

チルド食品配送サービスの ライフサイクルCO₂排出量推計

山田 尚史¹・加藤 博和²・朴 秀日³

¹非会員 元名古屋大学環境学研究科

(〒464-8601 名古屋市千種区不老町) E-mail: naofumi261305@gmail.com

²正会員 名古屋大学大学院環境学研究科附属持続的共発展教育研究センター

(〒464-8601 名古屋市千種区不老町) E-mail: kato@genv.nagoya-u.ac.jp

³正会員 名古屋大学大学院環境学研究科附属持続的共発展教育研究センター

(〒464-8601 名古屋市千種区不老町) E-mail: suil@urban.env.nagoya-u.ac.jp

物流分野のCO₂削減策を検討する際、流通フローの各部分に着目するのみならず、全体を俯瞰して分析・把握することが肝要である。本研究では、チルド食品(5°Cから10°Cで管理される食品)の配送サービスに着目し、ライフサイクルCO₂排出量の算定を試みた。調査対象事業者では、車両走行時の燃料消費に起因する排出は76%、拠点運用時の電力消費に起因する排出は16%であった。さらにライフサイクルCO₂排出量推計のために、影響要因を考慮できる原単位を整備し、それらの要因による排出量変化を分析した。その結果、ハイブリッドや電化といった車両技術、太陽光発電など再生可能エネルギーの導入に加え、積載率・在庫回転率向上のような物流効率化策もCO₂削減に資することが明らかになった。

Key Words : Cold Chain, LCA(Life Cycle Assessment), CO₂ emissions

1. はじめに

(1) 研究の背景

日本の国内CO₂排出量の算定では、流通プロセスのうち、在庫プロセスは業務部門、輸送プロセスは運輸部門に分類される。国立環境研究所³⁾によると、2020年度のCO₂排出量のうち業務・運輸の各部門がそれぞれ2割程度を占めている。CO₂削減策の検討においては、プロセスごとのCO₂排出量を把握し、各プロセスでの要因分析を踏まえた施策検討が必要である。

(2) 研究の目的

本研究では、チルド食品(5°Cから10°Cで管理される食品)の配送サービスに着目する。食品の流通は、集荷から最終納品までの各段階でさまざまな活動が行われており、これらを含めたCO₂排出量の把握が必要である。これはLCA(Life Cycle Assessment)の手法を用いて分析されてきた。しかし、食品流通に伴うCO₂排出量について、各段階で影響を与える要因を考慮した研究は少ない。そこで本研究では、既往研究で扱われていないチルド食品の配送サービスを対象に、LCAを用いてCO₂排出量(LC-CO₂)の算出を試みる。さらに各プロセスでの影響要因を考慮できるLC-CO₂原単位を整備し、それを用いてCO₂削減施策による排出量変化を推計可能とし、施策の検討に貢献することを目的とする。

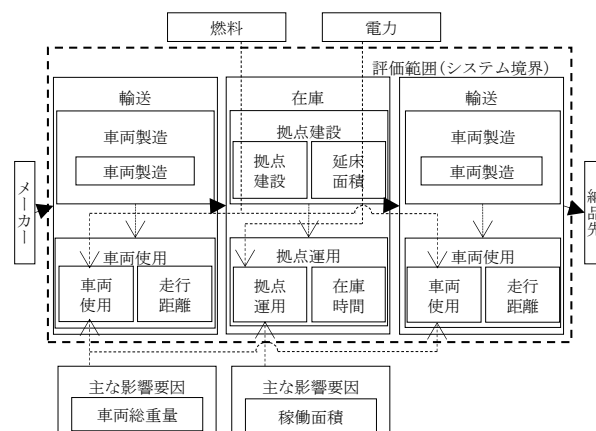


図-1 評価範囲とプロセスツリー

2. LC-CO₂推計

(1) 評価範囲とプロセスツリー

推計におけるチルド食品配送サービスのシステム境界とプロセスツリーを図-1に示す。

機能単位はチルド食品1tを1km配送するサービスと設定する。

(2) LC-CO₂の推計方法

CO₂排出量推計に使用するデータを表-1に示す。チルド食品専門の配送事業者(以下、対象事業者)から対象期

間(2021年9月)におけるデータを取得する。拠点建設と車両製造プロセスからのCO₂排出量はライフタイムをもとに1ヶ月に割り当てる。拠点のライフタイムはヒアリング調査より基礎35年、上部構造物20年とし、車両については8年とする。

(3) LC-CO₂推計結果

対象事業者におけるチルド食品配送サービスのLC-CO₂を図-2に示す。燃料消費からの排出が76%を占める一方で、電力消費からの排出は16%であった。

3. LC-CO₂原単位の整備

(1) LC-CO₂原単位の概要

チルド食品配送サービスの詳細なプロセスツリーを図-1に示す。「拠点建設時のCO₂排出原単位」、「拠点運用時のCO₂排出原単位」、「車両製造時のCO₂排出原単位」、「車両使用時のCO₂排出原単位」をLC-CO₂原単位として整備する。CO₂削減に寄与する技術として、在庫では太陽光発電設備、輸送ではハイブリッドトラック(HT)およびEVトラック(ET)を扱う。

(2) 各プロセスのCO₂排出量の整備

基礎・上部構造物建設時のCO₂排出原単位は対象事業者から取得したデータをもとに1m²・1時間あたりの値を用いる。太陽光発電設備製造時CO₂排出原単位は電力中央研究所⁹⁾のCO₂排出係数を引用する(表-2)。

拠点運用時のCO₂排出原単位は対象事業者から取得したデータをもとに1m²・1時間あたりの値を用いる(表-3)。

ディーゼルトラック(DT)製造時のCO₂排出原単位はIDEA²⁾の値を、HTとETについては大石ら⁹⁾から引用した乗用車の値を重量倍した値とする(表-4)。

DTの車両使用時のCO₂排出原単位は対象事業者から取得したデータをもとに算定した1kmあたりの燃料消費量に軽油製造時・使用時のCO₂排出量を乗じて算定する。HTについては奥井ら⁷⁾よりDTとHTの燃料消費量の比を引用し、算定したDTのCO₂排出原単位に乗じて算出する。ETについては松田ら⁸⁾から引用した値を重量倍した値に電力のCO₂排出係数を乗じて算定する。CO₂排出係数は環境省⁴⁾の全国平均値を用いる(表-5)。

(3) 影響要因との関連づけ

a) 拠点運用時のCO₂排出原単位

拠点運用時のCO₂排出原単位が在庫回転率に反比例すると仮定する(式(1))。在庫回転率とは、在庫が入れ替わる早さを示す指標で在庫時間の逆数で表される。

表-1 CO₂排出量推計に用いるデータ

取得データ	CO ₂ 排出原単位・排出係数の引用元
拠点建設	建設資材量 鉄骨・コンクリート：IDEA ²⁾ 鉄筋：橋ら ³⁾
電力消費	電力消費量 環境省 ⁴⁾
車両製造	車両台数 IDEA ²⁾
燃料消費	軽油消費量 軽油製造：IDEA ²⁾ 軽油使用：環境省 ⁴⁾

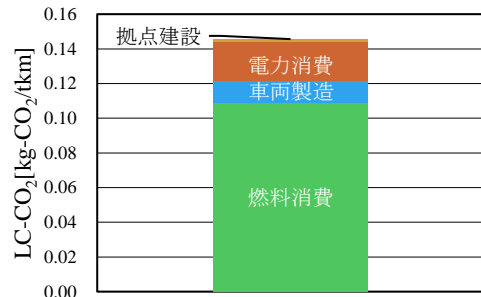


図-2 チルド食品配送サービスのLC-CO₂推計結果

表-2 拠点建設時のCO₂排出原単位

基礎・上部構造物[kg-CO ₂ /(m ² ・h)]	1.31×10 ³
太陽光発電設備[kg-CO ₂ /kWh]	5.85×10 ²

表-3 拠点運用時のCO₂排出原単位

拠点運用[kg-CO ₂ /(m ² ・h)]	1.99×10 ²
---	----------------------

表-4 車両製造時のCO₂排出原単位[t-CO₂/vehicle]

	DT	HT	ET
25t	28.1	464	51.6
4t	13.1	21.7	24.2

表-5 車両使用時のCO₂排出原単位[kg-CO₂/(vehicle・km)]

	DT		HT		ET
	一般	高速	一般	高速	一般・高速
25t	0.473	0.370	0.609	0.353	0.411
4t	0.384	0.319	0.496	0.305	0.193

$$Em_{DC} = \left(0.25 + 0.75 \times \frac{IT_c}{IT}\right) \times C \quad (1)$$

Em_{DC} :影響要因を考慮した拠点運用時のCO₂排出原単位[kg-CO₂/(m²・h)], IT_c :現在の在庫回転率[h], IT :在庫回転率[h], C :整備した拠点運用時のCO₂排出原単位[kg-CO₂/(m²・h)].

b) 車両使用時のCO₂排出原単位

車両使用時のCO₂排出原単位が車両総重量に比例すると仮定する(式(2))。

$$Em_T = \frac{W_V + W_P \times N + W_L}{W_V + W_P \times 1} \times C \quad (2)$$

Em_T :影響要因を考慮したCO₂排出原単位[kg-CO₂/(vehicle・km)], W_V :車両重量[kg], W_P :乗員体重[kg], N :乗車人数[kg], W_L :積載量[kg], C :整備した車両使用時のCO₂排出原単位[kg-CO₂/(vehicle・km)]

4. CO₂排出量推計および施策の検討

(1) 評価ケースの設定

評価範囲と詳細な設定を図-3に示す。ここではチルド食品 1tを配送することを機能単位とする。

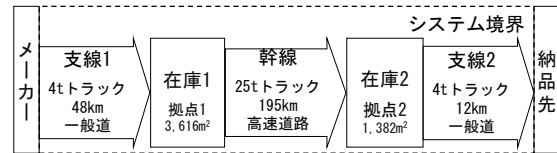


図-3 評価範囲と詳細な設定

(2) 在庫に伴うCO₂の推計方法

基礎・上部構造物建設時のCO₂排出量は原単位に延床面積と在庫時間を乗じて算出する。太陽光発電設備製造時のCO₂排出量は、朴ら⁹⁾の方法で算出した発電量に原単位を乗じて算出する。チルド食品 1t分への配分は倉庫統計¹⁰⁾と現地調査より算出した平均在庫量を用いて行う。ここで平均在庫量は在庫回転率に反比例すると仮定する。

拠点運用時のCO₂排出量は原単位・延床面積・在庫時間の積とする。発電設備を設置する場合、発電量にCO₂排出係数を乗じた分を引く。配分は平均在庫量を用いて行う。

(3) 輸送に伴うCO₂の推計方法

トラックの車両製造時のCO₂排出量は森本ら¹¹⁾を参考に、生涯走行距離を25tトラック 35万 km, 4tトラック 30万 kmとし、輸送距離をもとにチルド食品 1tに配分する。

車両使用時のCO₂排出量は原単位に輸送距離を乗じて算出する。算出されたCO₂は積載量を用いて配分する。

(4) シナリオ設定

輸送に関するシナリオの設定を表-6に示す。在庫については太陽光発電設備の有無の2つのシナリオを扱う。さらに輸送の積載率と在庫回転率による感度分析を行う。車両の最大積載量を25tトラック 13.5t, 4tトラック 2.55tとする。現状の在庫時間を、拠点1は6時間、拠点2は2時間とする。

(5) 推計結果

車両による違いを図-4に示す。支線 HT化ではCO₂排出量が増加する一方で、幹線 HT化では低減した。支線 ET化ではCO₂排出量は減少したが、幹線 HT化ではCO₂排出量が増加した。積載率による感度分析の結果を図-5に示す。支線1の積載率の影響が大きいことがわかる。車両が小さく輸送距離が長いと感度が高くなると考えられる。

太陽光発電設備を設置した場合の変化を図-6に示す。発電設備設置によりCO₂排出量が7.2%低減する。在庫回転率による感度分析の結果を図-7に示す。ここで現状の在庫回転率と回転率の比を比在庫回転率とする。CO₂排出量は、在庫回転率が1.2倍で12%程度、1.5倍になると25%程度減少することがわかる。

表-6 シナリオの設定 (輸送)

	支線1	幹線	支線2
現状(DT)	DT	DT	DT
支線HT化	HT	DT	HT
全HT化	HT	HT	HT
支線ET化	ET	DT	ET
全ET化	ET	ET	ET

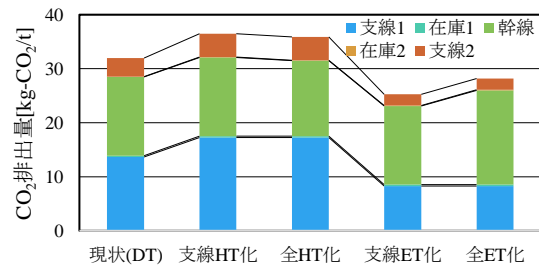


図-4 動力(車両)による違い

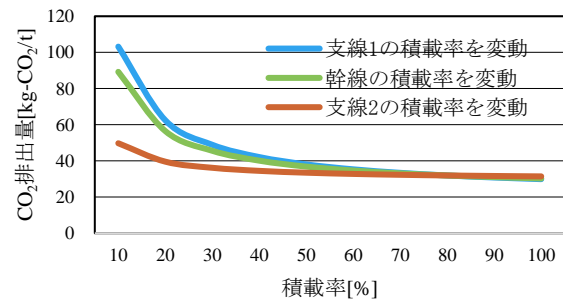


図-5 積載率による変化

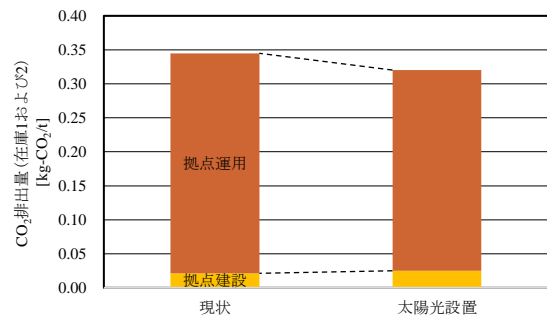


図-6 太陽光発電設備設置による違い

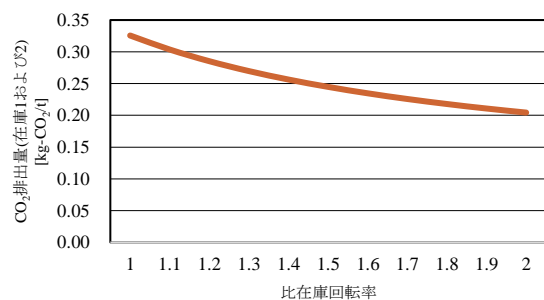


図-7 在庫回転率による変化

5. 結論

本研究では、チルド食品配送サービスの LC-CO₂ 排出量を把握した。輸送における燃料消費からの排出が大部分を占める一方で、在庫における電力消費からの排出も無視できないことが明らかになった。

また、シナリオ別の推計を通じて以下のことが示唆された。

- HT 化は、支線では排出量が増加する一方で、幹線では削減に貢献する。ET 化では逆の結果が得られた。
- 車両が小さく輸送距離が長い支線の積載率の影響が大きい。
- 太陽光発電設備導入が在庫プロセスからの排出を大きく削減する。

本研究では、対象事業者から取得したデータや既往研究に基づき、多くの仮定のもとで LC-CO₂ 原単位を整備した。これらを見直していく必要がある。また、チルド食品配送サービス特有の影響要因(特に冷蔵起源の寄与について)を含め、より多様な内外条件・要因を考慮した推計が求められる。

謝辞：本研究は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20201G01)により実施した。また、データ取得やプロセス把握において、対象事業者に多大なご協力を賜りました。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 国立環境研究所：温室効果ガスインベントリ | 温室効果ガスインベントリオフィス | 国立環境研究所,
<https://www.nies.go.jp/gio/aboutghg/index.html>(最終閲覧日 2022.2.8)
- 2) LCI データベース IDEA version 2.3(2019/12/27) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 IDEA ラボ 一般社団法人サステナブル経営推進機構
- 3) 橘隆一・永岩隆城・久里徳泰・後藤尚弘・藤江幸一：法面緑化工の LCI(Life Cycle Inventory)分析, 日本緑化工学会誌, 35 巻 1 号, pp.3-8, 2009
- 4) 環境省：算定方法・排出係数一覧,
<https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc>(最終閲覧日 2022.1.24)
- 5) 電力中央研究所(2016)：日本における発電技術のライフサイクル CO₂ 排出量総合評価,
<https://criepi.denken.or.jp/hokokusho/pb/reportDetail?reportNoUkCode=Y06>(最終閲覧日 2022.1.24)
- 6) 大石直毅・朴秀日・加藤博和：新たなパーソナルモビリティツールのライフサイクル CO₂ 原単位の作成, 第 16 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, CD-ROM(3-D1-01), 2021
- 7) 奥井伸宜・新国哲也：小型配送用ハイブリッドトラックの燃費調査および燃費改善の検討, 自動車技術会論文集, Vol.45, No.2, pp.303-308, 2014
- 8) 松田俊郎・宮崎信也・福沢達弘・水越篤志・辻俊孝・阿部圭太・井部精治・原勇太郎・田中颯馬：EV バス, トラックの普及拡大を可能とする大型車用 EV システムの技術開発と実証評価, 自動車技術会論文集, Vol.50 No.5, pp.1319-1324, 2019
- 9) 朴秀日・加藤博和・長尾和哉：既成市街地を低炭素化と非常時エネルギー供給を両立できる地域に更新する戦略モデルの評価, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.76, No.5, pp.221-232, 2021
- 10) 国土交通省：倉庫統計季報,
https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/seisakutokatsu_freight_mm2_000007_2.html(最終閲覧日 2022.1.24)
- 11) 森本涼子・加藤博和・柴原尚希・金原宏：製品の流通・販売形態のライフサイクルアセスメント：容器入り清涼飲料水を例として, 日本LCA学会誌, Vol.5, No.1, pp.47-53, 2009

(2022.3.5 受付)

ESTIMATION OF LIFE CYCLE CO₂ EMISSIONS FROM CHILLED FOOD DISTRIBUTION SERVICE

Naofumi YAMADA and Hirokazu KATO