

**Synopsis:** Japan relies on imports from abroad for most of the materials needed for agricultural and livestock production, such as fertilizer and feed. Agricultural and livestock industries in Japan were built on the assumption that fertilizer materials and feeds would always be available for import, but since 2020, fertilizer materials prices have risen sharply due to changes in the international and the situation in resource-holding countries. Whereas during the phosphorus crisis in 2008, only phosphorus prices rose sharply, this time all fertilizer material prices rose sharply, which is fundamental. On the feed side, livestock industry in Japan still relies on foreign sources for about 80% of its concentrate feeds.

Livestock waste contains components that can be used as fertilizer. With 80 million tonnes of livestock waste per year, we can be considered to have ample fertilizer resources. This also comes from foreign feeds.

Some livestock farmers are working with arable farmers to use livestock manure for feed crop production to achieve regional recycling. These examples suggest that recycling resources within the region is necessary for the sustainability of agriculture and livestock production. Although it is impossible to produce all of our country's foods and feeds domestically, the continued promotion of regional resource recycling is considered important for food security.

**Keywords:** Livestock waste management; Resource circulation within the region; collaboration between crop cultivation farms and livestock farms

## 特集「畜産DXの現状と今後の期待」

[解説]

みどりの食料システム戦略に基づく環境負荷低減の取組の  
「見える化」の現状と課題古田 謙一<sup>1,\*</sup>, 田中 ゆり子<sup>1</sup>

1 農林水産省 大臣官房 みどりの食料システム戦略グループ 地球環境対策室

\*連絡先: kenichi\_furuta660@maff.go.jp

**概要**：食料・農林水産業における環境負荷低減の取組を進め、持続可能な食料システムを構築していくためには、消費者を含めた食料システムの関係者一人ひとりの理解と協働が不可欠であり、生産者が行っている環境負荷を低減する工夫や努力を消費者にわかりやすく伝達することが重要である。

農林水産省では、2020年度から開催している有識者等による検討会での議論を基に、栽培データの入力により、農産物の生産段階における温室効果ガス排出量と削減貢献効果を数値で把握することができる簡易算定ツールを、これまでに米や野菜など23品目について作成した。また、簡易算定ツールの算定結果に基づいて、当該生産活動が地域の排出削減にどれだけ貢献したかを星の数で表す等級ラベル「みえるらべる」を用いて、農産物や食品に表示する方法をまとめ、これらを実践する際の考え方や手順を示したガイドラインを策定し、2024年3月から「農産物の環境負荷低減の取組の『見える化』」として、本格運用を行っている。この等級ラベル表示では、対象品目を米に限定し、生物多様性保全の取組も温室効果ガス削減貢献と併せて表示することを可能としている。今後は、現在23品目としている温室効果ガス削減貢献の対象品目へ、畜産物を追加することを検討している。

生産段階における環境負荷低減の「見える化」の推進と並行して、食料システム全体での脱炭素の実践と、その「見える化」に向けて、官民の協議体である「持続可能な食料生産・消費のための官民円卓会議」の下で議論が行われている。この中で、2023年に食品関連事業者等が製品のカーボンフットプリント（CFP）を算定する際に参照できる自主算定ルールの方向性が提案されたことを受け、2024年にかけて、加工食品共通のCFP算定ガイド案、及び輸入原材料の排出量算定の際のデータベース活用に係るガイダンスが作成・公表された。現在、これらが、中小企業を含む多様な食品関係事業者において活用しやすいガイダンスとなるよう、更新に向けた算定実証が行われている。

本論では、こうした食料・農林水産業における、環境負荷低減の努力の「見える化」、さらには食料システム全体における脱炭素の「見える化」に向けた取組について、現状と今後の展望をまとめた。

**キーワード**：持続可能な食料システム、持続可能な消費行動、カーボンフットプリント、農産物のGHG排出量低減、環境負荷低減の取組の「見える化」

## 1. 我が国の食料・農林水産業における環境負荷低減の取組の現状

我が国の食料・農林水産業は、気候変動による大規模自然災害、地球温暖化、生物多様性の急速かつ大規模な損失をはじめ、生産者の減少・高齢化による生産基盤の脆弱化や地域コミュニティの衰退、生産・消費の変化など、様々な課題に直面している。持続可能な食料システムの構築は急務であり、将来にわたって食料の安定供給を図るため、災害や温暖化に強く、生産者の減少や消費の変化も見据えた農林水産行政を推進していく必要がある。

とりわけ気候変動に関しては、2023年3月にIPCC第6次評価報告書（AR6）統合報告書が公表され、地球温暖化が人間活動、主として温室効果ガス（以下、GHG）の排出

を通して地球温暖化を引き起こしてきたことに疑う余地がないことが示された。日本の農林水産分野におけるGHG排出量は4,790万トン（2022年度、CO<sub>2</sub>換算）で、我が国のGHG総排出量11億35百万トン（同上）<sup>1)</sup>の4.2%（図1）を占める。これは、世界の農林業由来のGHG排出量が全体の約22%（うち農業11%、土地利用、土地利用変化及び林業11%）（図2）であることに鑑みれば相対的に低いものの、その生産活動は燃油等のエネルギー消費に依存しているほか、農業に由来するメタン及び一酸化二窒素の排出量は、我が国のメタンと一酸化二窒素の総排出量のそれぞれおよそ8割と5割<sup>1)</sup>と、大きな割合を占める。農産物等の生産段階において、省エネルギー対策等を進めるとともに、農場から排出されるメタンや、化学肥料の使用等に

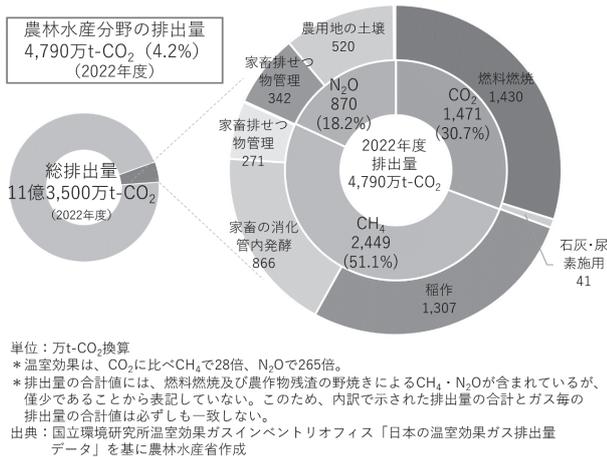


図1 日本の農林水産分野のGHG排出量

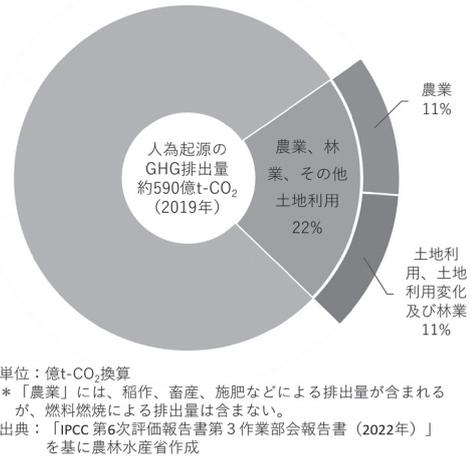


図2 世界の農林業由来のGHG排出量

由来して農地から排出される一酸化二窒素といった、農業に特有のGHGを抑制する対策を導入し、食料システム全体としてGHG排出量を低減することが効果的である。

こうした環境負荷低減の取組を進め、持続可能な食料システムを構築していくためには、消費者を含めた食料システムの関係者一人ひとりの理解と協働が不可欠である。2023年に内閣府が実施した世論調査(図3)では、消費者の8割以上が「環境に配慮した農産物を購入したい」と回答しており、消費者全体としての環境配慮への関心の高さが伺えた。一方で、「環境に配慮した農産物を購入したことがない又は今後購入しない」と回答した者では、その6割以上が、主な理由として「どれが環境に配慮した農産物かわからないため」を挙げており、生産者が行っている環境負荷を低減する工夫や努力を分かりやすく伝達することの重要性が伺える。

もう少し広く、食品のサプライチェーン全体で見れば、気候変動は、そのリスクが食品事業の経営に及ぼす影響の観点からも注目されており、事業者は、投資家や金融機関から、気候関連リスクと機会に関する情報開示を求められるようになりつつある。2017年6月に気候関連財務情報開示タスクフォース(TCFD)が公表したTCFD提言では、こうした情報開示の枠組みが整理され、GHG排出量については、自社が直接排出するGHG(スコープ1)、他社から供給された電気や熱等、自社が間接排出するGHG(スコープ2)に加え、原材料仕入れや販売後に排出されるGHG(スコープ3) <sup>脚注1)</sup> についても、該当する場合、開示が推奨されている。

こうした背景の下、生産と消費をつなぐ存在である加工食品業界においても、近年では、GHG排出削減に取り組む企業が増加しており、カーボンフットプリント <sup>脚注2)</sup> (以下、CFP) 算定の必要性を指摘する声が高まっている。し

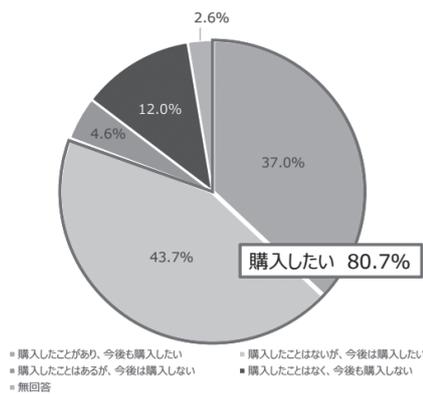
かしながら、これまで、加工食品に共通して適用できるCFP算定のルールで、食品関係業界として合意されたものではなく、一部の製品において製品別算定ルールが存在するものの、特定プログラムにおける検証や表示ラベル利用の場合に限られていた。また、輸入原材料を使用する事業者がCFP算定を行う場合には、輸入原材料分のGHG排出量の算定方法が分からない、あるいは排出原単位を参照すべきデータベースの選定方法や活用の仕方が分からない等の課題も想定される。

以上のように、食料・農林水産業におけるGHGの排出量そのものや、その削減に向けた努力などの環境負荷低減の取組を定量的に把握し、消費者等に伝えていく必要性が高まる中、その定量化や評価、可視化に係る手法やガイダンスの整備が喫緊の課題となっている。農林水産省では食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現する「みどりの食料システム戦略」(2021年5月策定)等に基づき、農産物等の生産段階における環境負荷低減の取組の「見える化」を推進しており、2024年3月に、新たなラベルデザイン(ラベル愛称:「みえるらべる」) <sup>(図4)</sup> で、「農産物の環境負荷低減に関する評価・表示ガイドライン(以下、「見える化」ガイドライン)」 <sup>2)</sup> に則っ

脚注1) GHGの排出量を算定・報告するために定められた国際的な基準「GHGプロトコル」では、モノがつくられ廃棄されるまでのサプライチェーンにおけるGHG排出量の捉え方として、「スコープ1:(自社が直接排出するGHG)」、「スコープ2:(自社が間接排出するGHG)」、「スコープ3:(原材料仕入れや販売後に排出されるGHG)」という分類方法を提示。

脚注2) カーボンフットプリント(CFP): Carbon Footprint of Productの略語。製品やサービスの原材料調達から廃棄、リサイクルに至るまでのライフサイクル全体を通して排出される温室効果ガスの排出量をCO<sub>2</sub>排出量に換算し、製品に表示された数値もしくはそれを表示する仕組み。

問 環境に配慮した生産手法によって生産された農作物を  
実際に購入したことがありますか。 n=2,875



\*「食料・農業・農村の役割に関する世論調査」(内閣府、令和5年9月14日～10月22日実施、有効回収数2,875人)を基に農林水産省作成

問 環境に配慮した生産手法によって生産された農産物の購入  
について、購入したことがない、または、今後購入しない理由  
は何ですか。(〇はいくつでも)

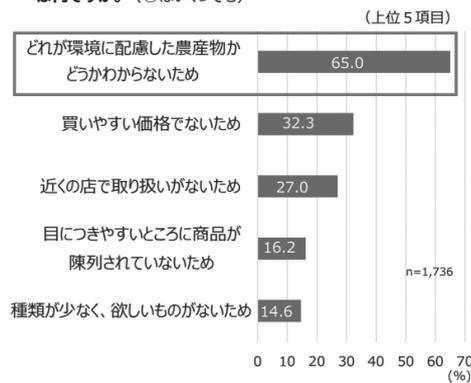


図3 環境に配慮した農産物の購入に関する世論調査結果



※上記の商標は農林水産省の登録商標です

図4 「みえるらべる」の表示例

た本格運用を開始した。また、農業の生産段階に限らない、食品のライフサイクル全体を通じたGHG排出量の定量化に関しては、フードサプライチェーン全体を通じた脱炭素化の実践とその「見える化」の取組を推進している。本論では、これらの取組の現状と、今後の展望について紹介する。

## 2. 生産段階における環境負荷低減の取組の「見える化」の仕組みづくり

農林水産省では、フードサプライチェーンにおける脱炭素の方策や分かりやすい可視化の在り方等について専門的知見を踏まえ検討を進めるため、2020年から、有識者等を委員とする「フードサプライチェーンにおける脱炭素化の実践とその可視化の在り方検討会」(以下、有識者等検討会)を開催し、生産段階における環境負荷低減の取組の「見える化」を検討・推進してきた。

フードサプライチェーン、とりわけ農業の生産段階におけるGHG排出削減の努力を可視化するためには、生産者が行うどのような取組が、GHG排出の削減に貢献するか、科学的根拠を踏まえて整理することが必要である。また、

生産者がコストと効果を踏まえて効率的にGHG排出低減対策を進めるためには、自らの取組による低減効果を定量的に把握できるツールが不可欠である。さらに、こうした生産者の努力が消費者へ伝わり、農産物の差別化や実際の消費につながるためには、消費者に分かりやすい形で情報提供を行うための手法の構築が必要となる。本章では、これらの観点を踏まえ、農林水産省が進める生産段階における環境負荷低減の取組の「見える化」について説明したい。なお、以下に記載する低減技術や算定に関する概念、算定や等級表示に関する実施手順については、「見える化」ガイドラインにまとめている。

### 2.1 GHG低減技術の整理

農林水産省では2020年から2022年にかけて、フードサプライチェーンにおいて既に導入が進められている技術や今後の導入が期待される新たな技術を収集・整理し、脱炭素化技術紹介資料<sup>3)</sup>として取りまとめた。この資料は、実証・検証中のものも含め、フードサプライチェーン全体の脱炭素化技術を俯瞰して把握することができる「ロングリスト」と、そのうち技術の実証や普及等が進んでおり導入による効果が特に期待できる技術を抽出して紹介する「技術紹介」(表1)により構成された。

現在の生産段階における環境負荷低減の取組の「見える化」では、上述を踏まえ、有識者等検討会での更なる議論を経て、科学的根拠が十分に得られたGHG低減技術を、後述の「温室効果ガス簡易算定シート」(以下、簡易算定シート)に反映した。具体的には、化学肥料・農薬の使用量低減や施設栽培における燃料のバイオマス化のほか、水稲栽培における中干し期間の延長や堆肥の連用、バイオ炭の施用等、表2に示すとおり、農業に特有の7項目を、GHG低減技術として採用している。

表1 2022年にまとめた技術紹介資料\*で紹介された脱炭素化技術

脱炭素化技術	主な実施対象
水稲栽培における中干し期間の延長・間断灌溉	水稲
バイオ炭の農地施用	農業全般
良質堆肥の生産	乳牛、肉牛、豚、鶏
アミノ酸バランス改善飼料給与による温室効果ガス削減	豚、鶏
農業トリジェネレーション	施設園芸(野菜、果樹)
農業用機械の電動化	農畜産業全般
常温低湿乾燥システム	穀物
梱包材の削減・減容化(フレコンの複数回使用等)	省資源・省エネルギー
通い箱・通いプラコン・通い容器の使用	省資源・省エネルギー
バイオマスプラスチック製容器包装	再生可能資源
モーダルシフト	省エネルギー
小型バイオガス発電施設	再生可能エネルギー

\* フードサプライチェーンにおける脱炭素化技術・可視化(見える化)に関する紹介資料【第2版】(令和4(2022)年6月改訂)<sup>3)</sup>

表2 簡易算定シートで低減技術として採用している農業に特有の7項目

項目	対象品目	効果
水稲栽培における中干し期間の延長	米	水田からのメタン排出量の削減
秋耕	米	水田からのメタン排出量の削減
堆肥の連用	野菜・果樹・茶*	連用による土壌炭素貯留効果
バイオ炭の農地施用	農業全般	土壌炭素貯留効果
残さすきこみ	野菜*	土壌炭素貯留効果
緑肥(カバークropp)・草生栽培	野菜・果樹*	土壌炭素貯留効果
茶園土壌への硝化抑制剤入り化学肥料の施肥	茶	窒素肥料由来のN <sub>2</sub> O排出量の削減

\* 堆肥の連用、残さすきこみ及び緑肥については、米の算定においても考慮されているが、水田では有機物増加によるメタン排出量が大きいため、純排出量は低減しない。

## 2.2 GHG排出・吸収量の算定手法の構築

農産物・食品における、フードサプライチェーン全体を通じたGHG排出量算定の試みは過去にも行われてきたものの、算定に必要なデータが多く、その取得にかかるコストが大きいこと、低減技術の効果が十分に反映できていないこと、評価に必要なデータ等の更新が持続的に実施されなかったことなどの複数の要因により、現場の生産者の取組を定量的に可視化できていなかった。

こうした背景を踏まえ、農林水産省では、2021年度から簡易算定シートの作成を進め、生産者が栽培データを入力することで、個別の農産物についてGHG排出量の算定ができるツールとして、2022年に試行版を作成し、公表した。この試行版は、先行的に米(露地)、トマト(露地と施設)、キュウリ(露地と施設)の3品目を対象としていた。2023年度には、これら先行3品目について算定実証

を行うとともに、対象品目の拡大を行い、果実やイモ類、茶を含む合計23品目(表3)について、本格運用向けの簡易算定シートが完成した。

簡易算定シートは、GHG排出量算定に必要な係数や計算式等をあらかじめ組み込んだExcelファイル形式であり、生産者等が算定を行う際は、対象とする農産物に係る栽培データ(ほ場面積や収量、電力・燃料・資材使用量などの「活動量」)を入力する。入力された「活動量」と、IDEAデータベース<sup>脚注3)</sup>等を利用してあらかじめシート内に設定している「温室効果ガス排出原単位」とを掛け合わせることで、その農産物の生産におけるGHG排出量が算定される。

脚注3) IDEA: 産業技術総合研究所で開発された国内最大級のライフサイクルインベントリデータベース。積み上げ法で作成されており、産業連関法で作成されたデータベースに比べ、物量ベース単位でより多くのデータ項目を有する。

表3 「見える化」の対象品目

区分	品目
穀物	米(露地)
野菜	トマト(露地・施設)、きゅうり(露地・施設)、なす(露地・施設)、ほうれんそう(露地)、白ねぎ(露地)、たまねぎ(露地)、はくさい(露地)、キャベツ(露地)、レタス(露地)、だいこん(露地)、にんじん(露地)、アスパラガス(露地)、ミニトマト(施設)、いちご(施設)
果実	りんご(露地)、温州みかん(露地・施設)、ぶどう(露地・施設)、日本なし(露地)、もも(露地)
いも	ばれいしょ(露地)、かんしょ(露地)
その他	茶(露地)

表4 簡易算定シートの入力項目の概要

区分	入力事項	対象品目
基本情報	●基本事項(品目、栽培都道府県、栽培延べ面積・収穫量等)	全品目
栽培情報(低減の取組)	●作物残さの取扱方法	米 <sup>*1</sup> 、野菜
	●水田の湛水方式(間断灌漑/常時湛水)及び中干し期間の延長有無 <sup>*1</sup>	米 <sup>*2</sup>
	●バイオ炭の施用状況(有無、種類、施用量)	全品目
	●緑肥の施用有無と種類	米 <sup>*1</sup> 、野菜
	●草生栽培の有無	果樹
	●秋耕実施の有無	米
栽培情報(資材等使用量)	●農薬(殺虫剤、殺菌剤、除草剤等)	
	●化学肥料(窒素/リン/カリの各成分量)	全品目
	●堆肥	
	●硝化抑制剤入り化学肥料(N成分量)	茶
	●プラスチック資材	
	●化石燃料・電力(ガソリン、軽油、灯油、A重油、LPG(液化石油ガス)、都市ガス、系統電力)	全品目

\*1 米については、栽培情報(低減の取組)として記載の作物残さ(すき込み)と緑肥の施用は、有機物増加によるメタン排出量が大きいと見做すため、純排出量は低減しない。

\*2 慣行の日数に対し7日間以上延長した場合に「中干し」延長とみなす。

本シートの算定対象範囲は、生産に必要な原材料の調達から農産物の収穫までを基本としている。ただし、後述する削減貢献率を算定する都合上、比較対象となる標準的な排出量の算出に用いている統計データの対象範囲を踏まえ、米については乾燥・調整を行い玄米とするまで、茶については荒茶加工までを評価範囲としている。

算定時は、対象とする農産物の品目名や栽培面積、収穫量といった基本情報、GHG排出量を算定するための活動量となる農薬や肥料、エネルギー等の使用量のほか、GHG低減技術として採用している作物残さの取扱方法や、バイオ炭の施用状況等について、入力することとしている(表4)。米については、メタン排出量に影響する水田の湛水方式(常時湛水又は間断灌漑)についても、選択方式で入力する。

簡易算定シートに設定している算定式は、「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」<sup>4)</sup>等、信頼性の高い出典を

参照しており、燃料燃焼による二酸化炭素のほか、水田から排出されるメタンや、肥料に含まれる窒素分が土壤中で変化して生成する一酸化二窒素等についても算出し、二酸化炭素換算値で計上される。低減技術として採用している項目(表2)のうち、堆肥の連用(米以外)やバイオ炭の農地施用といった、土壌炭素貯留効果が認められるものについては、算定上はマイナスの排出量(=吸収量)として計上されることで、その効果が結果に反映される。

### 2.3 GHG削減への貢献度合いの評価と製品への表示手法の検討

情報提供の手法に関しては、等級表示によるラベリングを軸として、検討を進めた。これは、消費者コミュニケーションでは単純化された表示が有効である、との有識者等検討会における議論や、2022～2023年度に実施した実証

事業中に行われた消費者アンケートにおいて、「見つけやすい・分かりやすい表示例」としてGHG削減量や削減率ではなく、等級による表示が多く選ばれた(図5)ことを踏まえたものである。さらに、既存の等級表示制度等について調査・検討を行った結果、等級は簡潔な3段階表示とすることとし、栽培データに基づき算定した個別の農産物の排出量を、その地域の標準的な栽培方法での排出量と比較することで「削減貢献率」を求め、削減貢献率が5%以上10%未満の場合に星1つ、10%以上20%未満で星2つ、20%以上で星3つ(表5)とする、現在の「みえるらべる」の表示方式となった。

簡易算定シートは、政府統計値、農林水産省「特別栽培

農産物に係る表示ガイドライン」に基づき都道府県が策定する慣行レベル、研究機関のデータ等を活用し、栽培地域の違いを反映した「標準排出量」をあらかじめ設定しており、「削減貢献率」は、算定者が栽培データを入力することで自動的に算定される。生産現場における環境負荷低減の工夫が様々であることに鑑み、算定される削減貢献率は、単位面積当たり排出量と単位収穫量当たり排出量の2種類とし、「見える化」の等級確定にあたってはどちらも有効としている。

簡易算定シートの算定結果であるGHG排出量や削減貢献率は、農薬由来や肥料由来、水田メタン由来、といったGHG排出の由来別に簡易算定シート上に表示される(図6)。

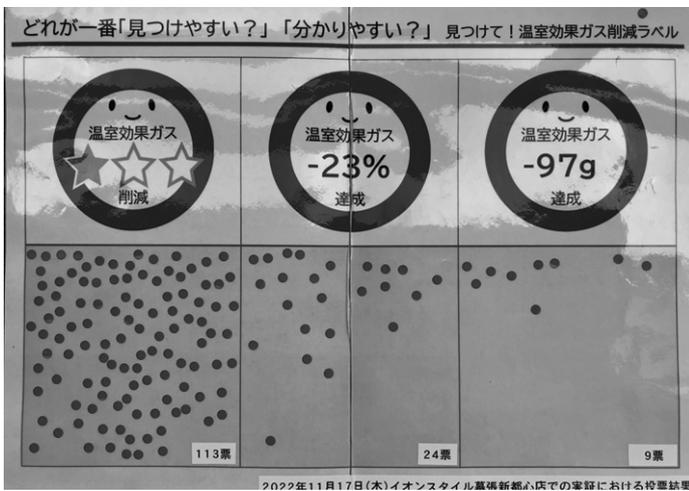


図5 2022年度に小売店舗で実施した「見つけやすい」・「分かりやすい」ラベル表示に関する投票結果

表5 GHGの削減貢献率に基づく等級表示

閾値	等級
5%未満	なし
5%以上10%未満	★
10%以上20%未満	★★
20%以上	★★★

GHG削減量(対標準値) ※マイナス表記が削減貢献分、プラス表記は増加	削減貢献割合
合計	-3.60kg-CO <sub>2</sub> e/10kg ▲29.5%
農薬	-0.06kg-CO <sub>2</sub> e/10kg ▲8.9%
肥料	-0.32kg-CO <sub>2</sub> e/10kg ▲21.3%
プラスチック資材	-0.00kg-CO <sub>2</sub> e/10kg ▲22.7%
燃料・電力	-0.30kg-CO <sub>2</sub> e/10kg ▲11.3%
土壌N <sub>2</sub> O	-0.21kg-CO <sub>2</sub> e/10kg ▲31.7%
水田CH <sub>4</sub> *	-1.92kg-CO <sub>2</sub> e/10kg ▲26.9%
残さ焼却	0.00kg-CO <sub>2</sub> e/10kg ▲0.0%
(吸収)土壌への炭素貯留	-0.80kg-CO <sub>2</sub> e/10kg ▲246.1%

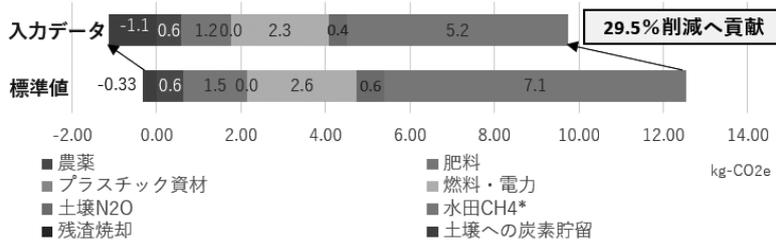


図6 「温室効果ガス簡易算定シート」における算定結果の出カイメージ -農産物10kgあたりの温室効果ガス排出削減への貢献量(CO<sub>2</sub>換算値)-

生産者はこれらの結果から、地域の慣行的な栽培と比較した自らのGHG排出量の相対値を把握する、あるいは、今後取り入れることで効果が見込まれる低減技術を把握する等、自らの生産活動について分析を行うことも可能となっている。

## 2.4 生物多様性の評価

上述の消費者への情報提供に関する有識者等検討会における議論の中では、GHG以外の環境負荷低減、とりわけ生物多様性保全についても、併せて検討していく必要性が指摘された。このことを踏まえ、また「新農林水産省生物多様性戦略検討会」や「生物多様性保全の見える化技術検討会」における更なる検討の結果、生産段階の環境負荷低減の取組の「見える化」では、米についてのみではあるが、生物多様性保全についても評価できることとしている。これは、水田における生物多様性保全のための取組については、その効果が確認されていることによる。ただし、GHG削減貢献と異なり、生物多様性については、定量的に評価する手法が十分に確立されておらず、個別の取組による効果の程度を一律の基準で測ることが困難であることから、各取組について点数換算（表6）を行い、得点に応じた評価としている（1点を星1つ、2点を星2つ、3点以上を星3つ）。このため、「みえるらべる」においては、生物多様性保全の評価は、単独表示ではなく、GHG削減貢献の評価を行った場合の追加的指標として運用を行っている。

## 3. 生産段階における環境負荷低減の取組の「見える化」のこれまでの実績と今後

### 3.1 「見える化」農産物の広がり

「みえるらべる」が表示された農産物は、本格運用開始後、全国で延べ約900の店舗等で販売されており（2024年12月末時点）、その展開方法も多種多様である。例えば、ふるさと納税サイト「さとふる」（運営：株式会社さとふる）では、環境負荷低減の取組の「見える化」の特集ページが公開さ

れた。このページでは、みえるらべるを取得した農産物（米、野菜、果実）の返礼品を掲載した上で、「見える化」の概要や「見える化」に取り組んだ生産者の声を紹介している。また、有機農業に地域ぐるみで取り組む産地「オーガニックビレッジ」を目指し、オーガニックビレッジ宣言を行っている島根県浜田市では、GHG削減貢献の星3つを取得したにんじんを使用した「みえるらべる」給食を提供した。（いずれも2024年12月）

展開数の点でも、GHG削減貢献と生物多様性保全の両方について等級を取得した米を全国の小売店で販売した事例（株式会社神明）があったことで、販売店舗数は2024年12月に急増している。このように、「みえるらべる」はさまざまな形で展開されつつあり、今後、消費者の目にとまる機会も増えることが期待される。

### 3.2 畜産物への対象品目の拡大

2024年3月の本格運用開始以来、簡易算定シートの対象品目は農産物23品目となっているが、農林水産省では、今後の取組拡大に向け、対象品目に畜産物を追加するべく検討を進めている。2024年度は、これまでの有識者等検討会での議論も踏まえ、消化管内発酵や排泄物管理に由来するGHG排出量の相対的な影響度の大きさを考慮し、肉用牛と乳用牛について、優先して検討を行っている。

畜産物は農産物と生産プロセスが大きく異なることから、算定の枠組みも異なる。算定に使用するデータは、飼育頭数や年間出荷数などの基本情報のほか、農場において把握が比較的容易と考えられる情報を基本に、飼料、排泄物、エネルギーなど、飼養に係るデータを想定している。簡易算定シートに反映する算定方法については、生産現場で広く取り組めるような簡便な入力内容をもとに算定する一方で、畜産の生産段階におけるGHG排出量算定手法としての妥当性を確保し、さらに、GHG排出低減のための生産者の取組が適切に評価されるものとなるよう、採用する低減技術や算定式等について精査を行っているところである。

表6 生物多様性保全の取組の点数

対象取組	得点
化学農薬・化学肥料の不使用	2
化学農薬・化学肥料の5割以上10割未満低減	1
冬期湛水	1
中干し延期又は中止	1
江の設置等	1
魚の保護	1
畦畔管理	1

### 3.3 算定実績と取組の更なる拡大に向けた展望

「みえるらべる」の使用を希望する算定者は、「見える化」ガイドラインに則り、栽培情報を入力した簡易算定シートを農林水産省へ提出し、登録番号を付与されることとしている。2024年3月の本格運用開始以降、登録番号を付与された「見える化」農産物の数は576件となった（2024年12月末現在）。品目別では、米が圧倒的に多く208件、次いでかんしょ39件、にんじん36件、たまねぎ34件、ばれいしょ30件等となっている。算定や表示の実績が一定程度蓄積する中で、算定シートの入力方法や等級ラベルの表示方法に関して、当初より整理が進んだ事項もあることから、農林水産省では、現在の「見える化」ガイドラインについて、今後、これらを踏まえた、より詳細なガイダンス等を反映する改定を検討している。

今後の取組の拡大に向けては、上述のとおり、対象品目への畜産物の追加を検討しているほか、運用についての改善も検討している。現在の運用では、算定者はExcelファイルで作成された簡易算定シートを農林水産省へメールで提出し、登録番号もメールで付与される。しかしながら、生産者側では、近年、栽培情報をスマートフォンのアプリケーション等で管理するケースが増えており、Excelシートへ入力することの負担が、今後の取組拡大においてハードルとなる可能性が考えられる。また、今後、取組数が大幅に増加することで、登録番号付与までに要する時間の増大も予想される。

農林水産省では、GHG算定・報告の手続をシステム化することで、こうした状況に対応するため、現在、アプリケーション・プログラミング・インターフェース（API）の開発を進めており、このAPIの提供により、営農管理アプリ等で管理される栽培記録との連動を可能にし、データ入力やその後の手続に係る負担を軽減するシステムを構築する検討を進めている。

こうした算定に関する対応と併せて、農林水産省としては、生産から消費までのステークホルダーの連携を促進し、食・農林水産業に関わる持続的な生産・消費を達成することを目指す「あふの環（わ）2030プロジェクト」等を通じ、消費者への普及も進めていく考えである。

## 4. フードサプライチェーンを通じた脱炭素の実践と「見える化」の現状と今後の展望

フードサプライチェーン全体としての脱炭素化に向けては、原材料の調達から生産、加工・流通、消費にいたる食料システム全体における実態を把握した上で、対策を講じることが重要である。食品産業においても、近年、製品のライフサイクル全体を通じたカーボンフットプリント（CFP）を把握することの重要性が注目されているが、冒

頭で述べたように、各社が任意でCFPを算定する際に参照可能な、加工食品共通のCFP算定ルールで、食品関係業界として合意されたものはない。

こうした中、食料システム全体での脱炭素化の実践と、その「見える化」を進めるための取組については、官民の協議体である「持続可能な食料生産・消費のための官民円卓会議」の下に、「温室効果ガスの見える化作業部会」が設置され、食品産業関係者が情報・認識を共有しながら具体的な課題を抽出し、プライベートセクターとしての具体的行動について検討を行う等、議論がなされてきた。この中で、各社のGHG排出削減に関する取組が消費者に伝わり、商品選択など実際の購買行動につながるよう、業界共通のCFP算定ルールの必要性が認識された。これを踏まえ、上述の作業部会の食品関係事業者などが中心となり、CFP算定ルール案が提案され、2023年12月に「加工食品共通のCFP算定ガイド案」（以下、算定ガイド案）としてまとめられた。

この算定ガイド案を用いて、農林水産省では2024年1月から、事業者の協力を得て食用なたね油と牛乳を対象に、算定実証を実施し、算定ガイド案の妥当性についての検証と課題の抽出を行った。算定実証の結果は、算定ガイド案とともに、2024年8月に公表されている<sup>5)</sup>。この実証では、算定ガイド案の妥当性について概ね確認された一方、CFP算定に必要な一次データの取得が困難な、流通・販売等、一部の工程について、個別にデータを取得せずとも算定を行えるよう、共通シナリオの策定を検討することの必要性などが課題として抽出された。幅広い食品関係事業者にとって、CFP算定の際に活用しやすいガイドとなるよう、こうした抽出課題への対応方針を検討するため、農林水産省では今年度も算定実証を実施している。今年度の実証結果を踏まえて算定ガイド案が更新され、今年度末を目途に「加工食品共通のCFP算定ガイド」として公表できるよう、参加企業各社の協力を得て、実証を進めているところである。

算定ガイド案の公表後には、幅広い食品関係事業者がこのガイドを活用してCFP算定が可能となることが期待される。この際、輸入原材料を用いる食品関係事業者においてもスムーズに算定が行えるよう、こうした事業者による活用を想定し、並行して作成を進めていた、「食品分野の輸入原材料のGHG排出量算定における排出原単位データベース活用のためのガイダンス」についても、2024年8月に公開した<sup>6)</sup>。今後、ケーススタディを追加するなど、中小企業を含む多様な食品関係事業者において、活用しやすいガイダンスとするための更新を含め、上述の算定実証の中で検討を進めているところである。

現在の算定ガイド案については、将来的に広く業界の自

主算定ルールとして活用されることが期待される。農林水産省としても、CFP算定に必要な環境整備と機運の醸成を図るため、算定ガイドの周知に努めるとともに、業界関係者などとの議論や意見交換、算定実証の結果の提供等を通じて、「算定ガイド」の更なる充実や改善に貢献するなど、引き続き、官民の連携により、CFP算定を行う食品関係事業者の取組を支援していく方針である。

## 5. おわりに

「みどりの食料システム戦略」が掲げる目標の達成に向けては、調達、生産、加工・流通、消費という食料システムの、各段階に携わる一人ひとりの理解と協働が必要不可欠である。ライフサイクルアセスメントやCFPは、生産側での環境負荷低減の取組を定量化及び可視化することで、その努力を分かりやすく伝え、サプライチェーン各段階の関係者に向けた訴求を可能にするものである。農林水産省においても、算定に用いる係数や算定方法について、技術的な妥当性を考慮して適宜更新を行うとともに、算定時に必要なデータ取得等を含めた実現可能性についても考慮しながら、引き続き各取組を推進していく所存である。

(2025年1月10日受付)

## 参考文献

- 1) 環境省 (2024): 2022年度の我が国の温室効果ガス排出・吸収量について (2024年4月12日), 環境省報道発表一覧ウェブサイト, 入手先 <[https://www.env.go.jp/press/press\\_03046.html](https://www.env.go.jp/press/press_03046.html)>, (参照 2024-12-18)
- 2) 農林水産省: 見つけて! 農産物の環境負荷低減の「見える化」～温室効果ガス削減への貢献と生物多様性保全への配慮～, 農林水産省ウェブサイト, 入手先 <[https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/being\\_sustainable/mieruka/mieruka.html](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/being_sustainable/mieruka/mieruka.html)>, (参照 2024-12-18)
- 3) 農林水産省: フードサプライチェーンにおける脱炭素化の実践・見える化 (情報開示), 農林水産省ウェブサイト, 入手先 <<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/visual.html>>, (参照 2024-12-18)
- 4) 国立研究開発法人国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス: 日本国温室効果ガスインベントリ報告書, 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィスウェブサイト, 入手先 <<https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/index.html>>, (参照 2024-12-18)
- 5) 農林水産省: 2024年8月23日プレスリリース: 加工食品のカーボンフットプリント (CFP) の算定ガイド案と実証結果について, 農林水産省報道発表資料ウェブサイト, 入手先 <[https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/b\\_kankyo/240823.html](https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/b_kankyo/240823.html)>, (参照 2024-12-18)
- 6) 農林水産省: 持続可能な食料生産・消費のための官民円卓会議温室効果ガス見える化作業部会, 農林水産省ウェブサイト, 入手先 <<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/visual/roundtable.html>>, (参照 2024-12-18)

[Commentary and Discussion]

## **The State and Challenges of Initiatives, Based on the MIDORI Strategy for Sustainable Food Systems, to Visualize Environmental Burden Reduction Efforts**

Kenichi FURUTA<sup>1,\*</sup> and Yuriko TANAKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Global Environmental Affairs Office, MIDORI Sustainable Food Systems Strategy Division, Minister's Secretariat, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan

\*Corresponding author: kenichi\_furuta660@maff.go.jp

**Synopsis:** To build sustainable food systems, it is essential to raise awareness among various stakeholders in food systems, including consumers, by communicating producers' efforts to reduce environmental burden in an easy-to-understand manner.

The Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan (MAFF) developed a simple calculation tool, for 23 products (e.g. rice, vegetables, fruits), for calculating greenhouse gas (GHG) emissions from production using farming data. Then, MAFF developed guidelines and formally launched "Visualization" labelling scheme in March 2024. The iconic label of the scheme is designed to clearly indicate the degree of producers' environmental burden reduction efforts, presenting one to three stars on it, according to calculation tool results. For rice, biodiversity conservation efforts can also be indicated. For GHG calculation, in addition to current 23 products, developing the tool also for livestock products is being considered.

For food systems as a whole, according to discussions in a public-private conference, guidelines for food-related entities calculating their carbon footprint of products (CFP) and a relevant guidance were published. Currently, a pilot project has been conducted to test the two documents and to locate where to improve in order for them to be practical guides for various entities including Small and Medium-sized Entities.

**Keywords:** sustainable food systems; sustainable consumption; carbon footprint of products (CFP); greenhouse gas emission reduction; visualization labelling for environmental burden reduction

## 諸報(Report)

## 日本LCA学会20周年記念シンポジウム

正嶋 宏一<sup>1,\*</sup>, 鶴田 祥一郎<sup>2</sup>, 永野 友子<sup>3</sup>, 佐々木 秀樹<sup>4</sup>, 竹内 孝曜<sup>5</sup>, 高木 重定<sup>6</sup>, 金澤 智尚<sup>7</sup>, 田中 晶子<sup>8</sup>,  
 測上 智子<sup>9</sup>, 大橋 憲司<sup>10</sup>, 坂本 琉瑠<sup>1</sup>

## 20th Anniversary Symposium of The Institute of Life Cycle Assessment, Japan (ILCAJ)

Koichi SHOBATAKE<sup>1,\*</sup>, Shoichiro TSURUTA<sup>2</sup>, Tomoko NAGANO<sup>3</sup>, Hideki SASAKI<sup>4</sup>, Takaaki TAKEUCHI<sup>5</sup>,  
 Shigesada TAKAGI<sup>6</sup>, Tomohisa KANAZAWA<sup>7</sup>, Akiko TANAKA<sup>8</sup>, Tomoko FUCHIGAMI<sup>9</sup>,  
 Kenji OHASHI<sup>10</sup> and Ruru SAKAMOTO<sup>1</sup>

## 1. 第1部 日本LCA学会へのメッセージとこれまでの軌跡

## 1.1 挨拶：経済産業省 高山 大地

本日は、日本LCA学会の20周年、おめでとうございます。室長の萩野の代理として、僭越ながら私よりご挨拶申し上げます。

経済産業省としては、企業の脱炭素に向けた努力が適切に受け入れられるような市場を創出するために、企業の努力を正しく見える化できるような、具体的な評価指標を定めることが重要と考えている。

このような考えのもと、日本LCA学会では、ライフサイクル全体で排出削減された製品単位の排出削減である、「削減貢献量」という指標について、いち早く議論頂き、ガイドラインを策定頂いた。この削減貢献量という指標はいまや、GHG排出量算定のグローバルスタンダードであるWBCSDでも議論され、ガイダンスが公表されており、国内においても、GXリーグにて削減貢献量が適切に評価される仕組みが議論されるなど、国内外ともに重要な指標になっており、日本LCA学会のお力添えに御礼申し上げます。

もう一つの評価指標として、経済産業省では、自社の排出量を削減した施策を反映した製品単位の排出削減を表す

「削減実績量」という指標について、日本LCA学会と連携し、その定義や算出方法に関する議論を開始した。引き続き、連携を強化させて頂くとともに、今後の日本LCA学会のますますのご発展を祈念致し、私からの挨拶とさせて頂きたい。



図1 高山 大地氏

## 1.2 挨拶：環境省 杉井 威夫

20周年おめでとうございます。本日はLCAに係る環境政策の動向と日本LCA学会に期待していることについて

1 TCO2株式会社 / 〒162-0837 東京都新宿区納戸町12第5長森ビル6F

2 一般社団法人サステナブル経営推進機構 / 〒101-0047 東京都千代田区内神田一丁目14番8号 KANDA SQUARE GATE 4階

3 富士通株式会社 / 〒212-0014 神奈川県川崎市幸区大宮町1-5 JR川崎タワー

4 パナソニックオペレーショナルエクセレンス株式会社 / 〒570-8501 大阪府守口市八雲中町3丁目1-1

5 グリーン購入ネットワーク (GPN) / 〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-10-5 TMMビル5階

6 みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 / 〒100-8176 東京都千代田区大手町1丁目5番5号

7 日立建機株式会社 / 〒110-0015 東京都台東区東上野2丁目16番1号上野イーストタワー

8 AGC株式会社 / 〒100-8405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号新丸の内ビルディング

9 合同会社エフプロ / 〒604-0902 京都府京都市中京区鉦田町294-1 シェリア京都鴨川二条ザ・テラス

10 株式会社資生堂 / 〒104-0061 東京都中央区銀座7-5-5

1 TCO2 Co. Ltd. / 6F Daigo Nagamori bldg, 12 Nandocho, Shinjuku-ku, Tokyo, 162-0837

2 Sustainable Management Promotion Organization / KANDA SQUARE GATE 4F 14-8, Uchikanda 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-0047

3 Fujitsu Limited / 1-5 Omiyacho, Saiwai-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa, 212-0014

4 Panasonic Operational Excellence Co., Ltd. / 3-1-1 Yagumo-naka-machi, Moriguchi City, Osaka, 570-8501

5 Green Purchasing Network (GPN) / 5F TMM Bldg., 1-10-5 Iwamoto-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-0032

6 Mizuho Research & Technologies, Ltd. / 1-5-5, Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8176

7 Hitachi Construction Machinery Co., Ltd. / Zero Emission Business Planning Project / Ueno East Tower 16-1, Higashiueno 2-chome, Taito-ku, Tokyo, 110-0015

8 AGC Inc. / Shin-Marunouchi Bldg., 1-5-1 Marunouchi Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8405

9 EFPRO LLC. / 294-1, Hokoden-cho, Nakagyō-ku, Kyoto-city, Kyoto, 604-0902

10 Shiseido Company, Limited / 5-5, Ginza 7-chome, Chuo-ku, Tokyo, 104-0061

\*連絡先 (Corresponding author), shobatake@tco2.com

話をさせていただきたい。

政府では、本年第6次環境基本計画及び第5次循環型社会推進基本計画を閣議決定した。両計画では、環境政策を起点とし、様々な経済・社会的課題を同時解決していく必要があることや、資源循環のために、事業者連携によるライフサイクル全体での徹底的な資源管理が重要であることを示しており、まさにLCAの考え方が施策の中心となっている。さらに、生物多様性政策としてネイチャーポジティブ経済移行戦略を進めている。ネイチャーポジティブ経済の実現には、バリューチェーンにおける負荷の最小化と製品・サービスを通じた自然への貢献の最大化が必要であり、そうした企業の取組を消費者や市場等が評価するための方法の検討がこれから重要となる。

カーボンフットプリントに関しては、本年の温暖化対策の推進に関する法律の改正により、製品等のライフサイクル全体での温室効果ガスの排出量に関する情報提供が事業者の努力義務として追加された。環境省としてもモデル事業を通じて、引続き企業及び業界のカーボンフットプリントに係る取組支援を進めたい。また現在は表示の在り方についても検討会として進めている。脱炭素経営や消費者の行動変容の推進においてLCAの果たすべき役割は益々大きく、今後の日本LCA学会の貢献に期待したい。



図2 杉井 威夫氏

### 1.3 講演「LCAの軌跡とLCA学会の役割」:

#### 日本LCA推進機構 稲葉 敦

##### ◇はじめに

LCAの軌跡と題して、日本LCA学会の設立当時の様子を交えながらお話をしたい。

まず、日本のLCAの歴史は、1993年のISO(国際標準規格)と共に始まったと言える。これは、前年にリオデジャネイロで開催された国連環境開発会議(UNCED)にて、持続可能な発展が提言され、産業界は何をやるのか議論され、その具体的な結果としてTC207が設立された。

私は、公害資源研究所を経て、1989年よりIIASA(オーストリア)でエネルギーシステムの研究に従事し、帰国の



図3 稲葉 敦氏

タイミングで、エネルギーシステムとライフサイクルアセスメントは共通する部分が多いことから、ISO/TC207に参画することを命じられた。当時の工業技術院は、研究所の部門と工業標準を担当する部門があり、工業技術院の研究者としてISOの活動に協力することは当然のことと認識されていた。

TC207には、SC1(環境マネジメントシステム)、SC2(環境監査及び関連環境調査)、SC3(環境ラベル)、SC4(環境パフォーマンス評価)、SC5(ライフサイクルアセスメント)、SC7(温室効果ガス及び気候変動マネジメント及びそれらに関する活動)と分科会が複数に分かれる。なお、2007年にSC7が設置されるまでは、カーボンに関する議論をSC5で行っていた。

1997年に最初のLCAの国際標準規格であるISO14040が発行された。日本のLCAには3つの波があったと思う。第1の波は、最初のISOが発行された頃、これを契機としたLCA国家プロジェクトが推進され、産業界での実施が盛んにおこなわれた波である。第2波は、後で紹介する「カーボンフットプリント」の波、現在の「カーボンニュートラル」を目指す活動が第3の波といえる。

##### ◇海外動向

国家プロジェクトの話に移る前に、海外の動向も少し押えておきたい。

欧米では、1990年以前より「SETAC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry」にてLCAの研究が行われ、1992年にはLCAの方法論が示された。このとき、LCAの構成を“Scoping”、“Goal Definition”、“Inventory Analysis”、“Impact Assessment”に加えて、“Improvement”と示しており、後にISOにおいて解釈と位置付けられるが、当時はどのように改良するか、検討、議論を行うこととされていた。スイスではBUWAL(スイス連邦内務省環境局)が中心となり、包装材料の研究が行われていたほか、1995年にはオランダが環境影響の統合化手法として、Eco-Indicator '95を発表した。データベース・

ソフトウェア関係の整備も欧州では進み、1993年にイギリスでTHE BOUSTEAD MODELが公表されると、スウェーデン、スイス (EMPA)、ドイツ、フランスが続いた。私はこの当時、資源環境技術総合研究所 (現: 産業技術総合研究所) で「SIMAPRO」や海外のソフトウェアのデモ版を収集し、プログラム構造を想像しながら、ライフサイクルアセスメントソフトウェア「NIRE-LCA」を開発した。その後、実際の現場担当者に活用いただき、改良点をヒアリングした上で、2000年代にライフサイクルアセスメント実施支援ソフトウェア「JEMAI-LCA Pro」を開発した。

#### ◇LCA日本フォーラムと国家プロジェクト

1997年、LCA日本フォーラムの提言により、通商産業省 (現: 経済産業省) にてLCAの活動を推進する国家プロジェクトが始動した。

このプロジェクトの目的は、日本国内におけるLCA活動推進の基盤整備であった。LCAは1社1産業だけでは出来ないで、産業界全体で推進していくことが重要と位置付けられた。

そのため、第1期プロジェクト (1998年～2002年) では、参加工業会は22を超え、協力工業会を加え、合計で54工業会が参画した。また、一般社団法人産業環境管理協会が事務局を務め、各工業会のLCAの推進とデータ作成を支援するために、それぞれの工業会を個別に訪問し、LCAの実施方法を説明した。この結果が、現在のJLCAデータベースである。

また、データベースの構築と並行して、環境影響評価 (LIME) の開発も行った。

その後、第2期プロジェクトは2003年から2005年まで行われ、個別自治体や企業と事例研究が行われた。

#### ◇エコバランス国際会議

LCA日本フォーラムが設立される2年前、1994年に第1回エコバランス国際会議「Theme: Life Cycle Assessment for Development of Materials and Technologies (材料と技術開発のためのライフサイクルアセスメント)」が開催された。海外14カ国41名を含む260名が参加した。この会議は2年に1度開催されることになり、1996年の第2回は翌年のISO発行を前に、LCAの関心度が高まり、発表件数は2倍に、参加者も100名近く増大した。また、第3回は、エコバランス国際会議にアジアの関係者を招聘するために、第1回APEC-LCAを併設した。当時は、LCAの更なる普及促進に向けて可能な限り通訳を手配するよう努力した。

そうした工夫、取り組みもあり、発表件数の推移を見ると、64件 (第1回: 1994年)、129件 (第2回: 1996年)、

138回 (第3回: 1998年)、206件 (第4回: 2000年)、266件 (第5回: 2002年)、221件 (第6回: 2004年) と増加しており、第6回の参加者は406名、海外参加者は全体の4分の1を占めるまでになった。2004年10月の第6回エコバランス国際会議の会期期間中に、日本LCA学会設立総会が開催された。

#### ◇日本LCA学会設立経緯

2002年の第5回エコバランス国際会議の頃から学会の設立に向けた議論を進めていた。当時を振り返ると、エコバランス国際会議の参加者に“LCA学会の設立議論のためのメーリングリスト”を案内し、設立に向けた議論を開始した。LCA日本フォーラムとの関係や学会の在り方、学会が扱う分野の範囲等のアンケートを行ったほか、検討会を開催し、名称、会員数の確保、研究論文誌の発行可能性等を議論した。その後、2004年6月に学会設立準備会を設置し、設立趣意書起草委員会・学会誌編集委員会・企画委員会・総務委員会を設置、事務局体制、定款等を議論した。

#### ◇設立趣意書

設立総会では、以下の設立趣意書が読み上げられた。

『20世紀が、地球環境問題の指摘により地球の限界が認識された時代であるとするならば、21世紀は、地球の限界を定量的に把握し、人間活動と調和させ、かつ整合性を高めつつ持続的発展を目指す時代である。人間活動を地球の限界との関連において明確かつ詳細に記述するには、ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment, LCA) を基盤とし、その上に構築される種々のツールにより実現できると考えられる。すなわち、LCAは、21世紀における人類生存の戦略を生み出すための基本的なコンセプトである。

持続型社会の構築のためには、市民レベルでのライフスタイルの変更が必要であるとともに、企業レベル、政府レベルにおける限られた資源の効率的活用が求められる。これらを実現するための戦略を描き、意思決定を行う上で、LCAは必要不可欠であり、資源の採取、製品・サービスの提供と利用、リサイクル・廃棄に至る、人類の活動のあらゆる場面においてLCAが活用されなければならない。さらに、すべてのステークホルダーにLCAを、普及・啓発する必要があることは言うまでもない。

本学会は、LCAを持続型社会の構築のための基本コンセプトであると認識し、その科学の発展および知見の蓄積、交換とともに、その結果を用いた意思決定、あるいは成果の社会への普及法などを含め、関連する新たな知識体系を創生することを目的として設立するものである。

このような知識の体系化は、一分野の専門家だけでは不可能であり、様々な分野の専門家が協働することによってはじめて可能となる。このため、本学会では、文理融合とといった掛け声を超越した本格的なシナジーの達成に向けて、継続的な学術活動を行うことを目指す。』

“LCAは、21世紀における人類生存の戦略を生み出すための基本的なコンセプトである”という大きな志のもと、学会の活動が始まったのである。

#### ◇日本LCA学会の活動

2005年3月に学会設立シンポジウムを開催し、同年12月に第1回研究発表会を開催した。

当時の研究発表会のセッションは、“LCA”、“ライフサイクル的思考に基づく分析手法・指標”、“生産におけるライフサイクル的思考”、“消費におけるライフサイクル的思考”、“社会システムにおけるライフサイクル的思考”、“LCAソフトウェア”であった。

研究発表会の参加人数と発表件数を、事務局に調査いただいた結果、2010年の第5回にいずれもピークを迎え、一度は減少するものの、直近3年間が増加傾向にあり、参加人数は345名（第17回）、399名（第18回）、501名（第19回）、発表件数（口頭）は134件（第17回）、142件（第18回）、171件（第19回）であった。この傾向は、冒頭、日本のLCAには3つの波があったと話したが、第2の波：2010年頃のカーボンフットプリント（CFP）、第3の波：2022年頃からのカーボンニュートラルの活動と関係していると考えられる。

#### ◇最後に

設立趣意書を振り返り、

- ・LCAを基盤とし、その上に構築される種々のツールにより実現できる
- ・市民レベルでのライフスタイルの変更が必要である
- ・企業レベル、政府レベルの戦略を描き、意思決定を行う上で、LCAは必要不可欠
- ・すべてのステークホルダーにLCAを、普及・啓発する必要がある

日本LCA学会の活動を通じて、課題はまだまだあるが、これらの要素は着実に成果をあげてきたと感じる。

一方で、「新たな知識体系を創生することを目的として設立する」、「本格的なシナジーの達成に向けて、継続的な学術活動を行う」、この2点は、文理融合などを課題認識としている。まだまだ今後の課題であると思う。

本日は、LCAの軌跡と日本LCA学会の役割というお題をいただいたので、これまでの歴史をかいつまんで紹介させていただきます。

## 2. 第2部 これからのLCAへの期待

### 2.1 講演「ライフサイクル思考は社会に“実装”されたか?」:

東京大学 菊池 康紀

本日は「ライフサイクル思考は社会に“実装”されたか?」について、お話をしたい。先程の稲葉先生のお話をお伺いして、お話する内容を少し変えたいと思ったため、スライドに書かれていない部分についても触れさせていただく。

私自身が“実装”に関わる業務に関わっているが、分野の差はあるが、少なくとも、“実装”は“実用化”とは少し異なる。“Interdisciplinary”という単語はもともと存在していたが、それが“Transdisciplinary”となることで様々な研究分野がシナジーを持つことができるようになってきた。基礎研究を社会に浸透させていくためには、“実用”や“実用化”を経て“社会実装”と進む必要がある。社会実装とは一般常識となるレベルまで進んだものともいえる。技術成熟度でも広い意味で“実装”があり、様々な場所で実用化が可能であるということが一般的になっていることを指す。現在、社会では“Transition”が必要とされている。変革を通じて新しい技術が社会に導入され、最終的には一般常識となっていく。ライフサイクル思考は技術評価、システム設計、さらには“Transition”の波及の可視化などをカバーすることが可能であり、今後、社会に一層浸透していくと考えられる。

持続可能な思考とは何かという問いに対して、私の個人的な経験を通じて考えてみたい。2003年4月、卒論配属の研究室にてLCAという新しい概念に関する研究を始めたところだった。当時は現在皆さんが使っているようなデータベースやツールはなく、限られた情報から学ぶ必要があった。私が手にしていた唯一の教材はライフサイクルアセスメントについて網羅的に書かれている161ページの本『LCAのすべて』だった。この本から得た知識は今でも役立っている。当時の研究室で使っていたソフトウェアは『JEMAI-LCA』であり、手作り感がありつつも情報が整理されているものであった。これが私がLCAに触れた当時の状況である。当時はインベントリデータの収集は足で



図4 菊池 康紀氏

取りに行くものであり、企業訪問や現地調査を実施していた。また、電話でのコミュニケーションも重要であった。データが得られない場合には、シミュレーションでデータを作成することもあった。また、学会での発表もLCAそのものの解説とその必要性から説明を行う必要があった。現在はデータベースやツールが充実しており、LCAの必要性も理解されており、当時私自身が時間をかけた研究が、今では恐らく3日もあればできる状況になっているだろう。

現在のLCAの状況を見ると、世界には4万5千程度の関連文献が存在しているが、日本の関連文献は相対的に減少しているように感じる。一方で、近年、府省の事業でLCAが重要視されてきている。私自身も事業者側の立場、または委員会側の立場の両方で議論に参加しているが、私に関わっている事業だけでも年間70社ほどある。しかし、その結果の学術論文等アクセスできる形での報告が減っており、せっかく得られた知識が再利用可能な形になっていない点に問題意識をもっている。他方、最近よく見られるLCAにおける特徴としては、バウンダリとデータ取得方法が限定的であったり、対象プロセスなどについて十分に議論がなされていなかったりする。また、機能単位が「機能」の「単位」になっておらず、機能の定義もあいまいになっている。また、環境領域が気候変動に傾倒しすぎており、これは今後改善すべき点と感じている。

LCAは実用化されつつあるが、まだまだ高度な理解が必要とされる。また、せっかく行われたLCAが公開情報として周りから見えない形になっていないのはもったいない。こうした課題を踏まえ、我々がすべきことはまずはLCAに対する理解を深めていくことである。その上でLCAを改善のためのエンジニアリングツールとして活用することが大事と感じている。開発目標を明確化することや適切な導入規模を見定め、将来シナリオを考えるなど、LCAには様々な可能性がある。目の前にない技術や開発段階にある技術をしっかりとLCAにより解析し、将来性を論じるためのProspective LCAにより、未来の戦略を考えていくことができる。また、私達のグループでは、先制的ライフサイクルマネジメントという言葉を使って研究を進めている。将来の社会で達成しなければいけない条件は多く、様々な地域、前提条件、情報を考慮しながら解を見つける必要がある。複雑に絡む課題と対策を理解し組み合わせるオーケストレーションが必要となる。

社会で実用可能な仕組みを作り出すことも必須といえる。例えば技術評価には既に様々な手法が提案され、学術論文等が作成されている。ただし、難解な内容のものも多く、社会がそれを直接導入することは必ずしも容易でない。学術的に検証されてきた考え方や条件、特性を簡易なルールに書き下し、認証制度や標準、ガイドライン、プロトコル

等にすることで社会が活用できるようにする取組が進められている。ただし、学術的な検証段階と社会での活用との間にはまだまだ知のギャップがある。これらのギャップを埋めていくことが学会の役割と考えている。

ライフサイクル思考の社会実装は道半ばである。LCAのインフラは整い、実用化も進んでいるが、成果が再利用可能な形で蓄積されていない。今後、LCAがエンジニアリングツールとなり、ライフサイクル思考が一般知となっていくことが望ましい。関係者が共創し人財が育成できる場が必要であり、日本LCA学会もその一つである。目まぐるしく変転する予測困難な時代においてLCAをうまく活用していくことができるようなエコシステムを作り出すことが重要と考える。

## 2.2 講演「マクドナルドのサステナビリティ」:

### 日本マクドナルド 牧 陽子

マクドナルドの全体的なサステナビリティの取り組みについて紹介する。

マクドナルドのサステナビリティには、フード、プラネット、コミュニティ、ピープルという4つの柱がある。「フード」はマクドナルドの店舗でおいしいお食事を継続的に楽しんでいただくための活動、つまり、品質のよい食材を責任を持って調達すること。具体的には、フィレオフィッシュ<sup>®</sup>のMSC認証やコーヒー豆のレインフォレスト・アライアンス認証など、環境や人権面で守られた食材利用などがある。「プラネット」は地球環境を守る活動。2050年までにGHGネットゼロ実現を目指す。中間目標として2030年までにサプライチェーン、オフィス、レストラン全体で50%の削減(2018年度比)という目標を設定している。また、牛肉、乳製品、鶏肉のGHG排出量16%削減(2018年度比)にもチャレンジしている。2025年までにお客様提供用パッケージやハッピーセットのサステナブル素材への切り替えを急ピッチで進めている。「コミュニティ」は地域の仲間をサポートする活動。ひとつにはドナルドマクドナルドハウス支援があり、病気と向き合う子



図5 牧陽子氏

供たちとその家族のための滞在施設を支援している。昨日10月20日は年に一回のチャリティの日「青いマックの日」で、全国の店舗で募金活動を積極的に行った。私も青いTシャツを着て募金活動を行っていた。他に、大事にしているファミリー層、特に子供たちの健やかな成長をサポートするために、野球やサッカー、ミニバスケットボールなどでキッズスポーツの支援も行っている。その他、クルーによるSDGsの出前授業やマクドナルドラジオ大学、こども110番の活動も行っている。「ピープル」は働きがいを持ってもらう活動。店舗で働いている高校生から95歳のお年寄り、様々な国籍のすべてのクルーにとって働きやすい職場環境の実現や人権の尊重を目指している。

環境の取り組みに関して、フロリダのウォルト・ディズニー・ワールド・リゾート内に未来型の店舗がオープンしている。ここでは再生可能エネルギーシステムを搭載し1年間分の必要な電力を賄っている他、熱線反射ガラスや自然換気システム、植物に覆われた壁面などが設置されている。このような店舗が増えていくことを願っている。

店舗、オフィスでの2050年に向けたGHG削減ロードマップでは、省エネ（電気、ガス）、オンサイト太陽光、コーポレートPPA、非化石証書といったさまざまな取り組みを組み合わせている。店舗における気候変動対策の主な取り組みを紹介する。再生可能エネルギー導入として、再エネ由来電力の調達、太陽光パネルの設置、コーポレートPPAの導入がある。省エネに関して、店舗で使用するエネルギーの約20%がエアコン、約15%が冷凍冷蔵庫なので、新型の省エネ機器への切り替えが有効である。また、店舗駐車場へのEV充電器設置も進めている。これは社会全体のGHG削減に寄与する。プラスチック削減に関して、ストローやカトラリー、サラダカップなどで脱プラ化を進めている。今後、ストローが不要なストローレスリッドの導入が進めば、ストローそのものをなくすることができる。リサイクルに関して、店舗で回収した紙カップをリサイクルしてペーパータオルとして活用する取り組みを開始した。また、コーヒー豆カスを堆肥化して姫路市の小学校花壇で使用している。廃油は家畜の飼料としてほぼ100%リサイクルされている。

科学的根拠に基づきGHG削減の2030年度目標を設定している。現状は、ローマテリアルで60%、サプライヤー店舗で20%、店舗で20%というGHG排出の構成である。マクドナルド1社ではGHG削減目標を達成することは不可能であり、サプライヤー、フランチャイジーと協業して取り組んでいる。比重の大きいローマテリアル領域では、多くのサプライヤー様とともにGHG削減に向けて定期的なディスカッションを行っている。

子供たちにとってより良い社会を持続させるため、「よ

り良い未来のために、皆様とともに」をスローガンにこれからもサステナビリティの取り組みを進めていく。

## 2.3 講演「ライフサイクル思考から生まれる未来」:

早稲田大学 天沢 逸里

環境問題に関心を持つきっかけとなったのは、高校生の時に体験したある出来事である。留学先のテキサス州のその高校ではリサイクルが全く行われていないことに衝撃を受け、環境啓発クラブに入り、仲間と一緒にペットボトルを回収するためのボックスを設置してみた。しかし市全体でのリサイクルが実施されていないために意味がない行動であった事に直面する。この時、ライフサイクル思考をもし理解していたならば、ペットボトルの最大利用や紙廃棄物のリサイクル、ペットボトルの非購入などを選んでいたかもしれないし、経済や雇用に寄与する事や、社会変革をもたらす可能性も考えられたかもしれない。など、ライフサイクル思考の重要性を後に認識する事になる。

より良い未来のビジョンとディストピア、二つのパスを考え、LCAが広く使われ、どのように使われるべきか議論し、解決すべき課題を明らかにし、現在抱えている問題を整理することが重要と説いた。ここから本日の「ライフサイクル思考によるディストピア」の内容に繋がっていく。

環境影響評価の専門家として、近年のさまざまな長期予測の中で一番危惧されることはライフサイクルを通じた地球環境を配慮しない意思決定、選択がされ、それが正当化されていくことである。多くのLCAが行われ、その結果は環境政策の策定にも活用されているが課題も多い。課題の一つは、LCAの評価結果が補助金額に影響を与えるため、評価指標は“lawsuit-proof”である必要があり、法律と結びつけられる。次に、単にCO<sub>2</sub>排出量を算定するだけでは環境影響評価は限定的であるため、他の関連影響も考慮すべきだということである。更に、LCA結果を機能ベースの現実世界への投影として適応させるステージにも課題がある。

例えば、車移動のLCAとして、タクシーとライドシェア



図6 天沢 逸里氏

の環境負荷を比較した事例がある。ここではライドシェアが最も環境負荷が低いという結論を得て、ライドシェアの3人以上利用が提案されている。しかし、現実問題としてライドシェアが利用できない地域ではこれを選ぶことが困難な問題が存在し、これを指し「サステナビリティ迷子」と呼ぶ事がある。学術界では、環境に配慮した新しい行動をしたいと思ってもできないという現象が問題とされており、更に地球環境に対して危機感を感じていない人たちも多く、これはとても大きな問題だと感じている。

ここで、地球環境への危機感を持たない人々の存在について考えてみる。講義の中で、学生に対して「地球は危ないと思いますか?」と問いかけ、大半の人々が地球環境が危険な状態にあると感じていることは確認できる。しかし、2022年に内閣府が出した気候変動に関する世論調査では、若者の中で地球環境問題に対する関心があると答えた人は20.3%しかないという結果が出ており、一番関心が高いのは高齢者だという結果であった。この現象は、現在の社会において起こっていることに対する関心が低い若者が多いという事実と繋がり、これがSDGsの教育や産業界でのLCAの普及にも影響を与えている。本来、自分らの将来を危惧する若者の関心の方が高いはずであり、他国もその傾向があるが、日本のみ若者の関心が低い。若者たちはこれからの社会、世界について関心を持って行動しなければならないのに、上の世代が関心を持たなければならないという状況が生まれている。

これまで見てきた結果から、無邪気に地球環境を破壊してしまうという事態が一番怖いと感じる。SDGsが教育に取り入れられ、産業界からLCAが推奨されているにも関わらず、関心は薄いままに留まっている。ライフサイクル思考のリテラシーと関心がLCAに留まったままで、無邪気に環境破壊に突き進んでしまうという状況が生まれるのではないかと危惧している。そのようなディストピアが現れる可能性があると考えており、現実にも、そういったディストピアを助長する事例があちこちで見られる。

例えば、大手企業が新しくオープンした店舗は、環境に配慮された店舗として大々的に宣伝されているにも関わらず、そのカフェでは使い捨て容器が使用されており、タンブラー持参客への対応は行われていないという事実がある。また、最近、ある店舗で売られている生分解性プラスチック製の商品も、これは環境に優しいと謳われているが、その用途の製品が、本当に生分解である必要があるのかは疑問の余地が残る。ある動物園の環境月間の取り組みとして、地球環境問題についての情報提供の場面に遭遇した。海洋プラスチックゴミを減らすためにマイバッグやマイボトルを使うようにしましょうという提案である。まずはそこから始めるのも良いのかもしれないが、その提案には違和感

も残り、そのような発信については指摘する覚悟も必要と思われる。少し視点を変えて、別の無関心に関する事例を紹介する。あるロックバンドがミュージックビデオを作った際、非常に差別的な映像になってしまったという問題が発生している。その際、気づいた点は、人々は個の無知だという点を攻撃するのではなく、問題の根源は何なのかという点について一人ひとりが考えるべきだということである。

今、私たちが住んでいるこの資本主義という社会は、何か楽しいとすぐにそれに流されてしまうという構造になっており、その中で、倫理的な正しさを理解し、歴史を覚え、サステナビリティが何なのかを考える必要がある。そして、その考えるプロセスには大きな精神的負担が伴う。しかし、その負担を避けて楽しいことだけを追求すると、差別的な行動に繋がる場合が出てくる。これらのことを考慮に入れると、例えば研究者や学界として必要なことは、ライフサイクルアセスメント(LCA)の情報を開発することと言える。これは演者が最初に述べた論文の中でも紹介されているが、まだまだ一般的とは言えない手法である。

環境だけを評価している現状ではなく、全体的な視野を持つことが必要であり、それができていないと、問題の本質を理解することが難しくなってしまう。

そのため、私たちは評価結果だけを出すのではなく、その中身も理解し広める伝道師としての役割を担っていくことが必要で、そのために声をあげ、記録に残していく行動を継続している。

最後に、グレッタさんの言葉を引用し

「希望がないことは何かをしないことの言い訳にはなりません。」

その言葉を胸に、日々行動を続けていきたい。

## 2.4 講演「LCAの将来像」：早稲田大学 伊坪 徳宏

日本LCA学会が立ち上がった時には、一人の若手の研究者として関わらせてもらった。日本LCA学会が20年経ち、いろいろな方々のサポート受けて規模が大きくなり、多く



図7 伊坪 徳宏氏

の議論ができていくことについて嬉しく思っている。

本日は今後の20年について、いくつかのキーワードを基にLCAの将来に期待することについて話をしたい。少し個人的主観も入るがご了承ください。個人としては、LIMEなどの手法の開発、実装について本を出してきた。最近出版したのは、「解釈」に着目して現状の状況を整理し、将来について考えたことを出版させてもらっている。今回、いろいろな視点からLCAの研究や出版させてもらっている立場から一歩下がって俯瞰して解釈しているところについて話をしたいと思う。

LCAの研究している立場から、一歩引いて社会を俯瞰した際に注目されている「サステナビリティ・SDGs」、「政策」、「環境経営」、「生活」、「信頼性向上」、「プライシング、経済評価」の6つの大きなキーワードについて触れてみたいと思う。

まずは「サステナビリティ・SDGs」であるが、マルチクライテリアとしてどのように社会側面を定量化に含めていくのか、経済側面の尺度をどのように組み込んでいくのか、また、自然資本、生態系評価の精度の高い評価手法を含めていくのか、特に昨今では平和、安全のニーズが高く、それに対してどのような解をLCAで出せるのかが重要になってくるかと考える。次に「政策」であるが、政策は中長期的にみていくことが重要であり、将来予測、政策評価、新技術に対するLCAをどのように実施するかが重要である。また評価の実施を可能とするためには、LCAベースの環境に係る統計が必要であると考え。「環境経営」については、ガバナンスを含むESGにLCA活用が必要であり、金融機関や投資判断に使えるようにする必要がある。「生活者」については、ユーザー毎に個別のLCAが見られるようになる、ビッグデータを活用した包括的な分析、ウェルビーイングや幸福度に注目した指標が必要となってくる。また、全般的に必要なニーズに対応していくこととして「信頼性向上」が重要になってくる。特に地域性を考慮したLCAやグリッドスケールでのLCAの評価・分析が重要となる。そのために算定ルールやデータの品質保証をどうするのか、民間では非常に重要な視点として考えられていると感じる。「プライシング、経済評価」の視点ではCBAM対応でLCAに期待されているわけであるが、どのように対応していくのが重要である。

以上LCAの研究をしている立場から話題となっている6つのキーワードについて述べたが、次にLCAを実施してきた者からの視点ではない立場から注目されているキーワードとして、「誤情報」、「異常気象」、「社会分断」、「サイバー攻撃」、「武力衝突」があり、それらキーワードについて、LCAへの期待について触れていきたい。

まず「誤情報」については、誤情報・偽情報の回避につ

ながる定量的な分析が重要ではないかと考える。グリーンウォッシュもその一つであると考え。次に「異常気象」については、ハリケーンの被害など、適応も含めてLCAが対応、回答していかなければならないと考えている。その他、「社会分断」という対立が世界中で起こっており、それらをどのように修復するのが重要であるわけだが、その定量評価をLCAが対応できるのではないかと考える。「サイバー攻撃」についても同様である。一日に数億件規模の攻撃があるわけではあるが、強靱なデータセキュリティが今後もっと求められる時代になると思われる。「武力衝突」、いわゆる平和を脅かすものについて評価される事例が出てきており、それに対するLCAの役割も多いと考えている。

以上、「誤情報」、「異常気象」、「社会分断」、「サイバー攻撃」、「武力衝突」のキーワードは、世界経済フォーラムのグローバルリスクの上位5つに位置する。世界でのリスクと考えるこれらのキーワードに対し、多少は強引な考えかもしれないが、これらにLCAがどのように対応できるかが重要なのではないかと感じている。以上がボトムアップ的にLCAの役割として考えたことである。

最後に私なりの考えるLCAの将来への期待として「展望の可視化」、「価値の反映」、「安心・希望を与える」と、3つの項目に絞って話をしたいと思う。

1つ目の「展望の可視化」について、AR6の統合報告に記載されているサステナブルの分岐を示した図でCRD (Climate resilient development) があるが、それを用いて説明したい。サステナブルの分岐がその図に示されているが、ここにLCAの科学的アプローチ、エビデンスを用いて説明できるようにすることが重要と考える。その際、将来の行先について早く、なるべく正確性を含めた形での評価を用いることが重要な視点であると考え。事例として当てはまるかは議論があるかもしれないが、欧州委員会の自動車のLCA分析が相当するのではないかと考えている。各車種の環境負荷がどのように下がっていくのかについて記述した報告書である。自動車は日本においても大きな産業であるため、どのように対応・対処して発信していくかが重要と思われる。

2つ目は「価値の反映」について、STP (Social Tipping Point) 及びSTI (Social Tipping Interventions) を例として触れていきたい。社会の形成がある時間軸で考えた際のある地点でドミノ倒しが起こる6つの点を整理している。その6つの中に30年程度をかけて必要となる「規範・価値システム」、「教育システム」があるが、それらにLCAがどのように対応してゆくのかが非常に重要かもしれない。その中で「規範と価値システム」の変化について、1つの我々の研究結果を紹介したい。G20各国の結果で、生物多様性

と生態系・人間健康の2軸をマッピングしたものである。2013年のときから2020年代になったときにどの程度重み付け係数が変わったのかを示したわけだが、先進国はほとんど変わらなかったのに対し、ブラジル、インドネシアは2020年代に向けて生物多様性の重み付けが大きくなった。結果として大きく先進国と同じような重み付けに近づく結果になった。この10年で途上国の環境価値が大きく変容しており、この変容をきちんとLCAの評価に組み込んでいくことが重要ではないかと考える。

3つ目は「安心・希望を与える」についてであるが、気候変動について多くの論文が出てきている。日本では気候変動をそこまで悲観して見ていない人が多い、といった結果が出ており、海外では多くの方が悲観して見ている結果がある。LCAの立場からはまずは評価によって貢献したいと考えている。今までの研究を通して環境面は評価できるようになったので、今後は社会面、その結果として新国富指数や幸福度指数などで評価できるようにしていきたい。その際、宗教の関わりも重要ではないかと考えている。ローマ教皇の声明で、気候変動の対応とトランスフォームの重要性があげられている。このような提言があるなかでLCAがどのように解を出すかが重要であり、安心・希望・共感を与える評価ができるようになると考えている。

これからの20年はそのような研究に貢献していきたいと考える。皆様の研究成果と融合して課題解決が図られるとを感じる。その意味でも日本LCA学会の役割が非常に重要になると考える。

### 3. 第3部 パネルディスカッション

#### 2050年持続可能な未来を支えるLCAの挑戦

モデレーター：松八重 一代（東北大学）

パネリスト：稲葉 敦（日本LCA推進機構）、菊池 康紀（東京大学）、牧 陽子（日本マクドナルド）、天沢 逸里（早稲田大学）、伊坪 徳宏（早稲田大学）、大橋 憲司（資生堂）（敬称略・順不同）

松八重：モデレーターとして、担当させていただきます、東北大学大学院環境科学研究科の松八重と申します。よろしくお願いたします。この後1時間のパネルディスカッション、皆様と一緒に進めさせていただきたいと思っております。

司会の大橋さんも、急遽ご参加いただくことになりました。ご覧のように、本日、非常に、それこそLCAの黎明期をご存じのベテランの稲葉さんから、キレッキレの若手研究者まで、お入りいただいております。牧さんにはビジネスの側からLCAへの期待というところについてお話をいただきました。LCAの学の立場でも、ビジネスの立場でも重要であるということですね、大橋さんにもお話に入らせていただいて、このあたりの議論を手厚くしたいと思っております。大橋さんにおかれましては、司会をご担当いただいておりますが、少しだけ自己紹介をお願いいたします。



図8 パネルディスカッションの様子1

大橋：改めまして、本日司会を務めさせていただいております日本LCA学会企画委員の大橋です。私は、株式会社資生堂という化粧品会社の、経営革新本部・サステナビリティ戦略推進部という経営戦略部門の中で、サステナビリティ戦略の立案や、LCAの実行等を担当しております。先程までの議論を聞きながら、こういうことをどうビジネスに落とししていくのかという点でなかなかハードルが高い面もありますが、やりがいがあるところだなと感じながら聞いておりました。本日どうぞよろしくお願ひします。

松八重：本日どうぞよろしくお願ひいたします。私自身ははじめて日本LCA学会に参加したのは博士課程の学生になってからです。2000年～2004年の間、早稲田大学で、先程の稲葉先生のご講演の中にありました第1回の日本LCA学会の時の基調講演に入っておられた中村慎一郎先生の元で、博士学生として研究をしておりました。社会科学の分野からLCAに入ってきたというバックグラウンドを持っております。それでは、これから1時間かけまして、LCAの方法というものについて、学側の立場から、産業界への応用、学術分野としてのLCAというものもありますが、学会としてどういった受け皿になるべきなのかというところにまで話を広げさせていただければと思います。

それでは、まず最初ですが、本日のご講演の中で、LCAというものは、学術分野における発展もありましたが、最初の稲葉先生の講演の中にありましたように、世界的な様々な潮流の中で、戦略的に必要とされるような手法というものが発展してきた側面も大きいと思われまふ。様々な認証基準ですとか、企業内で取り組んできた環境配慮の取り組みなどをどのように戦略的に発信していくのかといったところ、そういったところの側面で、重要な役割を担ってきたかと思ひます。情報を見える化するといったところでは、企業におけるご担当者におかれましては、ご苦労も多々あったかと思ひますが、産業界でLCAの活用ということを考える際に、最も期待するような点について一言いただけたらと思ひます。

大橋：まずですね、私が産業界の代表というところは問題があると思ひますが、私たちは、産業界の中ではおそらくかなり後発のLCA参入だったと思ひます。稲葉先生からご紹介がありましたカーボンフットプリント試行事業の頃に「LCAというものが世の中にあるのか、そうしたものを実装していかなければならないな」ということでLCAの勉強をはじめました。世の中を見ても、電機メーカー、自動車メーカー、様々な先駆的な企業がたくさん先行してやられていたわけですね。我々は後から入ってきて、まずカーボンフットプリント、そしてLCAに取り

組んだわけですが、やはり、そうした先駆的な企業の皆様と比べまして、社内の理解ですとか、お取引先の理解ですとか、今でもまだ全然足りていないという状況ですね。そうしたところは、我々が社内で努力しなければいけない部分ではあると思ひますが、企業の中、産業の中へLCAをどんどんと実装していくプロセスには企業だけでなく、アカデミアを含めて関係者の皆様のご助力がないとなかなか難しいと感じており、是非サポートいただければありがたいと思ひています。最近ではサステナビリティに関する情報開示要求が日増しに強まってきていて、これほどプレッシャーが強い時代は過去になかったのではないかと思ひます。TCFD、ISSB、TNFD、ESPR/DPPなど、LCAが貢献できる領域がますます大きくなってきている一方で、そうした環境関係の非財務情報開示に関してのサポートが不十分ではないかなというふうな、中において感じる場所ですね。そうしたところ、アカデミアと産業界とが、より日本企業の事業レジリエンスが高まっていくような関係性が作られればなと思ひています。

松八重：はい、ありがとうございます。まだまだ、やはりそのやらねばいけないことがたくさんあると思ひましたが、牧さんいかがでしょうか？

牧：ありがとうございます。昨年2023年1月にマクドナルドに転職して入ってきました、環境についてかなり優先的に取り組まないとという想いで行っているのですが、正直ライフサイクルアセスメントについて、会社の中の蓄積・知見はほぼなかったですし、私自身この1年の中で、まずは優先的にできるところからはじめなければというのが正直なところで、LCAに期待するところといわれてもなかなかお伝えするのが難しい状況ですね。マクドナルド自体は、アメリカに本社のあるグローバル企業ですので、本国の方針にアラインする形で、環境配慮に関する取り組みを行っております。

日本LCA学会20周年ということで研究を続けてこられたことはすばらしいと思ひますし、それに対して企業がきちっとやっつけていかなければいけないと思ひてはいるのですが、どうすれば企業がそれを現実的にインプリメントできるのか、というところがまだまだ距離があるのではないかと思ひております。まずは、本当に基本的なところからかもしれませんが、企業向けのセミナーなど、基礎のところからやっていただけると有り難いなと思ひております。

松八重：ありがとうございます。やはりマクドナルドさんはフード業界ではジャイアントだと思ひますし、先程そのスライドを拝見した際にも、様々な取組をなされているな

というところは感じられました。一方でLCAという言葉については、蓄積がないということでおっしゃられたわけですが、もしかしたら、菊池先生が先程おっしゃられた、知のギャップ、デスバレーということなのかもしれません。知のギャップを埋めるためには、一つには学側として、セミナーですとか、こういった場をより多く作ることによって、そのギャップを埋めることになるのかもしれませんが。ただし、企業側からみて、学会がありますよ、場がありますよといっても、なかなかすぐにこうお入りいただけるわけではないような気がします。参加するための駆動力、モチベーションになるようなことはありますでしょうか？我々が知を共有する際に必要とされるような、なにかお考えがありましたらお願いいたします。

**牧：**実行していかなければならないのに、その前提の数値の見える化に時間がかかるいうところがやはりネックなのだと思います。もちろん、並行しながらより精緻化して、数値化をしていけば良いのですが、「大枠で捉えて、優先順位をつける」とあたりまえに企業ではいいですけども、その優先順位付けの時に精緻化された数値がなかったとしても、ある程度仮説をたてて、そこから始めていくということをしなくて間に合わないだろうなというところを感じているので、いかに数字を作っていくのか？ということよりも、もう少しこう、何の為にこれをやるのか、そのためにはまずはここから進めるべき、というそのここからすべきのバックデータになるレベルで良いのではないかと？優先順位をつけるための一つの示唆としてあれば良いのかなと思います。

**松八重：**そういう意味では、一番最初の稲葉さんがお話になられた、みんなが使えるデータベースとか、ソフトウェアは非常に重要、特に企業の方にとっては重要なのではないかなと感じられましたが、大橋さんいかがでしょうか？

**大橋：**私は元々研究者として企業に入って、製品開発をやっていたのですが、今は経営戦略と同じ部門で、企業のトップマネジメントに対してどうやって正しい情報提供をして、正しい意思決定をしてもらうのかということが、非常に重要な業務になっています。その中で、企業のトップマネジメントが必要な情報というのは、そこまで細かい情報ではないということがあります。かといって間違った情報を渡してはいけないので、バックデータとしてLCAには非常に重要な意味があります。そのようなところは、企業の中でも役割分担みないところがあるのだろうと思います。その部分で、LCAを始めたばかりの企業だけではなくて、長く取り組んでこられた企業であっても、お

そらく社長や役員の方々がLCAを全部理解しているというのはありえない話なので、どういった情報が意思決定には必要で、かつ嘘にならないようにするために押さえておかないといけない情報が何か、そのところの線引きというのは、企業の中で誰かが担当できるかというのかなと思います。それを1人だけ、とか、企業内の専門部隊だけでは限界があるとも思うので、企業の中でのいろいろな部署ともうまく連携できるかというのかなと思います。

**松八重：**ありがとうございます。企業の方が、現在、直面している課題にあたって、LCAの情報が役に立ちそうだけれども、なかなかそれを理解して使えるようにするというところに時間を割けないというご事情もあるのかなと思いました。LCAはこれまで、持続可能性ですとか、CO<sub>2</sub>も元々目に見えるものでないものを見る化するというようなところに尽力をしながら、学術的に発展をしてきたと思います。このあたりについては、製品LCAですとか、企業のバリューチェーンを通じた環境負荷ですとか、社会的な負荷ですとかを可視化するというを行ってきたわけです。学術側としてアカデミアとして、これまでの20年間の発展を振り返っていかがでしょうか。菊池さん、天沢さんは20年を振り返ると学生時代にまで戻ってしまうというようなことがあるのかもしれませんが、こういったところで、思った通り発展・普及してきたのか、それとも、うまく進まなかったと思われる部分、先程菊池さんはデスバレーという言葉を使われましたし、何か感じるところがあれば是非コメントをいただければと思っております。

**伊坪：**ありがとうございます。この20年どこまでやれてきたかということについては人それぞれの解釈があるのだろうとは認識しています。確かに、非常に進展をしたところはあるのだろうとは私自身も思います。データベースもできたし、評価手法もできたし、さらには、これがグリーン調達の一選定の一つの要件に一部の製品についてはなりましたと、こういったあたりは進展してきた一つの表れだろうとは認識しています。ただし、目標がどこかということを見ると、やはりツールを作るということが目標ではなくて、行動変容であったりとか、社会が変革するであるとか、経営がサステナビリティ経営に移行するであるとか、こういったところを実際に促すレベルまでLCAがきちんと貢献しているかというところはまだできていないのではないかと考えています。ここをどう貢献するのか？というのはいろいろな側面から総合的にやっていかなければいけないと思っています。ここにまだ10年、20年かかりうるのではないかと考えていて、その中で特に価値をどう生み出していくのか？であるとか、規範をどう変えていく

のか？というところとか、これを正しい方向に変えていかないといけない、ここにLCAの今の役割が期待されているのではないかなと思っております。これは課題の認識ということでもあります。

菊池：ありがとうございます。20年前には確かに学生ではあったわけですが、LCA自身は先程お話しさせていただいたとおり、インフラはどんどんと整ってきており、非常に実施しやすくなり、いろいろなことを考えやすくなってきたのは確かだと思います。ただ、学術的に見ても、「ライフサイクルアセスメントとライフサイクル思考の違い」だとか、まだまだ議論がし尽くされてきていないこともあるように思います。LCAとライフサイクル思考の違いなどがどういう機会に、合意されたり、一般常識化したり、人々の中に定着したりするのか、というところを考えていくと、20年間でどこまで進んだのか、まだわからないところであり、今がこの普及展開の重要な時期にきているように感じます。先程の稲葉さんのスライドで勉強させていただいたのは、元々 improvementが入っていたということです。本来であれば、直接の用途の improvement がちゃんと行われていなければいけなかったのかもしれませんが、直接の用途ではない、そもそもどうやって算定するのか、というところが特に注視されてきたように思います。LCAに基づく improvement の方法をもっと議論していかないといけないというところが、「エンジニアリングツールへ」という表現でお話したところです。学術論文等でも、最近議論がはじまっており、LCAにおける improvement の取扱に関する議論は、実は再燃した話なのであるということが、先程よくわかりました。要は、LCA結果をどうやって使っていくのかというところが、今後注視すべき課題の一つなのだろうと、感じました。

あと、もう1個、実は、近年高校の教科書に関して専門家意見を求められたことがあるのですが、そこにライフサイクルアセスメントという言葉が入っていました。SDGsなどは小学校の教科書に載っておりますが、LCAに関して、高校の教科書で議論できないか、というお話でした。私は適任ではないのでは、とお話したのですが、化学の教科書でしたので、一応議論させていただきました。やはり、中学校とか高等学校などで、言葉自体がでてくる可能性がでてきたというのは、ある意味では良い変化ではないか、と思います。教育は時間がかかるころではあるのですが、変化は始まっているのではないかと感じています。あとは、今のペースでは間に合わない、という指摘もあろうかと思っています。どのように加速できるのか、というところが大きな論点なのかなと感じています。

松八重：ありがとうございます。天沢さんいかがでしょうか？先程若い人は、実は日本は欧州とかと比較すると比較的、環境への関心というものが低いというような実感をお持ちだということでしたが、LCAの考え方の普及といったところでは、産業側で必要とする知と、民間というか一般のレベルでの関心の具合ということにもギャップがあるのではないかと思ったのですが、そのあたりについて何かお考えがありましたらお願いします。

天沢：最近欧州でLCA関連の学会に行っていた時に、企業の方が「お金は信用できるんだけど、カーボンフットプリントは不確実性が大きすぎて信用できない」という風におっしゃられていて、確かにそうだなと思いました。どれだけの投資をしたら、どれだけCO<sub>2</sub>を削減でき、どれだけの経済効果があるのか、なかなか接続できていないのだと思います。LCAを実施していく上で、見える化を進めるのは必要なのですが、その値がどれだけ信用できるのか、不確実性がどれだけあるのかをきちんと見せるということ、不確実性をどうすれば少なくしていけるのか、狭めていけるのかというのは研究対象として必要だと思いました。

また、本当に沢山の企業の方々がLCAの自動化に興味をもっていました。LCAをしないといけないというプレッシャーがある中で、自社内で自動的にLCAができるシステムを作りたいという需要はあるのですが、それぞれがLCAをやると製品スペックや機能単位、そしてバウンダリも統一されず、サプライヤも異なる中で比較が難しくなる。そのため、自動化は向かうべき道ではないだろうという話もありました。

松八重：学術的な意味で信頼性を高めて、そして精緻な数字を生み出すというところの必要性和、あとは、みんなが使えるというようなところの間にはややギャップがあるような気もして、そのあたりのバランスも常に取る必要があるという感じがします。稲葉先生におかれましては、非常に長きに渡ってLCAの黎明期から、産業界と一緒に、データベースを作り、皆が使えるソフトウェアにまで持っていくというところでは大変なご苦労があったのではないかと思います。学術的な意味で深掘りしていくと、産だけではなく、官とのお付き合いも難しいとも思いました。私が言うのも口幅ったいなのですが、大変なバランス感覚を持ちながら学会の会員を率いてこられたと思います。「うまく進まなかった」、「このあたりは課題だ」と思っていたところがあれば、是非コメントをお願いします。

稲葉：今のご質問に対する答えは全然用意していません。

申し訳ないんですけどね。LCAが社会の要請に対して使えるものにしていきましょうね、という努力は皆でしてきたと思うんですね。それは官側の要求でもあるし、産側の要求でもあるし、僕たちが、アカデミアとしてね、何をやっていいのかということのを常に考えてツールを作り出して、使えるものにしていこうという努力を皆してきたと思うんですね。今思うのは、「学会にしてよかったのかな？」ということです。最初は、「学会ってなんなんだ」という議論はよくしたんですよ。「こんなただのツールを作るだけなら、学問としての要素はなににもないんじゃないのか？」という議論をしていたんですね。今でもそう思うんですよ。学問としての要素はなんなんだろうかと。一つはね、「合意形成をどうやっていくか？」ということが、ひょっとするとこの学会の大きな要素かもしれないと今の時点では思います。LCAに最初に入ってきた人は、「真実はなんですか？」と皆聞くんですよ。天沢さんが言ってましたけれども、「こんないい加減なデータを信じていいのか？」と皆思うんですよ。そうすると真実じゃないにもかかわらず、これを使ってなにかをやりようと思うわけですよ。そうすると、みんなで合意した何かがあるので、その合意の形成の仕方って、ということのを僕たちが方法論としてつかんでおこうとしているのかな、と思う時があります。それを鮮明に思ったのが、伊坪さんと一緒にやっていた時のコンジョイント法とか、環境経済学の中では、価値をお金に直して、それで合意しようという一つの流れがありますよね。でも、それは今思うと本当に価値、合意の形成の仕方じゃないんだな。合意をとるための手法なんだな。だから、合意形成というのはいったいどういうプロセスでやっていけるのかなということ、今の時点で一生懸命考えているところですよ。答えになっていないと思いますけれどもね。

松八重：ありがとうございます。私自身も学生時代にLCAを勉強しはじめたころにセミナーで稲葉さんが大学に来て下さってお話をされた際に「LCAっていったいなんなんだ？」という時にですね、「合意形成のための科学」という言葉を使っていたことが印象に残っています。確かな数字を突き詰めていくこともそれはそれで重要なんだけど、皆がある程度自分達が今もてる知識を詰め込んで出した数字をたたき台として、良い社会、良い技術選択というものを目指すための、場作り、そして、その数字をどのように解釈するのか、ということに関しては、サイエンスというよりもアートとしての部分が必要なのかもしれません。そういったことを行って行くのがLCAなんだと、そんなふうな意味だと私は解釈したのですが、「合意形成のための学問」という言葉はその当時非常に腑に落ちた部分かなと思っております。

稲葉：松八重さんは社会経済の方から入っているからそう思うんだと思いますが、僕は工学の方から入っている、「真実は何なんだ」と思うわけですよ。工学系の学問って、だいたい真実があるんです。だけど、LCAは学会にしたけれども真実はあるのか？若い人達に感想を聞きたいと思うわけです。

松八重：直面しているその社会からの要請にどうLCAが答えていくのか、というところでしたが、これからLCAといったものが学問知の構築としても、場作りの支援としてもどう貢献していくのかという、次なるステップということを考えていく必要があると思います。先程伊坪さんの話の中で、WEFの世界的なリスクに対して貢献できるものがまだまだあるんじゃないかというところで、今まで議論していた二酸化炭素ですとか、水関係の影響ですとか、土への影響ですか、生物多様性の損失だとか、まあそういったものに対してLCAが一生懸命答えを出そうとしてきたもの以外でもLCAが貢献できる場所、LCAが貢献することを期待される分野もあるのではないかなと思うわけです。そうすると、もうLCAという名前ではないかもしれないかなと思うのですが、そういったものを含めて、今後の中長期的なスパンとして、もう少し先を見た時に、LCAはどういう形で持続可能な社会の構築、そういういったものへ貢献していく必要があるのか？というところについて伊坪さんの方からお願いします。

伊坪：ありがとうございます。本当はここでは、教育で、高校の話をしようかと思ったのですが、菊池さん言っちゃったから、違う方を言いますね。先程稲葉さんがLIMEの話を出してくれたので、これチャンスだなと思ってお話しますが、とあるプログラムの審査をやっている時に、若手の方々がいろいろと提案しているところを見てみると、いろいろなタイプの提案ができてバラエティが出てきたなと思う一方で、大きく分けると真理追求型、問題解決型に別れるんですね。それで評価の高い人は、たぶん真理追求型が多いんですよ。で、これってなんかこう学会によっている気もしています。つまり、先程工学についておっしゃられていましたが、工学にいる人ってというのは、こう決めつけてしまうのはよくないのかもしれませんが、真理追求型にロマンを感じる人が多いような気がします。稲葉先生もおっしゃられましたが、僕自身も、影響評価を行っている時に被害量がばつと真実としてどれくらい健康影響がある、どれくらい生態系影響がある、これをモデルで作る、それでなるべく真実に近いものを作り出すことを信念として作りたいな、という開発をずっとしてきました。一方で、統合化の話になった時にそれが崩れる

んですよね。「崩れる」というのはよくない表現なのかもしれないのですが、皆さんの意見を聞きながら、どこが平均的なコミュニティ全体で見た時の平均値かというのは、ある意味自然からこうやっていた側からすると、こう少し妥協をしているような、そんな感覚さえあるわけです。僕、稲葉さんに「経済評価やめましょうか？」と言ったのですが、稲葉さんは、その時には「いや伊坪、こういう方法を一回やってみた方が良いよ」とおっしゃられて、踏みとどまったんですよね。僕も稲葉さんの意見を聞く耳があってよかったな、というふうに今でも思うわけなんですけど、あの時、先輩の貴重なご意見を聞かなかつたら、たぶんLIMEはできていなかったし、今でも非常にこの部分でのサジェスションというのは大変有り難かったなというふうに思っています。

日本LCA学会を実際に始める時のLCAフォーラムの報告書を読むと、かなり圧倒された記憶をもっていて、あの時の方々の想いというのは、問題解決という皆さんの視点が集約された本になっていたと思いますし、それが今こういう形に繋がってきている。だから学会側も、自然科学側も、問題解決を通してどう社会を変革していくのか？そこがやはり重要ですし、それがLCAの役割であることを考えますと、問題解決型の研究というもののポジションをしっかりとあげていくという、こういう努力が、真理追求型とあわさったバランスを考えるということの必要性を僕自身は考えています。回答になっていなかったかもしれませんが。

松八重：ありがとうございます。真実を探求するということはバックボーンとして非常に重要でありながらも、やはりその問題解決というところで、ある意味泥まみれになりながらその手法を探るといったことの繰り返しというのがLCAの研究という意味での発展だったのかなと思うところです。

菊池：前に気象系の研究者と実は話をする機会がありまして、気象学と気象予報って違うんですね。気象予報学とはあまり言わないらしいんですよ。気象予報は気象予報士というものがあありますが、気象学の学術体系を活かしながら、それを実践的に活かしたのが気象予報士と呼ばれる資格で、気象学の研究者は必ずしも気象予報士ではないということらしいです。私自身、化学工学・プロセスシステム工学分野の出身なのですが、プロセス工学とプロセス設計とは何が違うのだろうか、という議論は、同分野の博士学生達と集まって15年以上前に話をしたことがあります。エンジニアリングっていう言い方とデザインっていう言い方をした時に、学問的な言い方をした時と、それを実践的に使うというのは違うのかなと。先程サイエンスとアートの話が出ましたが、学問とそれを使って実践で動かすところには、少しく他の分野でも違う表現が使われているのかなというふうには感じてはいました。日本LCA学会の設立の話をしていただいていた2004年の第6回のエコバランスの設立集会で学生として参加していたのですが、その時も「LCA学という学はあるのだろうか」と、実はモヤモヤしていた



図9 パネルディスカッションの様子2

んです。博士号を取得し、いろいろと経験させて頂いてきたのですが、今まで「LCA学」という言い方をした学問であまり聞いたことがなく、どちらかというとならLCAという「ライフサイクルなんか士」みたいな、やはりアートに近いようなところでうまく使うようなイメージが近いように思います。一方で、一つ一つの評価の体系だとか、インパクトアセスメントの一つ一つの領域の中で議論していく内容だとかは、それぞれの学問分野と紐付いている話なので、個別の学問を理解しなければいけない。関連する分野を学際的に統合したLCA学というものが本当は定義できるのかなあとは思ってはいるのですが、こういった議論をしている方々にお会いしたことがありません。知られていないからしていないのか、本当にないのか、私も正直わからないところです。ただ実学に近い問題解決型指向で推進しているという意味では、やはり実際の社会の動きにあわせて活用しなければいけない分野とはいえます。日本LCA学会でも、専門分野が全然違うところから集まっています。それぞれの立脚している学問分野があった上でLCAというツールだったり、アートだったりをうまく使いこなすための方法をお互いに共有しているのが日本LCA学会という場所なのかなと、今は思っています。個別の学会にもLCAのセッションはあったりしますが、日本LCA学会は、アートの使い方を議論していること自体が場としては重要なかなとは感じています。LCA学は学際的な知であり総合知というところに非常にリンクするように思います。実装社会学と言うような話なのかもしれません。いろいろな側面を持った学がLCAの根底にはあるのだなと思いつつも、普段やっているのはアートのLCAの仕事を多くさせていただいているのかなとは感じています。

**松八重：**この分野をどう位置づけるのかということに関しては、いろいろな言葉もあります。総合知という言葉もありますし、菊池さんのご発表の中にあつたトランスディスプリナリーサイエンスなのか、リサーチなのか、そういった言葉もありますが天沢さんこのあたりいかがでしょうか？

**天沢：**「LCAは学問なのか」ということに関しては、私も結構疑問を持っているところはあります。「サイエンスかどうか」と言われると、再現性がないとサイエンスではない。LCAは再現性がとれているのかというと、正直とれていないと思います。ある先生がLCAの講義で、学生さんにLCAの論文を渡してもう一度計算してもらおうと、ほぼ確実に同じ数値が得られないそうです。なぜかという、バウンダリが違う、データがちょっと違うとかいろいろな要素はあるのですが、私達の研究の中で良く言うのは、だ

いたい数字が合っていたら合っているよね、という結論だと思います。それがLCAにとっての真実みたいな枠にはいるのかなと私は理解しています。LCAの役割として、どうしてもやっちゃいけないことの条件をもう1回はっきりとさせることだと思っております。数値で幅があってもいいので、ここからここまででなくて、ここからここまではやっちゃいけないという数値の幅が少しでも狭まれば、そこをターゲットに合意形成であったり、議論ができると思います。

**松八重：**経済学の方でも比較的その手の議論はあって、私は元々経済学の方で勉強してきたので、オーダーが合えばまあまあ、というその辺りの考え方は受け入れ易いというのにはありますが、自然科学や学の方では再現性がないというのにはほぼ悪に近い、そういった感覚もあるのかなとは思っています。学問分野としての位置づけというのはいろいろまだまだ議論はあるのかもしれませんが、中長期的に見た時に今後どうなのか？ どうしていくのか？ というところに最後稲葉さんどうでしょうか？

**稲葉：**伊坪さんが「問題解決型」でLCAがこれまで発展してきたんだ。「真実追求型」というの折衷ぐらいのところまでやってきたというの私も理解します。もしもそうだとすると、今この時点で、「私達は何が言えるかということに対しての手法論を持っているのか」ということですよ。例えばね、これを言っちゃおうと問題になるかもしれないですが、今産業界では、鉄屋さんも化学屋さんでもマスバランスアプローチを採用したいということなんですよ。マスバランスというのは元々物質収支ですからね、それを上手に使おうということを一生涯懸命やっているわけですよ。一方でね、「あんなことをやるのは嘘つきだからグリーンウォッシュだ」という人達もいるわけです。そういう状況の中で「LCAは何を言えるんだ？」「その言うための手法論というのを僕たちが持っているのか？」と思うんですよ。LCAを合意形成のための方法論として作ってきたんじゃないかと僕はさっき言いました。だけどこの局面において、本当に「僕たちはその方法論をもっていたのかね」と問われているのではないかと思うんです。直近のISOですけれども14077「Mass balance for LCA」というISOがはじまるんですよ。議長をMatthiasがやることに決まっていますよ。LCAの人達が集まるでしょ、そうした時に「合意っていったい何なんだろう」というのをつかめるのかな、ということは今本当に楽しみにしています。僕自身が何を言ったらいいのかなという状況ですね。LCAの学問としての手法論、もしくは問題解決型としてのなすべきことが真に問われていく局面だと思います。特にLCAにおけ

るマスバランスの使い方についてはですが、そう思っています。

**松八重：**ありがとうございます。学術的な意味で求められるものというのは、今までの20年の間に変化する部分もあるかなと思います。学会という立場では、おそらく学術的な知を生み出すところ、新たなフレームワーク、手法を開発して提供して使えるようにしていくという役割も大きいかなと思います。そしてそれができる人材を生み出すということも大きな役割を担っているのかなと思います。特に産業界におきましても、環境情報をつむぐ人材というのはおそらく必要とされているのではないかなと感じるところもあります。日本LCA学会が取り組む人材育成について、産業界からは何を期待するのか、また学側としてはどのようなことをしていかなければいけないと感じているのかということについてコメントをいただけますか？

**大橋：**弊社でもLCAの人材はまだまだ全然足りていない状況ですので、LCAに関して知見を持つ学生さんを生み出していただくという点については大きな期待があるなと思っています。一方で、先程の講演の中でもありましたが、日本とヨーロッパとのサステナビリティ、環境に対する感度のギャップが非常に大きいですね。向こうは、制度にも入っていて、訴求にも使っていて、一方で日本では、環境にイイコトをやって、再エネを使ってなかなか消費者の選択材料にならない状況なので、なかなか、それは産業界の宿題という点もあるかとは思いますが、そうした消費者一般の方のボトムアップという観点でも、「LCAを教科書に」というところをおっしゃっていただきましたが、産業界からは非常に期待したい面があると思います。

**松八重：**ありがとうございます。学側の方の研究者が手法をブラッシュアップするだけではなくて、その知を教育という手段を通して若い世代に普及することで、企業側にとって情報発信のあり方も変わってくるといったことなんでしょうか？私自身ちょっと今感銘を受けたんですけども。

**大橋：**おそらくギャップというのはいろいろなところにあると思うんですね。特にアカデミアのように最先端を開発・研究されているところと、我々産業界側のギャップもそうですし、産業界の中にも先進的な企業とそうでないところの間にもギャップが出てきます。そのギャップを埋めて行かない限りは、おそらく持続可能な社会はやってこない部分があると思いますので、我々も当事者として携

わっていかなければいけません。アカデミアとしても、トップのところを育てるだけではなくて、社会全体のリテラシーをどうやって底上げしていくのかという課題に取り組むことも非常に重要なのではないかと感じて、期待しているところでもあります。

**松八重：**資生堂の製品の化粧品などは年を重ねてから手に入れるものかもしれませんが、マクドナルドは小さいころから食を通じて企業活動に触れるところもあるのかなと思うわけです。消費者の感性を磨くという点では、マクドナルドの発信する環境情報は、こういった学会の場で触れるよりもはるか前に消費者にとって触れる機会があると思うのですが、そういった意味で、学会側がどういう役割を持つべきなのか？人材育成でどういう役割を持つべきなのかというところ、もう少し今のお話を含めて産側の方から期待する役割についてお話しいただけますか？

**牧：**私は、企業に勤めながら、週に1回一橋大学でサステナビリティについて教えているのですが、英語で教えることもありその受講生のほとんどが留学生で、ヨーロッパの学生も比較的多くいます。今期は特に北欧、デンマークの学生が多く、彼らは生まれ育った地元の森が素晴らしく、その森がなくなるということに対する危機感みたいなところから発しているというか、身近にある自然がどんどん失われているということへの危機感から社会や環境に取り組もうとして、そこから議論が始まっています。身近な原体験から、より真剣に取り組んでいるように感じます。先程のプレゼンテーションで、マクドナルドでは、店舗スタッフが、地元の小学校でSDGs授業を行うプログラムを取り入れているとお伝えしましたが、このように、子供の時から、身近なものを通じて、身近な場所で、環境や社会についての課題や取り組みを伝えるというのは、大変有益だと思っています。私は、全国に3000店舗もあるマクドナルドは、一企業の枠を超えて、社会的なインフラになりえると強く信じています。「マクドナルドが変われば、世の中が変わる」ぐらいの気持ちで、このマクドナルドが一つの教育の場、誰にも開かれた学びの場になればと強く思っています。

もう一つちょっとお話を聞いていて気になったところとして「合意形成」という言葉が何度も出てきていますけれども「誰と誰の合意形成なんだろう」と思いながら話を聞いていました。企業の経営陣が主に見ているのはやはり短期的な財務情報であって、環境の情報ではないのです。「環境についてはワクワクしない」と社内で行われてショックを受けておりますが、午後こちらに来て、環境への意識のある皆様との議論にワクワクしている次第です。合意形成

とか、産業界が実際に先に進む方向って、やはりどこかでその財務的インパクトというところに紐付けしないと、その原動力になりえないんじゃないかなと、悲しいかな思います。資本主義をずっと続けてしまっている私達の功罪かもしれないのですが、環境をまず第一には考えられない、社会を第一に考えられない、まずは自分の企業の財務がどうかというところがやはり重要なので、そこに議論の最初のとっかかりを見いだして、そこから興味をもって経営陣に合意形成をしてもらわないといけないと常日頃から思っています。

**松八重：**そのあたりはなんというか、理想を掲げつつも実践するには目の前の財務を改善するというそういったところが必要で、そういったものと環境情報の発生というのをどう繋ぐのか、というふうなところは大変な苦労があるところですね。そのあたりの交渉力のある人材育成というのも学会としては必要なのかなと思ったところですね。伊坪先生お願いします。

**伊坪：**ありがとうございます。僕は東京都市大学の環境学部から、早稲田大学の創造理工に移ったのですが、学生の持っている専門性、バックグラウンドが変わって、技術に対する関心がある学生の割合が増えたんですね。一方で、問題解決とか、コミュニケーションへの関心のプライオリティが相対的に低いのかな、という傾向があるような気がしています。まあ、そういった人達にどう気づかせるのか？この僕が考えている価値、この研究に取り組むことによって非常に魅力のある研究を経験することができて、それが自分の将来のキャリアパスにつながるよね、といったことをどう示していくのかなというのは、それは経験なのかなと思います。これまでの普段学んできた「勉強」とはちょっと違う、新しい経験を積む。例えば、座学に慣れた人達を外に連れて行って、別の人と話をしてみるだとか、もしくは、インプットがメインの授業に対して、アウトプットさせるようなそういう経験をさせるのであるとか、更に先程留学生の話がありましたけれども、海外の人とのコミュニケーションを取るために、もちろん学内で行うというのはあるのですが、一緒に海外に出て、研修を行いましょう、そこで海外で取り組んでいる人達の生の声を聞きましょう、現場を見ましょう、といった、非日常感を教育の中でつくっていく、これを自分で築く、そういった積み上げをしていくことで、価値観というのがだんだんと醸成されていくのではないかなと思います。先程楽しいとか、わくわくという話が出てきましたが、研究の大半って苦しいじゃないですか、正直九割が苦しいじゃないですか、なかなか思うような結果が出ないとかあるじゃないですか。

しかし、残りの一割ぐらいで思った以上の成果が出ました、そこに喜びを見だし、それが研究を行うことの楽しみに繋がるような、いろいろな研究の楽しみ方って人それぞれだろうと思うので、教育に携わる側としては、いろいろなパスを、その人その人の最適なアプローチというのが違うわけですから、そういったことの多様性を認識しながら、こう関わっていくということで、学生が新たな価値に気付いて、そして自ら研究に取り組むようになっていたら最高だなと思いつつながら、授業と研究をやっています。まだまだ志半ばですけども、ありがとうございます。

**松八重：**ありがとうございます。まあ、学会が人材育成を支援する上で、様々な経験をできるような場を提供するという事は非常に重要だということですかね。菊池さん、天沢さん、稲葉さんの順番でお願いします。

**菊池：**人材育成という意味では、当然大学の研究室で、しっかりとLCAはじめ、様々な方法論を身につけてもらいながら、LCAに限らず、サステナビリティに関する経験だとか、スキルを磨いてもらおうと研究指導をしています。一方で、最近、LCAの講習会をやってくれというのが非常に増えていまして、省庁の事業関連や、イベントとして企画されたLCAセミナーが増えてきています。ハイブリッド開催ということもあり、オンライン参加者も含めると、昨年度概算で、だいたい延合計2800人ぐらいが参加いただいているようです。リスキリングという言葉が最近使うようになっておりますが、まさにリスキリングの対象としてのLCAという場が増えてきたかなと思っております。LCAのこういった場を開催するとそれなりの数が集まるということは、関心がだいぶ高まっているのかなと思います。こういった場には、そもそもLCAとは何なのかということを知るためだけの方もいれば、自分でLCAをやれるようにならなければ、という方もいて、いろいろな興味の方々がいらっしや、毎回何をお伝えしたらいいのかというのが悩むところではあります。

リスキリングという意味では、大学と一緒に来て1年でも2年でも研究をしながら、実際にLCAをやりながら学んでいただくために、学生に限らず社会人の方も、オンザジョブトレーニングができる場が増えてきているのではないかと感じています。私の講演の中でも申し上げさせていただいたとおり、ライフサイクル思考ということができれば一般常識になってもらえれば、と感じて取り組ませてもらっています。

1点だけ追加しますと、先週講義でアンケート調査をしており、うちの学部生が言っていたのは「LCAは常識じゃないんですね」というものでした。当人に事情を聞いてみ

たら、やはり、高校で自由研究で学生達が集まって、最新の環境に関するこう学術だとか、社会の動きだとかを勉強するという機会があったらしく、「LCAがすぐにできたので、こんなのは社会ではあたりまえだと思っていました」という学生が二人いました。ちらほらそういう学生がでてくるのだろうなどは思いつつ、学会として、個人の研究者として、今何をどこに伝えていくべきなのか、ということを考えながら過ごしてはおります。毎年状況が変わっていて、毎年そういった学生だとかの反応も変わっていきますので、毎年考え直ししながら、人材育成を進めていかなければいけないと常日頃感じているところでございます。

**松八重：**講習することによってLCAの関係人口を増やすということは、それはそれで重要でありながら、それができる講師を増やすというところも学会としては重要なことだと思いました。

**天沢：**私は菊池さんほどではないのですが、LCAを教えてほしいという要望は増えており、なかなかさばききれなくなっています。そういった時に、LCAを自習できるYoutube動画があればいいのになと思います。学会としてまずこちらを見て、これよりも先の具体的なこういうことが知りたいことがあれば、講演でやる、というのもアウトリーチの方法としてありではとっております。また、LCAに興味がある方々がそこでは集まりますが、興味のない人達、環境に興味のない人に感心をもってもらうためになんらかのアクションが必要だと思っています。では、何をすればいいのかという時に、例えば、気候変動の市民会議は一般市民を集めて、気候変動に関して議論をすることか、そもそも理解を深めるということをやっている。それをLCAでやれるのかというのは別問題にしろ、興味の外にいる方々にアウトリーチしていくような役割が学会でできたらいいなと思います。

**松八重：**アウトリーチというのは確かに非常に重要ですし、学会としても広報というのがあるのですが、イベント広報だけではなくって、LCAそのものに関してもう少し一般の方が触れるような情報提供のあり方みたいなものを戦略的に考える必要はあるのかもしれない。ありがとうございます。

**稲葉：**今ね、皆さんの話には、二通りあってね、一つは、一般の方々にLCAを知ってもらう、気づかせるというところが一つと、伊坪さんは研究者をどう育てるのか？ということを書いていてね、二つのフェーズが違うなと思いました。伊坪さんの言っていた研究者としてどう育てるのか

という話ですが、私も産総研で長いこと研究をやってきました。伊坪さんも一緒にやってきた一人ですし、松野さんもそうです。私は研究者の育て方というのをあまり真面目に考えたことがないんですよ。自分がやりたいことを一緒にやってただけですね。そこは、ちょっといい加減だったかなと反省もしますけれども、ただ、気をつけていることは、結果論ですが、長期的にターゲットになりそうなことを自分で面白いと思って一緒にやっていると一分野できるんです。その長期的な視点というのをどこで持つか？ということが、教育では必要なのかなと思います。今日私の講演で注意して言ったのはですね、世界の中では大きな流れがあって、そういう大きな流れの中で、「持続可能な消費」というのがこの辺で出てきて、それがECの環境フットプリントにどう繋がっているとか、その中で、どういうツールが必要とされているとか、やはり大きな流れの中で分野、おもしろそうな分野をつかめるんじゃないかなと思います。それさえ忘れなければ、一緒にやって来た人と、かなり長く研究として続くのかなと思います。

**松八重：**はい、ありがとうございます。まだまだたくさんお話をしていきたいことはあるのですが、私に与えられた時間はもうございません。こちらパネルディスカッションについてはそろそろしめたいと思うのですけれども、まだこの後交流会がございますので、最後に一言ずつ短めにお言葉をいただいてパネルディスカッションをしめさせていただきますと思います。大橋さんからお願いします。

**大橋：**本日は20周年の記念シンポジウムなわけですがけれども、30周年を迎える時に、「20周年に話したことが30周年に繋がっていたね」と振り返れる10年になったらしいなと思っています。

**牧：**20年というのは私の社会人人生そのものだなと、その期間、継続して発展くださっているそのご尽力に心より敬意を表したいと思います。今日はお招きありがとうございます。

**伊坪：**LCAプロジェクトが経済産業省でスタートした時に僕は本当に若手の若手で、ドクターを出たばかりだったので、非常に貴重な経験というか、やっぱり運がよかったですね。LIMEの開発に携われて、そして、すばらしいアドバイザーにも恵まれて、共同研究者にも恵まれて、開発することがなんとかできた。その後、終わった時に、産環協の常務理事だった方に「あのプロジェクトをやって一番得をしたのはお前だね」と言われたんですね。今になって思うのは、研究すごく楽しかったなということ、

成果が出たということ以上に、そのプロセスが僕にとっての財産になっているな、と今になって良く理解をしました。こういったものをやはり後輩にもしっかりと紡いでいくということが、僕なりにできる次の10年、20年の役割かなと思っています。日本LCA学会にも、そういった形で少しでも貢献できれば大変うれしいなと思っています。

菊池：本日はどうもありがとうございます。正直に言って20年って私が振り返って結構短かったなと思っています。20年前、21年前の自分の卒論というのをしゃべりながら思い出してしまっていて、非常に最近のこのように思い出してしまいました。ということは、20年たった後に、同じように、最近のこのように今日のことを思い出してしまうのだろうなと想像しています。やはりやれることを全てしっかりやっていかなければいけないですし、一人でできないことは皆さんと一緒に協力しながら、共創関係作りながら進んでいかないと本当にあつという間に気が付いたら20年経ってしまう、何も実現できなかったと後悔のないように進まなければいけないというふうに感じております。10周年の時にも寄稿させていただきまして、今回もこのような機会を与えていただきまして、定期的に考えなおさせていただける機会をいただきまして本当にありがとうございます。今後いろいろな場で皆さんと議論させていただければと思っていますので、どうかよろしくお願ひします。

天沢：私も楽しくてずっとLCAをやっている身なのですが、一回振り返ってみるとLCAにはいろいろな歴史があったんだと、そしてその歩みなどを学べて純粋に楽しかったです。今後のLCAの進展等も考えて、より多くの意思決定がライフサイクル思考に基づいたものになるように私も頑張りたいと思います。ありがとうございました。

稲葉：ポー・バイデマはLCAの重鎮ですけれどもね、この間メールを、所用があってメールをしてね、「エコバランスには来るのか」って書いたら、「来れない」「it is pity」、「でも俺たちまだ死んでいないからね」、と言っていました。僕もまだ30年の時には生きていますから、私も頑張りますから、また呼んでください。

松八重：はい、ありがとうございます。もう非常にたくさんのお話をまだまだお伺いしたいところもあります。私も、菊池さんと同じ感覚で、20年を振り返れば本当にあつという間だったなと思いますし、この先また20年たってもまたあつという間だなと振り返るのだなと思っています。これで終わりというわけでもありませんし、まだまだ挑戦しつ続けるというところかなと思っていますが、本日のパネルディスカッションは、これにてお開きとさせていただきます。パネリストの皆様には是非盛大な拍手をお願ひしたいと思います。

## 研究室紹介

### 東京都市大学 環境学部 環境経営システム学科 兵法研究室 (ライフサイクル環境工学研究室)

Heiho Laboratory,  
Environmental Management and Sustainability,  
Faculty of Environmental Studies,  
Tokyo City University

#### 1. はじめに

私たちの生活は地球の資源を消費することで成り立っています。これからも住み続けられる豊かな地球環境を次の世代に繋げていくためには、持続可能な社会の構築が重要です。環境問題を含む多様化した社会課題の解決においては、製品・サービスの生産と消費と循環を総合的にとらえるライフサイクル思考が有効であると考えられます。東京都市大学・ライフサイクル環境工学研究室（兵法研究室）では、ライフサイクル思考に基づく技術評価（Life Cycle Assessment: LCA）を通じて、製品・サービスのライフサイクルに伴う環境影響を定量的に評価し、持続可能な社会の実現に貢献する技術・システム導入を支援することで環境問題・社会課題の解決を目指します。また、科学的根拠に基づく政策立案（Evidence Based Policy Making: EBPM）に資する環境情報の提示、複数の技術オプションの比較や合理的な意思決定支援に取り組みます。

東京都市大学 研究室ガイド2025より  
<https://tcu-labo.com>

#### 2. 研究室紹介

兵法研究室は、東京都市大学環境学部環境経営システム学科の経営分野に属し、教員1名（准教授・兵法彩）と学部生17名（4年生9名、3年生8名）で構成されています（2024年12月現在）（図1）。研究室名を「ライフサイクル環境工学」として、スローガンを「豊かな地球の続きを、次の世代へ」としています（図2）。2023年4月に私（兵法）が現職に着任し、初めての学生8名（当時3年生）の配属が決まったことでスタートしました。しかしながら、着任早々に第3子出産のための産前産後休暇を取得したため、第1期生のメンバーにはゼミ生中心の研究室運営・ゼミ開催やオンライン形式、0歳児が参加した状態での研究発表など、柔軟に対応してもらいました。いまだに研究室運営は試行錯誤しながら進めている状況で、ダイバーシティ、エクイティ&インクルージョン（DE&I）をアピールしながら、教員が無理なく働くことができ、自律的に学生が成長する環境を整えている段階にあります。

2024年9月には初めてのゼミ合宿を伊豆で行うことができました（図3）。非日常的な交流を経て、卒業研究の執筆に向けた加速や3月に開催される日本LCA学会研究発表会への参加・演題登録に向けた建設的な議論ができる雰囲気を創り出すことができたと考えています。また、2024年12月4日～6日に東京ビッグサイトで開催されたエコプロ2024に研究室ブースを出展しました（図3）。学生運営で研究を社会に発信する場を設けることができ、追い風となっている「社会におけるLCAのニーズ」を体感してもらうことができました。単なる偶然ですが（と思っております）、日本LCA学会環境教育研究会、早稲田大学創造理工学部伊坪LCA研究室、県立広島大学小林謙介研



図1 研究室メンバーとの集合写真(2024年10月撮影)

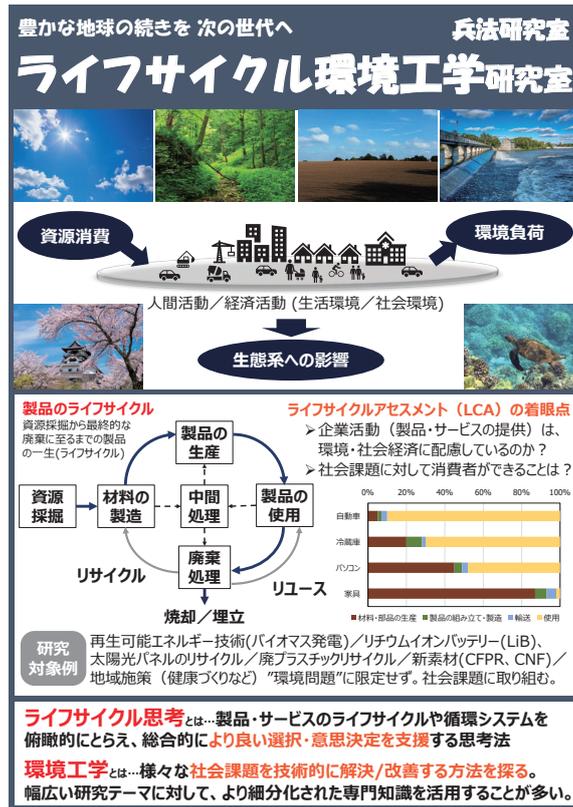


図2 ライフサイクル環境工学研究室紹介ポスター



図3 ゼミ合宿(2024年9月) & エコプロへの初出展(2024年12月)

研究室、東京都市大学・兵法研究室の順で、4つのLCA関連ブースが並んで出せたことも心強かったです。研究室として、大学内・講義室での研究活動に留まらず、ゼミ合宿、イベント参加、学会発表など学外での活動の機会をこれからも積極的に継続していきたいと考えています。

### 3. 教育研究活動について

東京都市大学環境学部の特徴のひとつとして、3年生4月からの研究室配属が挙げられます。3年生は卒業研究の前段階として事例研究に取り組みます。事例研究はライフサイクル環境工学に関する卒業研究のための準備期間として、研究の軸となる専門的知識 (LCA、産業連関分析、

表1 2024年度の卒業研究テーマ一覧

横山真菜	地域・世帯の違いに着目したGHG排出量の分析
大村崇太	自家消費型・小型風力発電のライフサイクル評価
小林千夏	ペットボトル水平リサイクルのライフサイクル評価
松井奨	eスポーツの2種の実施形態における環境・社会経済性分析
味岡優斗	東京都市大学における教育研究活動の環境ホットスポット分析
石川雄一	新聞の電子化に向けたインベントリ分析
中達晃	環境に配慮した食のLCAにおけるSNSの活用
荒井隆平	家庭系生ごみの資源循環促進に向けた社会的受容性調査
大神亮	国内旅行の持続的発展に向けたインベントリ分析

統計処理など)を身につけてもらいます。ゼミ活動を通じて、将来の自分のありたい姿を描き、興味ある内容・研究活動を見定めて、卒業研究テーマを設定してもらいます。4年生に進級すると卒業に向けた研究活動が本格化します。学部新卒で就職を目指す学生にとっては、研究テーマの設定・着手と就職活動を並行して実施することになります。教員としても、新卒・就活の大変な状況を目の当たりにしていますが、学生たちの未来にとって重要な活動として、両方のモチベーションを保てるように個々の学生の様子を気にかけて指導するようにしています。一方で、ライフサイクル環境工学をはじめとする環境分野の専門性を獲得し、仕事として社会でその能力を十分に発揮するためには、大学院進学が有効な選択肢のひとつです。今後、大学院進学に少しでも興味を持ってくれた学生からの進学相談が増えてくれると嬉しく思います。

ちなみに、東京都市大学でLCAといえば伊坪徳宏先生を思い浮かべる方が多いと思います。私自身、環境学部の教員採用の公募に応募したものの、伊坪先生がいるため採用してもらうのは難しいだろうと考えていました。偶然にも伊坪先生が2023年4月に早稲田大学にご栄転されたことをうけ、学科に激震が走っているところに滑り込めたので、とても運が良かったと思っています。そのような職場であるため、環境学部でLCAを学べる環境が十分に整っていることが、東京都市大学環境学部の強みとなっています。学部の講義では、「ライフサイクルアセスメント」(2年生向け・全14回)、「エコマテリアル」(1年生向け・全14回)、「エコデザイン」(2年生向け・全14回)や関連する数学の講義などを担当しています。大学院の講義では「環境影響評価学」(全14回、担当教員2名、日英開講)を担当しています。また、環境学部のある東京都市大学・横浜キャン

パスは日本の大学で初めてISO14001の認証を受け、現在に至るまで継続して環境に配慮した組織経営を続けています。このような恵まれた環境を活かして、LCAを専門的に学び社会でも活躍できる人材を育てられるように教育研究活動に取り組んでいきたいと考えています。研究室で展開している様々な卒業研究テーマは、学生に主体的に考えてもらい、一部の学生には、予算のある研究プロジェクトに携わってもらうことで研究活動を展開しています。一例ですが、2024年度卒業研究のテーマを表1に示します。今後の研究室における研究内容については、最新の情報をホームページで確認してもらえると嬉しいです。

#### 4. おわりに

持続可能な社会の構築、2050年カーボンニュートラルの実現、循環経済(サーキュラーエコノミー)の概念を内包する地域循環共生圏の形成といった環境・社会経済の再設計(リデザイン)に向けては、ライフサイクル思考に基づく環境工学が重要な役割を果たします。東京都市大学環境学部でライフサイクル環境工学に興味を持ってくれた学生たちとの研究活動を通じて、複雑化した社会課題・環境問題の解決や不足しているLCA人材の育成への貢献を目指します。ライフサイクル環境工学研究室としての教育研究活動が少しでも長く続けられるように、引き続き学生ともどもご指導ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。

#### 連絡先

東京都市大学 環境学部 環境経営システム学科

兵法 彩

E-mail : heiho@tcu.ac.jp

ホームページURL : <https://heiholab-tcu.com/>

## 賛助会員紹介

### TREホールディングス株式会社

#### TRE HOLDINGS CORPORATION

#### 1. はじめに

TREホールディングス株式会社は、建設系廃棄物処理・リサイクルや再生可能エネルギー事業を行う株式会社タケエイと、金属・資源リサイクルを行うリバーホールディングス株式会社（現リバー株式会社）が、深刻化する地球環境問題に対応するため、2021年10月に設立した共同持株会社です（図1）。2023年には、廃棄物の焼却処理とCO<sub>2</sub>回収利用を統合する革新プロセスの開発に取り組み、CCU(Carbon Capture Utilization) 技術の社会実装を目指す研究拠点として、「TRE ホールディングス×東北大学 WX(Waste Transformation) 共創研究所」（以下「WX共創研究所」）を東北大学内に開設しました。WXとは、廃棄物の再資源化技術の社会実装による廃棄物（Waste）処理の質的变化（Transformation）を意図するWaste Transformation から派生させた造語であり、来るべきサーキュラーエコノミーの実現に向けて、既存の枠組みにとらわれず、社会を豊かにすることを旨としています。

企業理念：地球の環境保全に貢献する。

ステートメント：未来へ、捨てない創造力を。

#### 2. TREグループの長期ビジョン

##### 2.1 サーキュラーエコノミーのリーディングカンパニーを目指して

TREホールディングスは設立以来、廃棄物・使用済製品の再資源化、資源循環スキームの構築を通じ、高度循環型社会、脱炭素社会の実現に取り組んできました。そして2024年度には、サーキュラーエコノミーのリーディングカンパニーを目指す新たな長期ビジョンとして「WX環境企業」への挑戦を掲げました。「WX」とは「Waste Transformation」の略称であり、これまで資源化の難しかった廃棄物において、技術的・採算的課題を克服することで、資源循環に変革をもたらすことを意味しています。

この挑戦の先には、あらゆる枠組みを超えた“共創”により再資源化の可能性を切り拓き、廃棄物が資源と同義となるサーキュラーエコノミー社会の創出を見据えています。TREグループは「WX環境企業」への挑戦を通じ、さらなる廃棄物処理技術のブラッシュアップに取り組むとともに、新技術を活かした新規事業を国内外で展開するなど、着実に事業領域を拡充していくことで、真にサーキュラーエコノミーのリーディングカンパニーとしての成長を実現していきます。

##### 2.2 2050年にあるべき姿

TREグループでは「長期ビジョン」（図2）の達成を目指し、2050年までを3つのフェーズに分割し、高度循環型社会と脱炭素社会の実現に向けたロードマップを策定しました。当社の設立年である2021年から2030年までを「フェーズ1」とし、価値創出の源泉たる、統合によるグループシナジーを発揮するための基盤強化期間に設定しました。続く2030年から2040年の「フェーズ2」では、千葉県市原市、福島県相馬市で推進する環境複合事業を本格稼働させる予定です。加えて、外部パートナーとの業務提携の

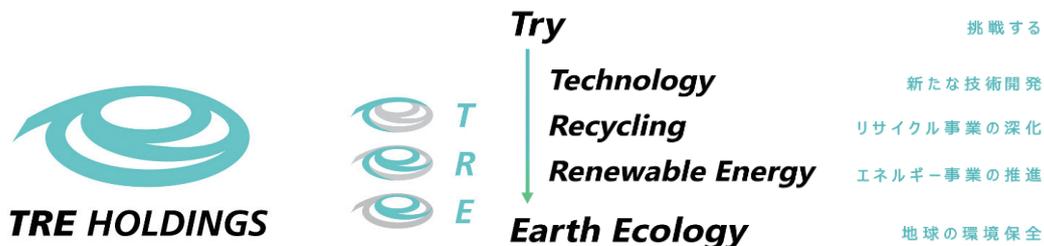


図1 社名とロゴについて

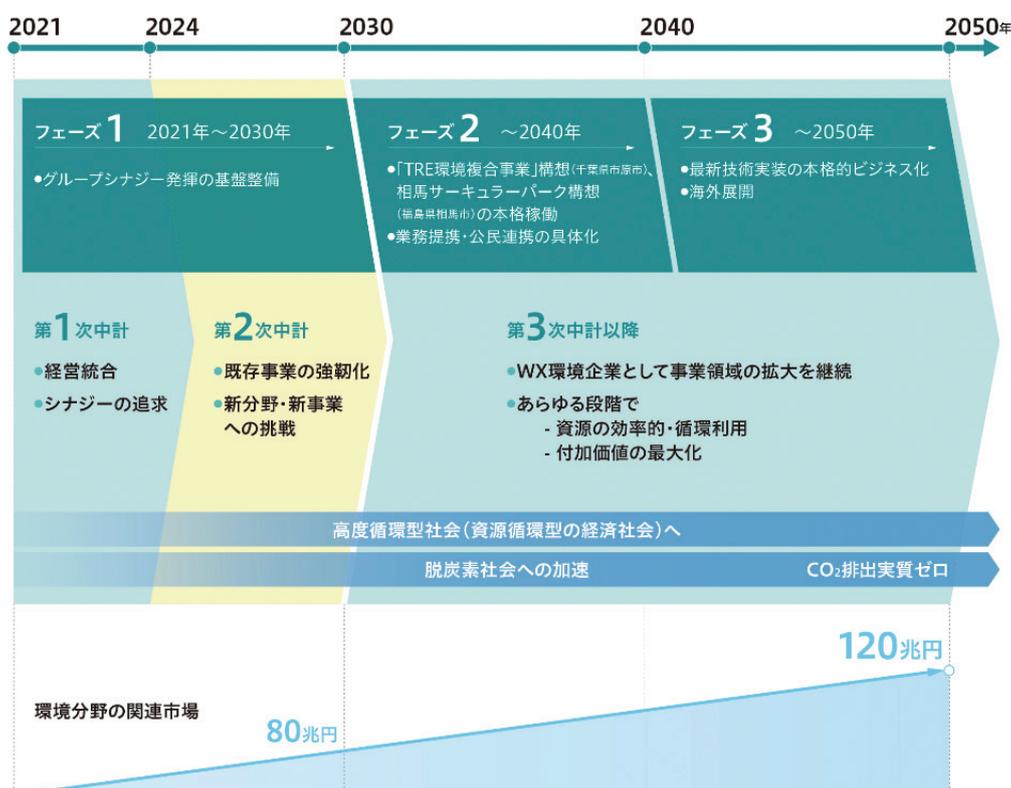


図2 2050年までの3つのフェーズ

ほか、一般廃棄物処理事業への進出にとどまらない公民連携事業の深堀と、その具体化に注力するとともに、TREグループの経営基盤を活かし、「WX環境企業」として事業領域を拡大していきます。そして2050年を期限に最終段階となる「フェーズ3」では、フェーズ1・2での事業成長・展開をはじめ、「WX環境企業」への進化過程で習得した再資源化技術の新規事業化を実現します。それらと並行して、TREグループとして磨き上げた資源化技術・事業の海外展開を図っていきます。

### 3. 高度循環型社会・脱炭素社会の実現に向けた事業展開

フェーズ1からフェーズ2に向けて、現在推進中の事業構想から抜粋して以下にご紹介します。

#### 3.1 TRE環境複合事業

2022年9月、株式会社三井E&Sホールディングス(現株式会社三井E&S)との間で、同社千葉事業場の一部、約80,000m<sup>2</sup>の用地賃借について合意に至りました。この近隣に位置するリバー株式会社市原事業所と市原グリーン電力株式会社(合計面積約37,000m<sup>2</sup>)と合わせた広大な用地を最大限に活用して、廃棄物焼却・発電事業、産業廃棄物破

砕選別・再資源化事業、廃プラスチック高度選別・再商品化事業、金属資源高度選別事業に関する複合的な事業を展開する「TRE環境複合事業(仮称)」構想を発表しました。この構想の総投資額は300億円を見込んでおり、事業の中核を担う設備やプラントは2025年から2027年までに順次、操業開始を目指しています。本格稼働後の年間売上高は120億円、新規雇用者数150名を想定するなど大規模プロジェクトとして、産業界から大きな注目を集めています。

#### 3.2 相馬サーキュラーパーク

福島県の相馬中核工業団地に所有する約280,000m<sup>2</sup>の事業用地にて、総合リサイクルプラント構想を進め、焼却灰などの再資源化事業、太陽光パネルリサイクル事業、使用済紙おむつのリサイクル技術開発などの8つの事業計画からなる「相馬サーキュラーパーク」(図3)構想の骨子を取りまとめました。この構想では、産官学(動脈産業や大学、そして相馬市を中心とした近隣自治体)との連携により、エネルギー及び産業資源の地産地消モデルの構築を目指しています。このプロジェクトを通じて、社会的に増加が見込まれるプラスチックや太陽光パネルなど廃棄処理物への対応力の強化や、自然災害対応などの地域社会の課題

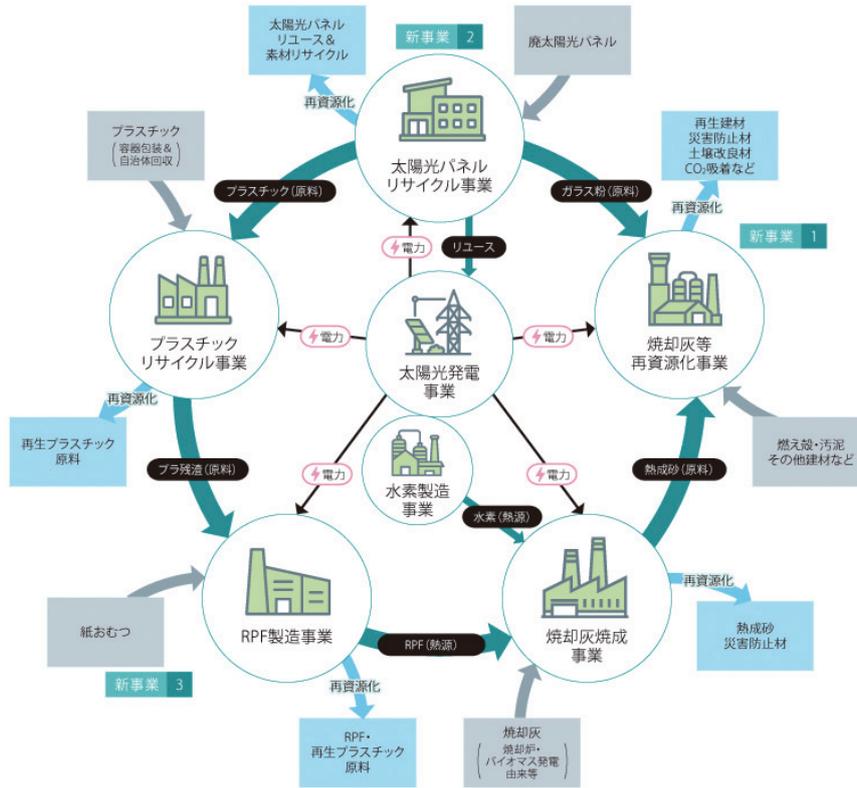


図3 「相馬サーキュラーパーク構想」事業スキームイメージ

解決に貢献する技術開発や事業創造に挑戦していきます。

### 3.3 WX共創研究所

カーボンニュートラルの実現に向けて、CO<sub>2</sub>の回収・濃縮・利活用などの研究開発が世界中で進められています。なかでも注目を集めているCCUプロセスは、その過程でエネルギーを大量に消費することが実用化への課題となっています。TREホールディングスと東北大学が設立したWX共創研究所では、東北大学の設備や知見などの資源を最大限に活用し、まずはラボ実験で構築された理論実証のための技術開発を進めます。また、資源循環や社会貢献に資する新たなテーマの発掘やプロジェクト組成の推進、WXを担う若手人材の育成も視野に入れ、サーキュラーエコノミーの実現に寄与していきます。

### 3.4 LCA

TREグループは、廃棄物処理・再資源化事業、資源リサイクル事業、再生可能エネルギー事業の3つの事業を中心に、環境コンサルティング事業と環境エンジニアリング事業を加え、動静脈産業間連携によるサーキュラーエコノミーの実現に取り組んでいます。しかしながら、リサイク

ルの手法によっては、エネルギー消費が資源循環効果を上回るなど、トータルでの環境負荷が常にどういったリサイクルであれば環境負荷を低減できるのか、客観的かつ定量的に示す必要があります。いわゆるリニア（線形）な製品ライフサイクルの評価と比べ、資源循環を含む場合の評価方法は複雑となります。さらに、リサイクルには、廃棄物の処理方法のオプションとして、そして製品の原料のオプション（リサイクル原料）としての2つの側面があることも考慮する必要があり、いずれに着目するかによって、LCAの評価方法も異なります<sup>1)</sup>。今後、廃棄物処理に伴い、CO<sub>2</sub>排出量や経済性（コスト）の推定など、多角的な事業それぞれに応じてどの手法を適用するか検討を行いながら、処理技術やシステムを評価する必要があると考えます。また、事業展開する拠点（図4）のそれぞれの地域的な特色も考慮しながら、LCAによる評価に取り組んでまいります。

### 4. おわりに

私たちTREホールディングス株式会社は、事業領域の拡充によりサーキュラーエコノミーのリーディングカンパニーを目指し、新たな成長戦略を推進していきます。これまでは、資源化することが難しかった廃棄物・使用済製品

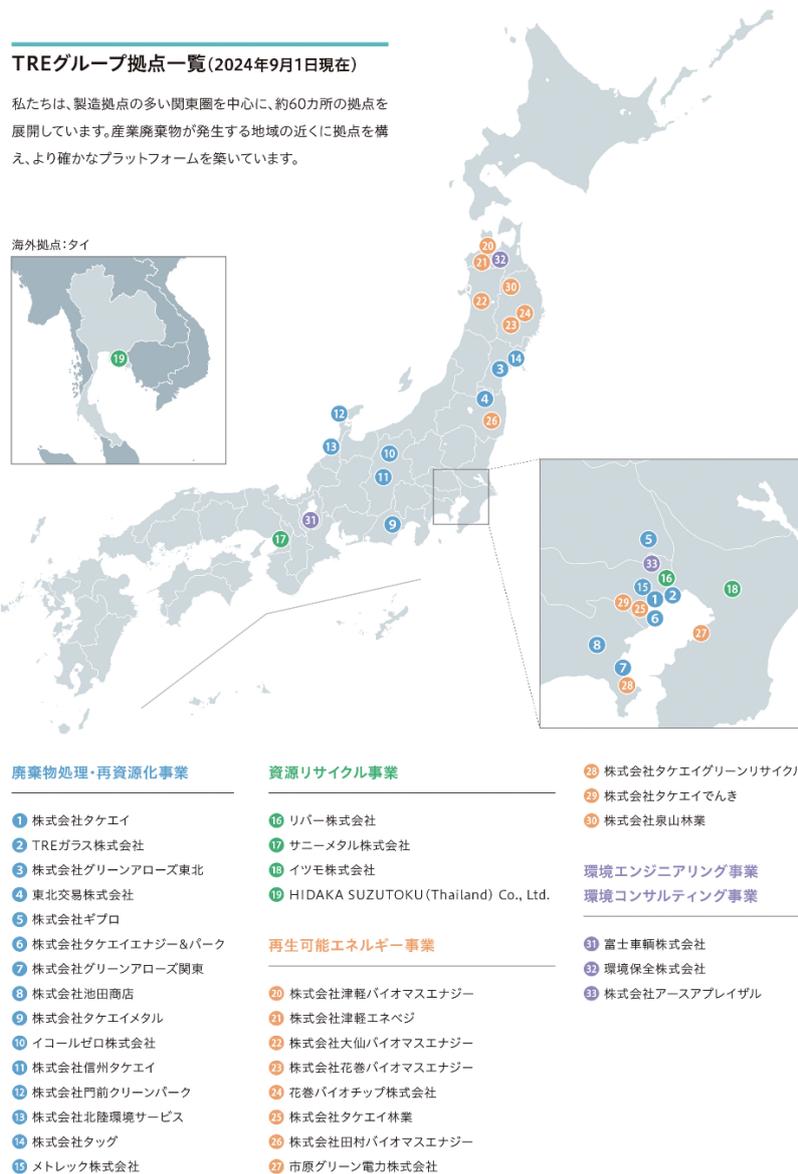


図4 TREグループ拠点一覧

などについても、技術的・採算的な課題の克服に挑戦し、企業としてさらなる成長を遂げることを目指します。そのために、企業活動の羅針盤としてLCAを活用し、社会の生産・消費・廃棄活動を変革し、環境課題の解決に貢献してまいります。

#### 参考文献

- 1) 中谷 隼 (2023): 日本LCA学会誌, 19(3), 106-116

#### 連絡先

株式会社タケエイ  
経営企画本部 技術開発部  
對馬 紗由美

E-mail: [tsushima-sayumi@takeei.co.jp](mailto:tsushima-sayumi@takeei.co.jp)

URL: <https://tre-hd.co.jp/>

## 賛助会員名簿

(2024.12.23 現在)

アースシフトグローバル・アジア合同会社	日清食品ホールディングス株式会社
NTTアドバンステクノロジー株式会社	株式会社 日清製粉グループ本社
NTT情報ネットワーク総合研究所	日鉄テクノロジー株式会社
株式会社 LCA エキスパートセンター	日本エヌ・ユー・エス株式会社
LCA 日本フォーラム	一般社団法人 日本LCA推進機構
塩化ビニル環境対策協議会	一般社団法人 日本化学工業協会
塩ビ工業・環境協会	日本鉱業協会
株式会社 沖縄エネテック	日本製鉄株式会社
花王株式会社	一般社団法人 日本電機工業会
一般社団法人 サステナブル経営推進機構	日本ノボパン工業株式会社
住友化学株式会社	パシフィックコンサルタンツ株式会社
積水化学工業株式会社	パナソニック オペレーショナル エクセレンス株式会社
積水ハウス株式会社	古河電気工業株式会社
株式会社 ゼロック	みずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社
株式会社 ゼロボード	三菱電機株式会社
大日本印刷株式会社	株式会社レゾナック
TREホールディングス株式会社	
TCO2株式会社	
帝人株式会社	(五十音順)
株式会社 豊田中央研究所	退会 0団体 0口
株式会社 日建設計	入会 1団体 1口
日産自動車株式会社	2024.12.23 現在 38団体 38口

## 賛助会員紹介原稿募集

日本LCA学会誌は、年4回発行の予定となっています。本誌では、研究論文などの原稿の他、研究室紹介や賛助会員紹介のページを設け、会員の皆様の交流の場にしたいと考えております。賛助会員の皆様から原稿を募集しています。

刷り上がり1～2ページ(1ページ:2000字程度)の分量で、貴社、貴団体におけるLCAの取り組み、その他LCAに関連する取り組み状況をご紹介ください。写真、図表の挿入も歓迎です。お問い合わせは、下記まで。

〒231-0011 神奈川県横浜市中区太田町6-72-1-703

株式会社 シーエーティ内 日本LCA学会事務局学会誌編集担当

TEL: 045-228-7696 FAX: 045-228-7697 E-mail: journal@ilcaj.org

## 会 務 報 告

---

## ◆第83回理事会

日時：2024年12月25日（水）10：00～12：00  
開催：新橋 航空会館 オンライン開催（Zoom）

## ◆第65回総務委員会

日時：2024年12月19日（木）14：00～16：30  
開催：オンライン開催

## ◆第83回編集委員会

日時：2024年12月12日（木）13：00～15：00  
開催：オンライン開催

## ◆第5回広報委員会

日時：2024年12月11日（水）13：00～15：00  
開催：オンライン開催

## ◆第2回表彰者選考委員会

日時：2024年11月29日（金）16：00～18：00  
開催：オンライン開催

## ◆第20回研究発表会 第2回実行委員会

日時：2024年12月13日（金）13：00～18：00  
開催：東京大学本郷キャンパス工学部 5号館  
第2輪講室

## ◆第16回エコバランス国際会議 第9回実行委員会

日時：2024年11月2日（土）13：00～15：00  
開催：仙台国際センター 小会議室1

## ◆会員の異動

## 賛助会員

2024. 10.25以降 入会 1団体  
退会 0団体  
2024. 12.23現在 38団体 38口

## 正会員

2024. 10.25以降 入会 15名  
退会 0名  
2024. 12.23現在 440名

## 学生会員

2024. 10.25以降 入会 99名  
退会 0名  
2024. 12.23現在 247名

## シニア会員

2024. 10.25以降 入会 0名  
退会 0名  
2024. 12.23現在 2名

## 購読会員

2024. 10.25現在 入会 0名  
退会 0名  
2024. 12.23現在 2団体  
3個人

## 審査ご協力の御礼

学会誌編集委員長 栗島 英明

日本LCA学会誌掲載記事の審査について、2024年の1年間にご協力いただきました以下の皆様に対し、御礼申し上げます。(五十音順、敬称略)

折笠 貴寛	椎名 武夫	畑山 博樹	松八重一代
菊池 康紀	柴原 尚希	菱沼 竜男	松本 真哉
栗島 英明	橋本 征二	藤井 実	

## 編集後記

本特集は「畜産DXの現状と今後の期待」として、畜産環境の研究に携わり、畜産におけるスマート化技術の開発に取り組まれている宇都宮大学の池口厚男教授を外部エディターとして招聘し、畜産分野における技術開発や地域資源循環の事例について専門家から解説をいただきました。2021年5月に策定された「みどりの食料システム戦略」では、生産性の向上や安定供給、担い手不足への対策などの課題に加えて環境負荷の低減が大きく意識されています。これらの解決に向けて、近年のセンシング技術やIoT、ICT技術の向上からデータに基づいた営農や飼養管理技術が農畜産業の分野に具体的に導入されています。本特集を通して、ICT技術やスマート技術の導入で急速に変わりつつある畜産分野をはじめとした農畜産業の動向に関心を向けていただき、LCTに基づいた評価の重要性や評価の切り口を改めて考えるきっかけになればうれしく思います。

この度はお忙しい中を本特集にご寄稿いただいた土肥宏志様、田島清様、古田謙一様、田中ゆり子様、本特集の企画、取りまとめにご尽力いただいた池口厚男先生に感謝申し上げます。また、田島清様のご逝去の報に接し、ここに謹んで哀悼の意を表すとともにご冥福をお祈り申し上げます。

最後に、本特集の進行管理にご尽力いただいた学会事務局の渡辺様、吉村様に深謝いたします。

特集幹事 菱沼 竜男

## 2024年度 学会誌編集委員会

委員長 栗島 英明 (芝浦工業大学)	〳 小林 謙介 (県立広島大学)
副委員長 柴原 尚希 (中部大学)	〳 中野 勝行 (立命館大学)
〳 橋本 征二 (立命館大学)	〳 畑山 博樹 (産業技術総合研究所)
委員 磐田 朋子 (芝浦工業大学)	〳 菱沼 竜男 (宇都宮大学)
〳 大西 悟 (国立環境研究所)	〳 福島 康裕 (東北大学)
〳 尾下 優子 (東京大学)	〳 藤井 実 (国立環境研究所)
〳 加用 千裕 (東京農工大学)	〳 松八重一代 (東北大学)
〳 木下 裕介 (東京大学)	〳 松本 真哉 (横浜国立大学)
〳 栗栖 聖 (東京大学)	

日本LCA学会誌 第21巻第1号

2025年1月25日 発行 [オンデマンド版：定価 4,000円(税抜)]

発行兼編集人 日本LCA学会 松野 泰也

制作進行 日本LCA学会 学会誌編集委員会

印刷所 茨城県常総市水海道天満町2438 松枝印刷(株)

発行所 〒231-0011 神奈川県横浜市中区太田町6-72-1-703

株式会社 シーエーティ内 日本LCA学会事務局

ホームページ▷<http://www.ilcaj.org/>

無 断 転 載 ・ 複 写 不 可

## Editorial Committee (2024)

Editor-in-Chief	Hideaki KURISHIMA (Shibaura Institute of Technology)
Deputy Editor-in-Chief	Naoki SHIBAHARA (Chubu University)
	Seiji HASHIMOTO (Ritsumeikan University)
Associate Editor	Minoru FUJII (National Institute for Environmental Studies)
	Yasuhiro FUKUSHIMA (Tohoku University)
	Hiroki HATAYAMA (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)
	Tatsuo HISHINUMA (Utsunomiya University)
	Tomoko IWATA (Shibaura Institute of Technology)
	Chihiro KAYO (Tokyo University of Agriculture and Technology)
	Yusuke KISHITA (University of Tokyo)
	Kensuke KOBAYASHI (Prefectural University of Hiroshima)
	Kiyo KURISU (University of Tokyo)
	Kazuyo MATSUBAE (Tohoku University)
	Shinya MATSUMOTO (Yokohama National University)
	Katsuyuki NAKANO (Ritsumeikan University)
	Satoshi OHNISHI (National Institute for Environmental Studies)
	Yuko OSHITA (University of Tokyo)

Journal of Life Cycle Assessment, Japan, Volume 21, Number 1

Published on January 25, 2025

Publisher The Institute of Life Cycle Assessment, Japan  
c/o C.A.T. Corporation -Creative and Academic Tomorrow-  
703, 6-72-1, Ota-cho, Naka-ku, Yokohama, 231-0011, Japan  
Website: <http://www.ilcaj.org/>

Printing office Matsueda Printing Inc.  
2438 Mitsukaidoutenman-cho, Joso-shi, Ibaraki 303-0034, Japan

### ●会誌内容に関するお問い合わせ

〒231-0011 神奈川県横浜市中区太田町6-72-1-703

株式会社 シーエーティ内

日本LCA学会 学会誌編集委員会

TEL ▷045-228-7696 FAX ▷045-228-7697

E-mail ▷[journal@ilcaj.org](mailto:journal@ilcaj.org)

### For contacts

Editorial Committee, The Institute of Life Cycle Assessment, Japan

c/o C.A.T. Corporation -Creative and Academic Tomorrow-

703, 6-72-1, Ota-cho, Naka-ku, Yokohama, 231-0011, Japan

Phone ▷045-228-7696 Fax ▷045-228-7697

E-mail ▷[journal@ilcaj.org](mailto:journal@ilcaj.org)

## 行事案内(日本LCA学会主催)

### 第20回日本LCA学会研究発表会参加募集 第20回日本LCA学会研究発表会ウェブサイトのURL <https://pub.conf.itatlas.jp/ja/event/jlcamt20>

第20回日本LCA学会研究発表会は、別掲の開催案内の通り、2025年3月5日(水)～3月7日(金)の3日間、県立広島大学広島キャンパスで開催されます。

さまざまな分野で活動するLCA関係者が一堂に会し、議論する国内学会です。LCAを始めとしてライフサイクル的思考に基づいた幅広い分野にわたる発表が多数予定されています。多数のご参加をお待ちしております。

参加登録については、下記および研究発表会ウェブサイトをご覧ください。

#### 参加登録方法

研究発表会に参加される方は、研究発表会ウェブサイトから参加登録・演題登録サイトにアクセスして参加登録を行ってください。

事前登録された方は、必ず2025年2月12日(水)までに参加費を下記口座に入金されるようにお振込みいただくか、クレジットカード決済を行ってください。

事前登録された方でも、期日までにお支払いが完了されていない方は、一般登録の参加費(事前登録よりも5,000円高額)が適用されますので、予めご了承ください。

一般参加登録費のお支払いは、原則クレジットカード決済のみとなります。2025年3月7日(金)までにお支払いください。

参加登録費：

資格	参加登録費	
	事前登録 (2024年10月2日(水)14:00～ 2025年2月5日(水)14:00)	一般登録 (左記以降)
正会員	12,000円*	17,000円*
シニア会員	6,000円*	11,000円*
賛助会員組織に 所属する方	10,000円*	15,000円*
学生会員	6,000円*	11,000円*
非会員一般	17,000円	22,000円
非会員学生	9,000円	14,000円

\*のついているものは不課税。ないものは税込の額面となります。

#### ◆銀行振込の場合

銀行名：三菱UFJ銀行 虎ノ門支店

口座番号：(普) 3077337

口座名義：日本LCA学会(ニホンエルシーエイガックイ)

※振込手数料は、登録者のご負担下さい。

#### ◆クレジットカード決済の場合

参加登録時に支払い方法を選択のうえ、オンラインでお支払いください。

#### 参加費に関するキャンセルポリシー

- ・お支払いいただいた参加費は、一切ご返金できません。予めご了承ください。

#### 参加登録の流れ

##### <事前参加登録>

2024年10月2日(水)14:00～

2025年2月5日(水)14:00

参加登録費の支払いは、2025年2月12日(水)まで  
(銀行振込・クレジットカード決済)

##### <一般参加登録>

上記以降

参加登録費の支払いは、2025年3月7日(金)まで  
(原則、クレジットカードのみ)

#### 参加登録・入会に関する問い合わせ先

日本LCA学会事務局

(株)シーエーティ内

〒231-0011 神奈川県横浜市中区太田町6-72-1-703

TEL: 045-228-7696 FAX: 045-228-7697

E-mail: nenkai@ilcaj.org

学会ホームページ：<http://www.ilcaj.org>

## 原稿募集のお知らせ

『日本LCA学会誌』に掲載する原稿を随時募集しております。事例研究のご投稿を歓迎いたします。また、ライフサイクル的思考に基づく手法等開発にかかわる論文のご投稿を歓迎いたします。投稿をご希望の方は、[投稿システム](https://www.ilcaj.org/journal/set_paper.php) (https://www.ilcaj.org/journal/set\_paper.php) から原稿を投稿ください<sup>※1</sup>。原稿の種類と執筆・投稿の詳細につきましては、投稿規則および執筆要領をご参照ください。

お問い合わせ先：

日本LCA学会事務局 学会誌編集担当 <journal@ilcaj.org>

投稿規則・執筆要領の入手先：

日本LCA学会ウェブサイト「日本LCA学会誌のご紹介」

<http://www.ilcaj.org/>

学会誌編集委員会では、学会誌を魅力あるものとするべく、継続的に特集を企画しております。今後予定されている特集企画は下表の通りです。各特集でも会員の皆様からの原稿を募集しておりますので、奮ってご投稿ください<sup>※1, ※2</sup>。

予定巻号	特集のテーマ	投稿締切予定	ゲストエディタ／編集委員
Vol. 21, No. 2 (4月号)	バッテリー循環システム (仮)	受付終了	木下裕介 (編集委員)
Vol. 21, No. 3 (7月号)	未来志向のLCA (仮)	2025年1月31日	加用千裕 (編集委員)

※1： ご投稿いただいた原稿は、規則により査読を行います。結果として掲載に至らない場合もございますが、ご了承ください。

※2： 査読や改訂に時間がかかった場合など、受理されたとしても、特集号より後に発刊される号に掲載される場合もございますが、ご了承ください。

## 日本LCA学会誌 特集テーマの公募のお知らせ

---

日本LCA学会誌では、読者のニーズに合った最新の話題を提供するため、広く会員および本学会研究会から特集号のテーマ案を募集することといたしました。下記要領で、積極的にご提案いただきますようお願い申し上げます。ご提案いただいたテーマ案については、編集委員会で審議いたします。ご提案が採用された場合、応募者には臨時編集委員として特集号幹事をご依頼する場合がございます（その場合は、編集委員会から特集号幹事を補助する担当編集委員が付きます）。

なお、学会誌の性格上、特定の商品などの紹介記事は掲載いたしかねます。また、テーマ案をご応募いただく際は、過去の特集号テーマをご参照いただいた上で、ご応募いただきますよう、よろしくお願い申し上げます。

### 提案要領

- 1) 応募者の資格：日本LCA学会会員ならびに研究会
- 2) 募集内容：テーマ案（テーマと主旨）
- 3) 書式：学会ホームページにてフォーマットをダウンロードし、作成してください。
- 4) 提出方法：journal@ilcaj.org(学会事務局編集担当) にメールにて提出してください。
- 5) 募集期限：随時募集しています。
- 6) その他：連絡先（氏名、所属、連絡先）を明記して下さい。



## 第20回日本LCA学会研究発表会開催案内

### 第20回日本LCA学会研究発表会ウェブサイトのURL

<https://pub.conf.it.atlas.jp/ja/event/jlcamt20>

主催：日本LCA学会  
会期：2025年3月5日（水）～3月7日（金）  
会場：県立広島大学 広島キャンパス 教育研究棟2  
（広島県広島市南区宇品東一丁目1番71号）

最新の情報は、上記ウェブサイトをご覧ください。

#### 発表形式：口頭発表およびポスター発表

口頭発表の発表時間は、1件あたり20分（発表12分、質疑7分、発表者交代1分）です。口頭発表は、登壇者のPCを会場のプロジェクターに接続しての発表となります。発表者は各自PCをご準備ください。ポスター発表では、A0サイズ（84cm×119cm）のポスターが掲示できる十分なスペースを用意しています。ポスターの掲示は、当日のポスターセッション開始時刻（3月6日15:00）までをお願いします。詳細は、研究発表会ウェブサイトの「口頭・ポスター発表」をご覧ください。

#### ポスター発表のコアタイム制について：

3時間のポスターセッション中、1時間ずつのコアタイムを設けています。発表・聴講するポスターのコアタイムをご確認ください。コアタイムの振り分け方は下記の通りです。

- ・ポスター番号が「3の倍数+1」のポスターは、コアタイムA（15:00～16:00）です。
- ・ポスター番号が「3の倍数+2」のポスターは、コアタイムB（16:00～17:00）です。
- ・ポスター番号が「3の倍数」のポスターは、コアタイムC（17:00～18:00）です。

それぞれのポスター番号は、プログラムおよびポスターパネル上部の札でご確認ください。

#### 無線LAN：

会場内では、無線LANサービスを提供しております。無線LANへのアクセスにより、講演要旨が閲覧可能です。

#### 交流会：

研究発表会2日目のポスターセッション終了後の3月6日（木）18:20から、教育研究棟2 1F 食堂

にて交流会を開催します。本研究発表会に参加登録頂いた方については、交流会参加費は無料です。

#### 要旨集：

参加者は、当日用ウェブサイトにてすべての発表の要旨を閲覧することができます。また、研究発表会終了後には、一般公開が希望された要旨が収録された要旨集（一般公開版）をウェブサイト上で公開します。

#### 学生優秀発表の表彰：

学生会員による研究発表の中から、審査により優秀な発表を表彰します。表彰式は研究発表会のクロージングで実施します。審査の詳細は、研究発表会ウェブサイトの「学生優秀発表」をご覧ください。

#### プログラム：

プログラムは、研究発表会ウェブサイトに掲載しています。

---

#### 交通案内

---

##### ●市内電車

「JR広島駅（南口）」→「5号線（広島港（宇品）行き）（時刻表）」に乗車（約20分）→「県病院前」下車→徒歩7分

##### ●バス

「JR広島駅（南口）」→JR広島駅10番乗り場から次のいずれかのバスに乗車（約20～25分）

- ・302号（都市循環線（まちのわろーぷ）右回り）／「県立広島大学前」下車後すぐ
- ・312号（広島みなと新線）／「県立広島大学前」下車→徒歩3分
- ・342号（県病院前行き）／「県病院前」下車→徒歩2分 ※始発から8時59分まで

県立広島大学 広島キャンパス

<https://www.pu-hiroshima.ac.jp/soshiki/47/access.html>



広島キャンパス校舎配置図

