

令和 2 年 6 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01918

研究課題名（和文）食品の持続可能システム創成のための食品と容器包装の統合ライフサイクル設計

研究課題名（英文）Integrated life cycle design of food and packaging for constructing sustainable food system

研究代表者

平尾 雅彦（Hirao, Masahiko）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授

研究者番号：80282573

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：食品の容器包装は、その多様な機能によって製品のライフサイクルすべてに影響を及ぼす。食品製品のライフサイクル全体での機能性と環境性を評価する統合評価手法を構築し、容器包装設計者がこの統合評価を実施し、機能性と環境性の高い設計案を導出するためのフレームワークを提示した。特に、容器包装と食品加工や消費者行動による食品ロス発生との関係を理解するための指標を開発し、具体的な事例に適用することによって食品や容器包装ごとに優先すべき機能が異なることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

食品容器包装は、内容物の消費後に廃棄物となるため廃棄物の視点から社会問題となっているが、流通や保管時の食品保護や持ち運びへの利便性、消費者への情報提供など多様な機能を持っている。本研究では、製造、消費、廃棄までのライフサイクル全体への影響を容器包装設計者が理解し、設計時に機能や環境影響をバランス良く考慮することができる手法を開発した。特に、消費者行動と食品ロスとの関係を定量的に評価できる指標を提示し、食品ロスの削減に寄与する容器包装設計を可能にした。

研究成果の概要（英文）：Food containers and packaging has diverse functions that affect the entire product life cycle. We constructed an integrated evaluation method to evaluate the functionality and environmental impacts of food products throughout their life cycle. A framework for a packaging designer to derive a design alternative with high functionality and low environmental impacts by using the method was proposed. In particular, we developed a new index to understand the relationship between container packaging and food loss due to food processing and consumer behavior. We applied it to concrete cases and found that the priority function differs for each product.

研究分野：ライフサイクル工学

キーワード：持続可能システム 容器包装 食品ロス ライフサイクル設計 消費者行動 シナリオ分析 環境影響
統合化

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

食料が不足する地域がある中で、食品廃棄物の増加が持続可能性に向けた国際的問題となっている。2015年に国連で採択された持続可能な開発のための2030アジェンダでも、持続可能な消費と生産パターンの一つとして、食品廃棄物の削減がターゲットの一つとなっている。日本でも年間2,250万トンの食品廃棄物が発生しており、食品リサイクル法による廃棄物の有効利用や食べ残し削減運動が進められている。廃棄物の発生抑制として容器包装や充填方法の高機能化による賞味期限の長期化、適切な賞味期限の設定、物流の改善も提言されている。しかし、それらの対策と食品廃棄物削減との関連は明らかではない。

容器包装に関しては、プラスチック製容器包装リサイクル手法の比較[1]、リサイクルシステム設計にかかわる研究[2]などが行われている。また、内容物である食品と容器包装の関係の議論[3,4]も始まっている。しかし、いずれも容器包装の製造や使用後のシステムの分析であり、図1に示されるような多層構造を持つ容器包装の本来の目的である、食品保護、輸送、情報提供といった機能と素材、内容物の関連については議論されてこなかった。このために、素材使用量削減による上流での負荷削減やリサイクル性を高めるための素材選択や単一素材化の議論にとどまっていた。

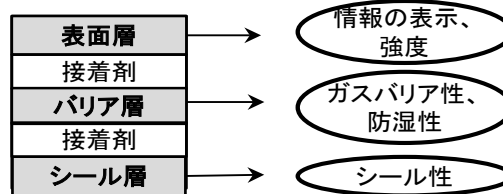


図1 包装材の構造と各層の主要な機能

2. 研究の目的

本研究の目的は、容器包装設計時にその効果の統合的評価を行うことによって、設計が資源から廃棄までのライフサイクルすべてにおよぼす影響を把握し、持続可能な消費と生産に資する設計を支援することである。このために、容器包装の機能と内容物である食品との関連性を分析し、内容物を含めた環境影響の統合的評価手法を開発する。評価結果は、設計者のみならず、消費者の環境配慮行動支援への活用も検討し、持続可能な消費と生産パターンの確保への寄与を目指す。

3. 研究の方法

以下の5つの項目を実施した。

(1) 容器包装の機能の定義

図1に示す容器包装の製品機能、図2に示す容器包装のライフサイクルにおける機能を分析し、定義する。

(2) 食品ライフサイクルから容器包装への要求機能の分析

図2に示す食品ライフサイクルの各ステージの特性に応じた容器包装ライフサイクルへの要求機能を分析し、両ライフサイクル間の機能とプロセスの関連を明らかにする。

(3) 食品と容器包装の統合的評価手法の開発

図1に示した食品と容器包装とライフサイクル全体を対象として、食品・容器包装の廃棄物処理を含めた統合的な環境負荷評価手法を確立する。機能とプロセスの関係から、例えば容器包装の高度化の影響をシナリオ分析できる手法とし、例えば包装厚みと賞味期限のようにトレードオフとなるような関係の定量的評価を可能にする。

(4) 統合的評価に基づく消費者行動支援手法の開発

消費行動に応じたシナリオ分析によって小分け包装、賞味期限延長、常温保存など容器包装の高度化が消費者の行動に及ぼす影響分析するとともに、分析結果を消費者に提供することによって、食品廃棄物削減行動を支援する。

(5) 統合的評価に基づく容器包装の設計支援手法の開発

食品と容器包装の統合的評価結果から、内容物特性に応じ、機能や環境負荷の観点から望ましい容器包装の設計を支援する手法を提案する。

4. 研究成果

主たる成果である、容器包装の機能に関わる分析と消費者行動の分析、およびそれらとライフサイクル環境影響を統合した評価についてケーススタディによって成果を示す。

(1) 容器包装の保護機能と環境影響

容器包装の食品ロス削減のための高機能化がライフサイクルに与える影響を分析できるフレームワークを開発した[6,7]。この分析フレームワークは、図3に示す2つの分析から成る。1つ目はトレードオ

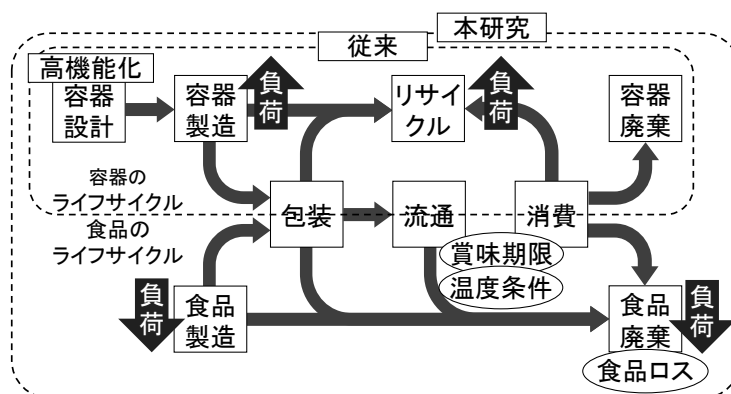


図2 容器包装と内容物の統合的評価

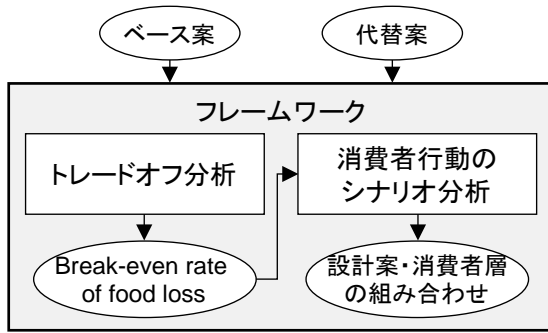


図3 保護機能の分析フレームワーク

表1 製品ごとの設計案

		ハム	牛乳	キャベツ
ベース案	容器包装	トレー	紙パック	フィルム
	内容量	105 g	1 L	1 kg
代替案1	容器包装	トレー	紙パック	パウチ
	内容量	35 g	0.2 L	0.13 kg (千切り)
代替案2	容器包装	スキン パック	アルミ付 紙パック	
	内容量	105 g	1 L	

フ分析である。容器包装の高機能化によって増加するライフサイクル全体での環境影響に対して、その増加を打ち消すのに必要な食品ロス削減量を表す。2つ目は消費者行動のシナリオ分析である。消費者行動を6段階に分けてシナリオ化して分析することで、食品ロス削減のための高機能化が効果的な製品と消費者の組み合わせを特定できる。

このフレームワークでは、比較手法を採用しており、2つの設計案を比較した評価をおこなう。基準となる製品をベース案、高機能化された製品を代替案として比較する。ケーススタディとしては、ハム・牛乳・キャベツを扱った。表1に、各製品におけるベース案と代替案について、使用されている容器包装と製品あたりの内容量をまとめた。ベース案に対して、代替案1が内容量を削減した設計案であり、代替案2が賞味期限を延長した設計案である。

トレードオフ分析では、容器包装の高機能化によるライフサイクルでの環境影響増加と食品ロス削減による影響のトレードオフを定量的に表す指標「break-even rate of food loss」(以下、 ϕ)を導入した。食品の可食部に対する廃棄された可食部の割合である食品ロス率に基づいて、指標 ϕ は、式(1)によって定義され、式(2)によって算出される。

$$E(\phi)^{\text{alternative}} = E(0)^{\text{base case}} \quad (1)$$

$$\phi = \frac{E(0)^{\text{alternative}} - E(0)^{\text{base case}}}{E(0)^{\text{alternative}} + E^{\text{food treatment}}} \quad (2)$$

ここで、 $E(x)^{\text{design}}$ はある設計案(design)の食品ロス率が $x[-]$ のときの環境影響であり、 $E^{\text{food treatment}}$ は機能単位量の食品が廃棄された際の環境影響で

ある。式(1)は、代替案と環境影響が等しくなる際のベース案の食品ロス率を ϕ の定義としている。

各製品におけるベース案と代替案のLCA結果と、代替案の ϕ の値を図4にまとめた。製品間で比較すると、全体の環境影響に対する食品の環境影響で、 ϕ の値の傾向が異なった。最も食品の環境影響の割合が大きい牛乳は、無菌性保証レベルの増加に伴う食品製造段階の寄与が増加している代替案2でも ϕ の値が比較的小さく、食品ロス削減による環境影響削減のポテンシャルが高いといえる。一方で、キャベツは食品の環境影響の割合が比較的小さく、内容量を削減するために食品加工プロセスが加わるため、 ϕ の値が大きい。そのため、食品ロス削減の努力とともに、プロセス改善などの必要性も示された。また、ハムと牛乳では、内容量削減の設計(代替案1)と賞味期限延長の設計(代替案2)で、 ϕ の値の大小関係が逆転しており、食品や容器包装ごとに優先すべき高機能化が異なることが示された。

消費者行動のシナリオ分析では、消費者行動を製品選択・製品保存・食品消費・食品調理・食品廃棄・容器包装廃棄の6段階に分けてシナリオを作成した。このうち、食品ロスと環境負荷の双方の削減を考える際には、食品消費段階と食品廃棄段階の2つが特に重要である。

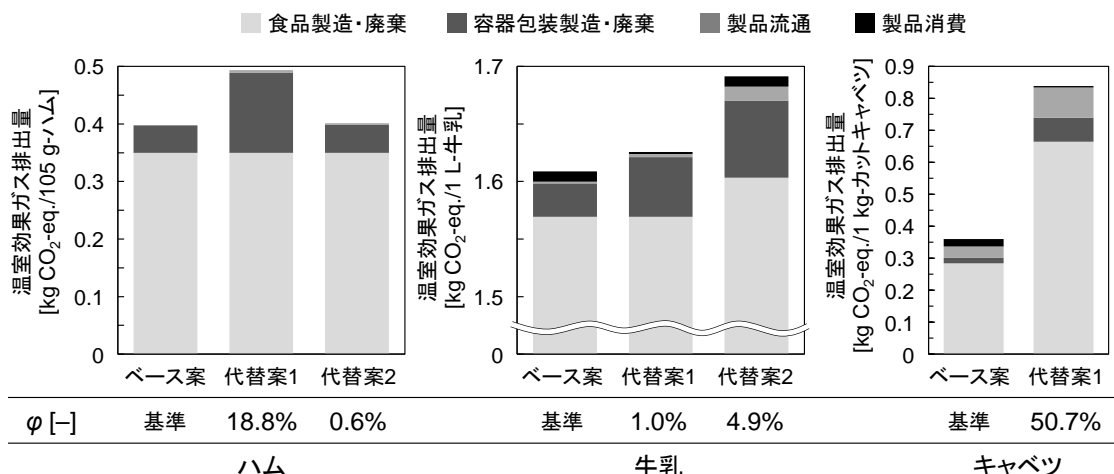


図4 製品ごとの環境影響評価とトレードオフ分析結果

表 2 食品廃棄と食品消費に着目した消費者行動のシナリオ分析の結果

消費者行動	食品廃棄: 賞味期限の考慮	賞味期限の期間 内で消費する		開封後の一定期間のみ消費する				賞味期限後も 消費する	
	食品消費: 1日あたり消費量	大		中		小		小	
ハム	ベース案	0.398	0%	1.42	71%	2.44	83%	0.398	0%
	代替案 1	0.492	0%	0.577	14%	1.00	50%	0.493	0%
	代替案 2	0.400	0%	1.43	71%	0.400	0%	0.400	0%
牛乳	ベース案	1.59	0%	5.36	70%	8.12	80%	1.66	0%
	代替案 1	1.60	0%	1.60	0%	1.62	0%	1.62	0%
	代替案 2	1.66	0%	5.59	70%	1.72	0%	1.72	0%
キャベツ	ベース案	0.357	0%	0.712	43%	1.13	62%	1.13	62%
	代替案 1	0.827	0%	0.842	0%	1.31	33%	0.842	0%

各セルの値 = 左: 温室効果ガス排出量 [kg CO₂-eq./機能単位]; 右: 食品ロス率

機能単位 = ハム: ハム 105 g 消費; 牛乳: 牛乳 1 L 消費; キャベツ: 千切りキャベツ 1 kg 消費

灰色背景 = 消費者シナリオで、最も環境影響が小さい設計案

表 2 に、シナリオ分析のうち、各製品について食品消費段階と食品廃棄段階に着目した結果を示す。消費速度が小さいシナリオや消費期限によらずに食品を早く廃棄するシナリオでは、高機能化された代替製品の環境影響が、食品ロス削減によって打ち消され、ライフサイクル全体の環境影響としては小さくなった。中でも、ベース案と比較して、代替案が φ の値よりも食品ロスを削減した場合、必ず環境影響がベース案よりも小さい。また、食品ロスがない場合には、図 4 の容器包装の高機能化による環境影響増加により、ベース案の環境影響が小さい。ただし、牛乳の代替案 1 のみ、内容量削減による消費段階での環境影響削減により、食品ロス削減がなくても環境影響が削減できるシナリオが存在する。

各製品の環境影響の特徴によって必要な食品ロス削減量を示す φ の値が変化することや、φ の食品ロス削減量を達成することで環境影響を削減する消費者行動と設計案の組み合わせが製品間で異なることが示された。この分析フレームワークでは、食品と容器包装の製造から廃棄までをシステム対象とすることで、容器包装の高機能化による食品ロス削減効果と環境負荷増加のトレードオフの解析が可能となった。こうしたアプローチにより、容器包装の高機能化が及ぼす影響を消費段階や食品加工段階まで考慮することが、環境配慮型の容器包装设计で重要であることが示された。

(2) 容器包装の保護以外の多様な機能と環境影響

保護機能は、容器包装において最優先されるが、消費者の視点からは当たり前の機能であり、製品の魅力を向上するためには異なる機能が必要である。容器包装の持続可能性を議論する際には、保護機能のみならず、他の機能も環境影響とともに考慮して最適化する必要がある。

機能面と環境面のトレードオフを考慮するための評価手法の 1 つに「環境効率」がある。これは式(3)によって定義される。

$$\text{環境効率} = \frac{\text{製品やシステムの価値}}{\text{製品やシステムの環境影響}} \quad (3)$$

分母の環境影響に関しては LCA を用いることで求めることが可能であるが、分子の価値は多様な要素を持つため、環境効率の使用時には多くの議論が必要である。そのため、実務的に環境効率を使用することが困難であった。

容器包装の環境効率を定めるために、LCA 日本フォーラム「容器包装の環境効率研究会」において、容器包装を製造する実務者と式(3)の分子である容器包装の価値を議論した[7]。価値を「機能的価値」と定め、容器包装がライフサイクルに

表 3 環境効率の評価

製品	4 L ペットボトル		レトルトパウチ	
	把手 なし	把手 付き	アルミ	透明 蒸着
機能的 価値	17	18	28	29
環境影響 [kg CO ₂ - eq./製品]	0.31	0.36	0.101	0.090
環境効率	55	50	277	322

において果たす役割を基に機能を抽出した。抽出した機能のうち、評価対象とする容器包装が持つ機能の数を計上することで、機能的価値として評価できる。

機能的価値の評価ツールによって得られた環境効率の具体的な評価結果の例を表3に示す。4Lペットボトルの例では、機能向上のために環境影響も増加しており、結果としては環境効率が低下していた。一方でレトルトパウチの例では、機能向上の際に環境影響も削減しており、設計変更の効果が環境効率で大きく示された。このように環境効率を基準とすることで、多くの機能を捉えながら機能向上とともに製品の環境性能を考慮可能とした。

(3) 設計支援フレームワークの構築

本研究で得られた結果が現在の設計フロー中で役立てるために、アクティビティモデリングによって意思決定支援フレームワークを構築した。アクティビティモデルの基本構造を図5に示す。

構築したフレームワークをポテトサラダの容器包装設計のケースへ適用し、その適用性を示した。結果としては、食品ロス削減ポテンシャル・温室効果ガス排出量・消費者の知覚価値の3点から、ポテトサラダの設計案を得ることができた。本フレームワークにより、食品ロス削減効果を考慮した統合的ライフサイクル評価によって、容器包装設計者による設計の支援が可能となった。

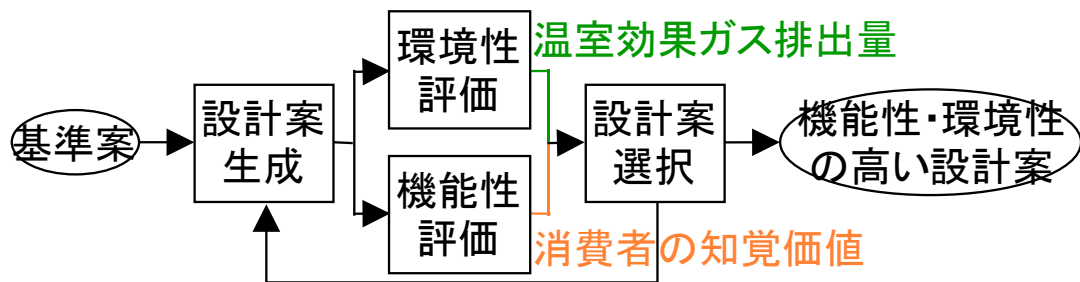


図5 構築したアクティビティモデルの基本構造

<引用文献>

- [1] 財団法人日本容器包装リサイクル協会、「プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討II」(2012.6)
- [2] 森口祐一「容器包装等のプラスチックの3Rの課題と展望」, 廃棄物資源循環学会誌, 21, 318-327(2010)
- [3] Wikström, F., Williams, H., “Potential environmental gains from reducing food losses through development of new packaging - a life-cycle model” Packag. Technol. Sci. 23, 403-411 (2010).
- [4] Wikström, F., Williams, H., Venkatesh, G., “The influence of packaging attributes on recycling and food waste behaviour - An environmental comparison of two packaging alternatives” J. Clean. Prod. 137, 895-902 (2016)
- [5] N. Yokokawa, E. Kikuchi-Uehara, H. Sugiyama, M. Hirao, Framework for analyzing the effects of packaging on food loss considering consumer behavior, J. Clean Prod., 174, p. 26 (2018)
- [6] N. Yokokawa, E. Kikuchi-Uehara, E. Amasawa, H. Sugiyama, M. Hirao, Environmental analysis of packaging-derived changes in food production and consumer behavior, J. Ind. Ecol., 23(5), 1253-1263 (2019)
- [7] LCA 日本フォーラム, 平成26・27年度容器包装の環境効率研究会報告書 (2016)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Naoki Yokokawa, Emi Kikuchi-Uehara, Eri Amasawa, Hirokazu Sugiyama, Masahiko Hirao	4. 巻 23(5)
2. 論文標題 Environmental analysis of packaging-derived changes in food production and consumer behavior	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Industrial Ecology	6. 最初と最後の頁 1253-1263
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1111/jiec.12918	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Naoki Yokokawa, Yutaro Masuda, Eri Amasawa, Hirokazu Sugiyama, Masahiko Hirao	4. 巻 44
2. 論文標題 Network visualization of design variables and functions for sustainable packaging design	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Computer Aided Chemical Engineering	6. 最初と最後の頁 1771-1776
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi: 10.1016/B978-0-444-64241-7.50290-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 横川 直毅, 平尾 雅彦	4. 巻 28(2)
2. 論文標題 容器包装のライフサイクル設計	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本包装学会誌	6. 最初と最後の頁 99-107
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Naoki Yokokawa, Emi Kikuchi-Uehara, Hirokazu Sugiyama, Masahiko Hirao	4. 巻 174
2. 論文標題 Framework for analyzing the effects of packaging on food loss reduction by considering consumer behavior	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Cleaner Production	6. 最初と最後の頁 26-34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.242	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Naoki Yokokawa, Yutaro Masuda, Eri Amasawa, Hirokazu Sugiyama, Masahiko Hirao	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Systematic packaging design tools integrating functional and environmental consequences on product life cycle: Case studies on laundry detergent and milk	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Packaging Technology and Science	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/pts.2526	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計19件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Naoki Yokokawa, Yutaro Masuda, Eri Amasawa, Hirokazu Sugiyama, Masahiko Hirao
2. 発表標題 Network visualization of design variables and functions for sustainable packaging design
3. 学会等名 13th International Symposium on Process System Engineering (PSE 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横川 直毅, 天沢 逸里, 杉山 弘和, 平尾 雅彦
2. 発表標題 ライフサイクルにおける機能・コスト・環境を考慮した食品容器包装設計
3. 学会等名 日本包装学会第27回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横川 直毅, 天沢 逸里, 杉山 弘和, 平尾 雅彦
2. 発表標題 機能を中心とした食品と容器包装のライフサイクル評価手法
3. 学会等名 環境科学会 2018年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横川 直毅, 天沢 逸里, 杉山 弘和, 平尾 雅彦
2. 発表標題 持続可能な容器包装の設計のための統合的ライフサイクル評価手法
3. 学会等名 化学工学会第50回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Yokokawa, Yutaro Masuda, Eri Amasawa, Hirokazu Sugiyama, Masahiko Hirao
2. 発表標題 Integration of design consequences into life cycle design of packaging for sustainability
3. 学会等名 The 13th Biennial International Conference on EcoBalance (EcoBalance 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Yokokawa, Yutaro Masuda, Eri Amasawa, Hirokazu Sugiyama, Masahiko Hirao
2. 発表標題 Systematic methodology for designing multi-functional products for sustainability by connecting design variables with product functions
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Design, Operation, and Control of Chemical Processes (PSE Asia 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横川 直毅, 天沢 逸里, 杉山 弘和, 平尾 雅彦
2. 発表標題 多機能製品が持つ各機能への環境影響配分手法
3. 学会等名 第14回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横川 直毅, 長谷川 幹晃, 天沢 逸里, 杉山 弘和, 平尾 雅彦
2. 発表標題 環境性と機能性を統合した多機能製品設計のためのアクティビティモデル
3. 学会等名 化学工学会第84年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoki Yokokawa, Hirokazu Sugiyama, Masahiko Hirao
2. 発表標題 Decision support for life cycle design of food and packaging
3. 学会等名 The 8th International Conference on Life Cycle Management (LCM 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naoki Yokokawa, Hirokazu Sugiyama, Masahiko Hirao
2. 発表標題 Sustainable consumption and production of food products considering packaging effects
3. 学会等名 The 9th biennial conference of the International Society for Industrial Ecology (ISIE) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横川 直毅, 天沢 逸里, 杉山 弘和, 平尾 雅彦
2. 発表標題 製品設計者の意思決定支援に向けた食品と容器包装のライフサイクル設計
3. 学会等名 化学工学会第83年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 増田 祐太郎, 横川 直毅, 天沢 逸里, 杉山 弘和, 平尾 雅彦
2. 発表標題 機能が製品ライフサイクルに及ぼす影響を考慮した容器包装設計手法
3. 学会等名 化学工学会第83年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横川 直毅, 天沢 逸里, 杉山 弘和, 平尾 雅彦
2. 発表標題 機能の統合による食品と容器包装のライフサイクル設計
3. 学会等名 第13回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 増田 祐太郎, 横川 直毅, 天沢 逸里, 杉山 弘和, 平尾 雅彦
2. 発表標題 容器包装を対象とする機能と環境影響を統合したライフサイクル設計手法
3. 学会等名 第13回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横川 直毅, 天沢 逸里, 杉山 弘和, 平尾 雅彦
2. 発表標題 食品容器包装の製品とライフサイクルの統合設計
3. 学会等名 化学工学会 第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 増田 祐太郎, 横川 直毅, 天沢 逸里, 杉山 弘和, 平尾 雅彦
2. 発表標題 容器包装を対象とした機能と環境影響を統合したライフサイクル設計手法
3. 学会等名 化学工学会 第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横川 直毅, 平尾 雅彦
2. 発表標題 機能が及ぼす影響を考慮した食品容器包装のライフサイクル設計
3. 学会等名 日本包装学会第26回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横川直毅, 天沢逸里, 杉山弘和, 平尾雅彦
2. 発表標題 環境性と機能性に基づく容器包装のライフサイクル設計
3. 学会等名 化学工学会 第85年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横川直毅, 天沢逸里, 杉山弘和, 平尾雅彦
2. 発表標題 機能性と環境性に基づく意思決定のための容器包装のライフサイクル設
3. 学会等名 第15回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 (分担執筆) 横川直毅, 平尾雅彦	4. 発行年 2020年
2. 出版社 (株)技術情報協会	5. 総ページ数 未定
3. 書名 食品容器包装の新しいニーズ、規制とその対応 第1章第2節 食品容器包装の統合ライフサイクル設計	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	横川 直毅 (Yokokawa Naoki)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・大学院生 (12601)	
連携研究者	天沢 逸里 (Amasawa Eri) (80804989)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・助教 (12601)	
連携研究者	杉山 弘和 (Sugiyama Hi rokazu) (70701340)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授 (12601)	