

1. はじめに

FAOの報告書「Global Food Losses and Food Waste」によると、現在、世界全体で人の消費向けに生産された食料のおおよそ3分の1、量にして年間約13億tが廃棄されています。我が国においても、青果物の減耗率は野菜類で10%、果実類で17%と非常に高い状況にあります。物品の流通において不可欠な包装には、物品を輸送・保管中の数々の劣化要因から守る「内容物保護」に加え、ハンドリング性向上、情報伝達機能、悪戯防止等の機能があります。最も基本的な包装の機能である「内容物保護」により、輸送中の振動や衝撃に起因する物理的損傷を抑制することで、食品ロス削減に貢献しています。しかし、その多くはプラスチックを原料としており、包装の製造や使用、廃棄に伴う環境負荷の増加が懸念されます。環境面からみた持続可能な青果物流通システム構築のためには、「食品ロスの削減」と「包装に起因する環境負荷増加」との得失を評価することが重要となります。本研究では、青果物の流通を中心としたフードサプライチェーンにおいて環境負荷を最小化する最適包装条件の定量的な解明を目標とし、ライフサイクルアセスメント（LCA; Life Cycle Assessment）^(注1)手法を用いて包装の導入に伴う環境負荷の増加と食品ロス削減に伴う環境負荷低減のトレードオフの関係を評価する理論の構築を試みました。

2. 研究の手法と成果

易損傷性青果物であるイチゴおよびモモをモデルサンプルとして、それらのトラック輸送時に一般的に用いられている数種類の包装容器を評価対象としました。輸送時に発生する振動について実輸送データを元に3次元輸送振動試験機^(注2)で再現し、振動試験を行うことで、包装条件・輸送距離条件（50～2000 kmを想定）ごとのロス率のデータを取得しました。得られたロス率に基づき、LCA手法により、いわゆる‘ゆりかごから墓場まで’の全ライフサイクルにおける環境負荷の解析を行いました。

初めに、イチゴおよびモモにおけるライフサイクル環境負荷について、栽培工程が多くの環境負荷を発生させるホットスポット^(注3)であることを特定しました（図1、図2）。栽培段階において環境負荷が大きいことから、適切な包装を施すにより食品ロスを削減することで、必要最小限の生産が実現し、ライフサイクル全体の環境負荷が低減されることが期待されます。実際に、包装の有無による比較から、包装によるロス削減を通じた間接的な影響の評価を行ったところ、緩衝包装の導入によりライフサイクル環境負荷が20%以上削減されることを示しました（図3）。

続いて、一般的に流通・利用されている数種類の包装を評価しました（図4）。イチゴの輸送時におけるロス率の違いが環境負荷量に及ぼす影響について、指数関数と一次関数の合成モデルを構築し、食品ロスを最小化しても、必ずしも環境負荷が最小とはならないことを明らかにしました（図5）。構築したモデル式を以下に示します。

$$y = p_1 e^{-x/p_2} + p_3 + p_4 x$$

ここで、 y は環境負荷量（気候変動^(注4)）[kg-CO₂eq/kg]、 x はロス率 [%]、 p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 は定数です。図5に示すように、イチゴのライフサイクル（輸送距離 2000 km）において環境負荷が最小となるときにロス率は約13%であり、ある程度のロスを許容する方が環境負荷を最小化することを明らかにしました。この結果はイチゴの輸送距離によって変化することから、構築したモデル式を用いて、輸送距離に応じたイチゴの最適包装条件を選定することが可能となります。



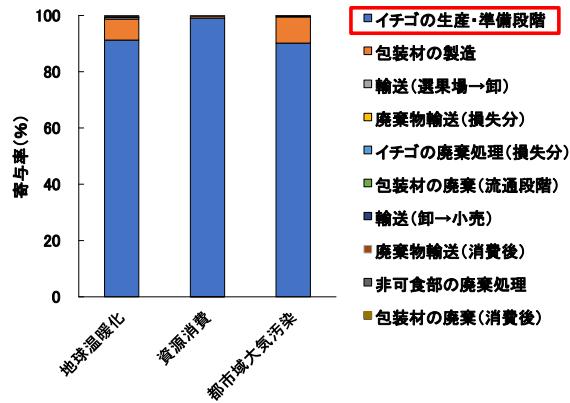


図1 イチゴのライフサイクル環境負荷の
ホットスポット分析(輸送距離 100 km)

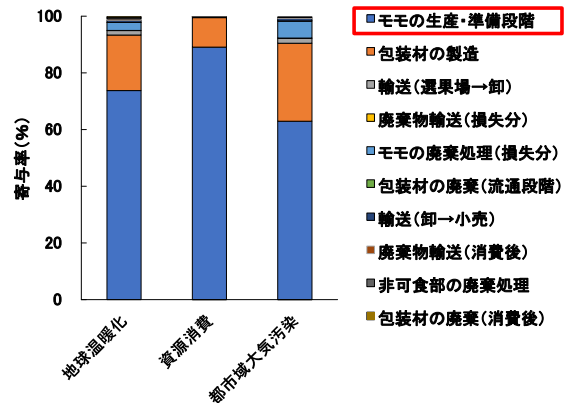


図2 モモのライフサイクル環境負荷の
ホットスポット分析(輸送距離 100 km)

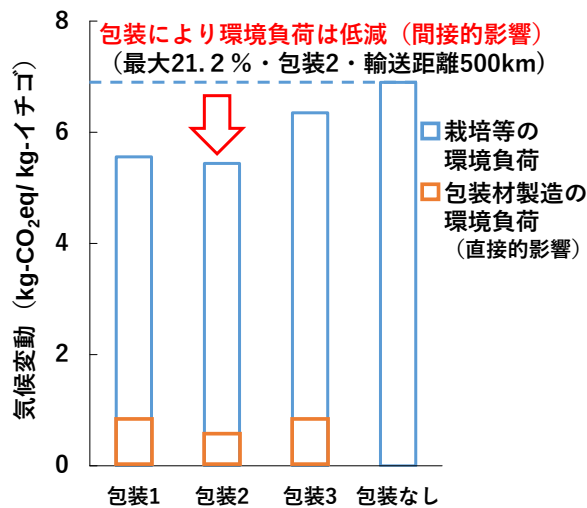


図3 包装による環境負荷の削減効果
(包装の直接的・間接的影響)

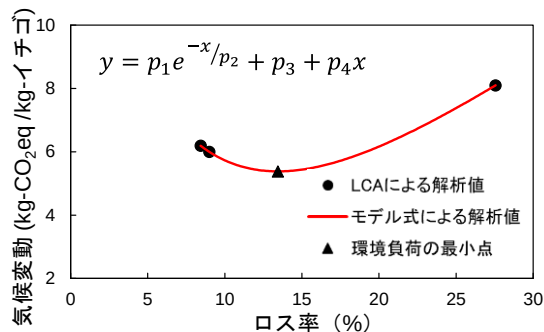


図5 モデル式による環境負荷が最小となる
包装条件の導出(輸送距離 2000 km)



図4 解析に使用したイチゴの包装条件
の一例

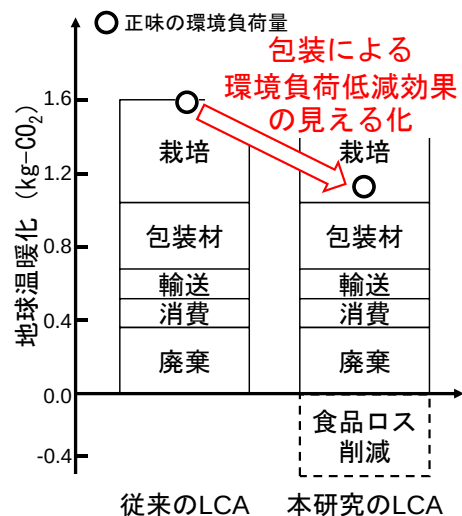


図6 従来研究に対する本研究の特徴



3. まとめと今後の期待

青果物を対象としたプラスチック包装は、化石資源由来であることから環境に対して悪であるという考えも一部であります。しかし、本研究により得られた一連の知見は、生鮮青果物のロス削減や品質保持など、包装による間接的な影響（効果）も考慮すると、プラスチック包装が環境負荷の削減に寄与する可能性が高いことを世界で初めて定量的なデータに基づき明らかにしたものです（図6）。今後は、他の青果物や食品などにも解析対象を広げ、LCAによるケーススタディの知見を蓄積するとともに、包装の3Rの最適化や使用済み包装資材の環境中への流出防止対策の推進も考慮することにより、持続可能なフードサプライチェーンの構築について検討を進めることが重要となります。

【謝辞】 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP22K05901 の助成により行われました。

【論文情報】

著者：Yuma Sasaki, Takahiro Orikasa, Takeo Shiina (2025)

タイトル：Is food packaging harmful to the environment? A discussion of the direct and indirect influences of food packaging systems

雑誌：Food Science and Technology Research

DOI: 10.3136/fstr.FSTR-D-24-00188

著者：Yuma Sasaki, Takahiro Orikasa, Nobutaka Nakamura, Kiyotada Hayashi, Yoshihito Yasaka, Naoki Makino, Koichi Shobatake, Shoji Koide, Takeo Shiina (2022)

タイトル：Optimal packaging for strawberry transportation: Evaluation and modeling of the relationship between food loss reduction and environmental impact

雑誌：Journal of Food Engineering

DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110767

著者：Yuma Sasaki, Takahiro Orikasa, Nobutaka Nakamura, Kiyotada Hayashi, Yoshihito Yasaka, Naoki Makino, Koichi Shobatake, Shoji Koide, Takeo Shiina (2022)

タイトル：Determination of the most environmentally friendly packaging for peach during transportation by modeling the relationship between food loss reduction and environmental impact

雑誌：Journal of Food Engineering

DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2022.111120

【研究内容に関するお問い合わせ】

岩手大学 農学部 地域環境科学科 革新農業コース 教授

岩手大学 次世代アグリイノベーション研究センター 生物生産部門

折笠 貴寛

TEL/FAX 019-621-6179

Email orikasa <アット> iwate-u.ac.jp アット を@に変えてください

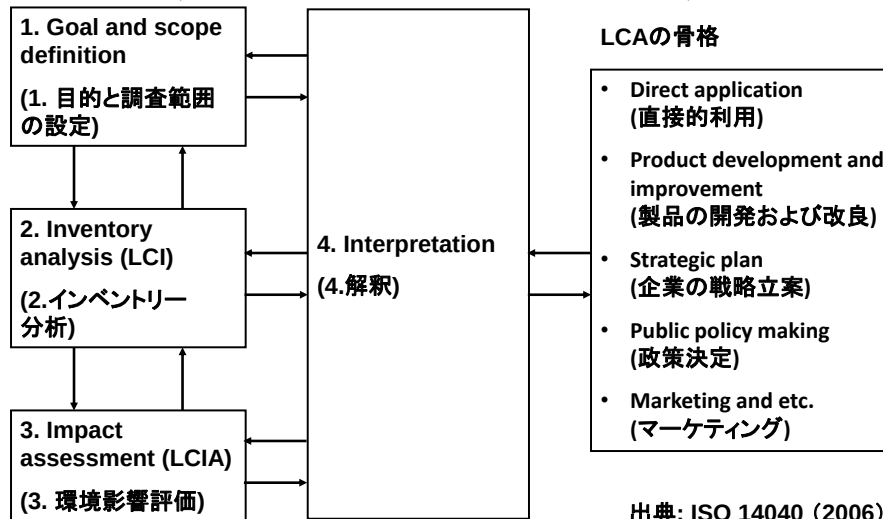


岩手大学
IWATE UNIVERSITY

【用語説明】

注1 ライフサイクルアセスメント：Life Cycle Assessment の頭文字をとって LCA と表記されます。LCA とは、製品を生み出す資源の採掘から素材の製造、生産、製品の使用、廃棄段階までのライフサイクル全体を考慮して環境への影響を評価する手法のことであり、国際標準化機構（ISO）の規格に則った環境負荷の評価手法です。特定の工程における環境負荷のみに注目するのではなく、ライフサイクル全体を俯瞰的に分析することで、温室効果ガス（GHG）削減のための効果的な戦略を練る判断材料として利用価値が高いとされています。また、GHG 以外にも酸性化やオゾン層の破壊など複数の環境影響領域についての評価が可能であり、環境影響領域間のトレードオフの関係を考慮することも可能となります。LCA は、①目的と調査範囲の設定、②インベントリ分析、③環境影響評価、④解釈、の4つのステップから構成されます（下図）。

LCAの4つのステップ (ISO14040に基づくステップ)



注2 3次元輸送振動試験機：農研機構食品研究部門に設置してある輸送中の振動を実験室内で再現できる装置（FVH146、鷺宮製作所）です（右図）。あらかじめトラックの実輸送における振動データを加速度計測器などにより測定し、振動データを3次元輸送振動試験機に取り込み、輸送中の振動を再現することで、実際の輸送環境を反映した解析が可能となります。



注3 ホットスポット：LCAの結果において、環境負荷を多く排出するプロセスや物質のことを指します。

注4 気候変動：LCAにおいて環境影響評価により得られる環境負荷量の一つ。温室効果ガス発生のCO₂相当量（kg-CO₂eq/kg）で表されます。

