

トラック輸送におけるパレット化が 二酸化炭素排出量に及ぼす影響に関する研究

東京海洋大学 黒川研究室
流通情報工学科4年 1823027 谷田 溪

目次

1. 研究背景
2. 研究目的
3. 二酸化炭素排出量の分析 — アイドリング
4. 二酸化炭素排出量の分析 — 輸送
5. おわりに

1.研究背景—日本の環境問題

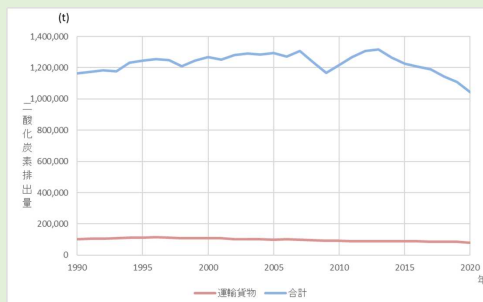


図1 運輸貨物の二酸化炭素排出量の年推移 [1]

運輸貨物の排出量：全体の7%

物流の効率化による対策
(標準化、技術)

1.研究背景—ドライバーの労働実態



図1 ドライバーの労働時間 [2]

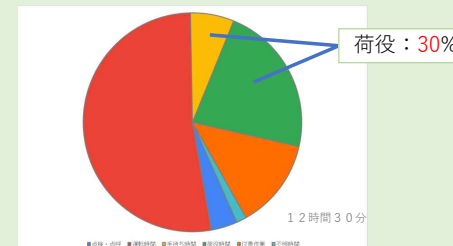


図2 ドライバーの拘束時間の内訳 [3]

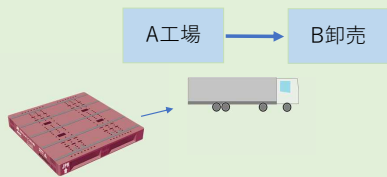
長時間労働
荷役＋荷役待ち：全体の30%
バラ積み作業が原因

一貫パレチゼーション

一貫パレチゼーションの概要

一貫パレチゼーションについて

- ・貨物をパレット単位で運搬
発着地まで一貫して同一のパレットを使用する物流
- ・バラ積みより荷役時間を1/2倍短縮→荷役待ちの短縮



引用: <https://www.jpr.co.jp/img/v2/common/products>

パレット化による荷役時間短縮事例		
宮城	1時間51分	→ 40分
山梨	2時間	→ 27分

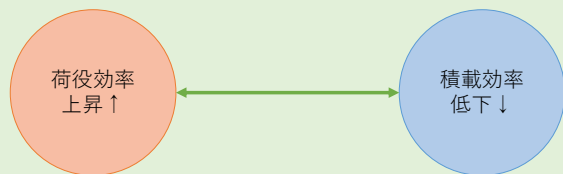
5

目次

1. 研究背景
2. 研究目的
3. CO2排出量の分析 — アイドリング
4. CO2排出量の分析 — 輸送
5. おわりに

6

問題 一貫パレチゼーションのジレンマ



環境への波及効果	荷役待ち時間の排出量低下	貨物トンキロあたりの排出量増加
----------	--------------	-----------------

V.Kočí(2018)³⁾: パレットのライフサイクルでの排出量を評価
→パレットの自重による積載重量の増加=二酸化炭素排出量の増加
→パレットの積荷の積載効率について述べていない

7

問題点

パレット化: 荷役効率を上昇 ↔ 積載率の低下 以下の2つの影響
荷役待ち時間短縮 → アイドリング時の排出量を低下
積載率の低下 → トンキロあたりの排出量を増加

目的

環境負荷の少ないパレット化の導入条件の検討

分析の流れ

- ①荷役待ち: 待ち行列モデル・荷役処理能力変化に関する排出量の傾向
- ②積載率低下: 改良トンキロ法・以下の2つの影響に関する排出量の傾向
 - 1.積荷の特性(積載率、容積)
 - 2.パレットの特性(サイズ、重量)とトラック荷台の特性(サイズ)

8

1. 研究背景
2. 研究目的
3. CO2排出量の分析 – アイドリング
4. CO2排出量の分析 – 輸送
5. おわりに

荷積み拠点 → パース → 荷降ろし拠点

2.到着台数 → 1.処理台数

ρ 毎の待ち時間に対応する排出量を確認

$$Y_1 = \frac{U}{10} \times \frac{\rho}{\mu(1-\rho)} \times 60 \times \frac{1}{1000000} \quad , \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (1)$$

Y_1	CO2排出量 (t-CO2/時)	ρ	トラフィック密度
U	アイドリング10分当たり CO2排出量 (g) ⁴⁾	λ	平均到着台数 (個/時)
		μ	平均処理台数 (個/時)

Figure 1 is a line graph showing the relationship between the average number of processing units (平均処理台数) on the x-axis and CO2 emissions (CO2排出量) on the y-axis. The x-axis ranges from 0 to 1.0, and the y-axis ranges from 0 to 0.0016. Two curves are plotted: CO2M (orange line) and CO2m (blue line). Both curves show an exponential increase in CO2 emissions as the average number of processing units increases. A vertical dashed line at x=0.4 is labeled 'トラフィック密度' (Traffic Density). A horizontal dashed line at y=0.0001 is labeled 'Δρ'. A point on the CO2M curve at x=0.4 is labeled '②', and a point on the CO2m curve at x=0.8 is labeled '①'. The x-axis is also labeled '多' (Many) on the left and '少' (Few) on the right.

図4 平均処理台数の変化時のトラフィック密度とCO2排出量の関係

	変数
$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$	$\lambda \rightarrow 30$
	$\mu \rightarrow \text{変更}$

Ex) 処理台数が2倍になったとき
処理台数 40(台/時)→80(台/時)

$$\text{CO}_2 \quad 85.5\text{g} \rightarrow 8.5\text{g}$$

80%以上

処理台数の増加によるCO2削減

CO2 排出量 (t)

トラフィック密度

少 ————— 多

平均到着台数

バラック

パレット

差

図5 平均到着台数の変化時のトラフィック密度とCO2排出量の関係

	変数		3倍
$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$	$\lambda \rightarrow$ 変更		
	μ	パレット→100 バラ積み→ 30	

Ex) トラフィック密度: 0.7
 パレット → $2.66 \times 10^{-5} \text{ t}$
 ばら積み → $8.87 \times 10^{-5} \text{ t}$

70%

同じ混み具合でも処理台数が多いほど有利

目次

1. 研究背景
2. 研究目的
3. CO2排出量の分析 — アイドリング*
4. CO2排出量の分析 — 輸送
5. おわりに

積載率低下の影響に関して

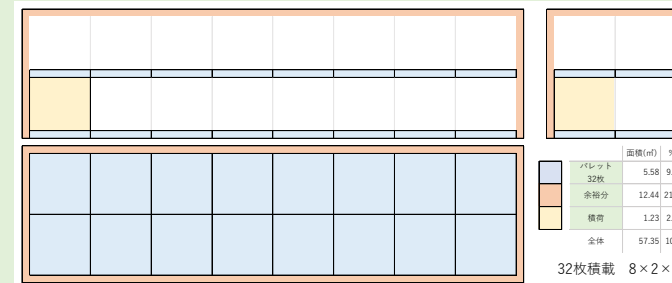
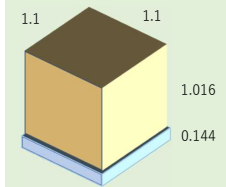
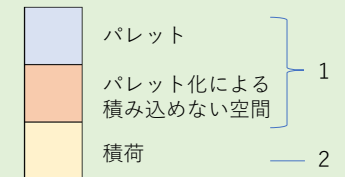


図6 パレット積載時大型トラックの見取り図
(荷役の際の高さ余裕: 15cm)

	トラック ⁶⁾	パレット ⁵⁾
	軽油大型トラック	T11, プラスチック, 片面二方差し
L × W × H	9.635 × 2.410 × 2.470 (荷台の寸法)	1.1 × 1.1 × 0.144
最大積載量	14600 kg	1000 kg
重量	10235 kg	20 kg



積載率低下の影響を2つに分ける



13

14

パレット化による積載率の低下要因

1. パレット、隙間分の低下
2. 積荷の隙間

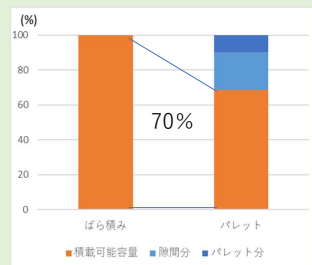


図7 パレット化による積載率の低下

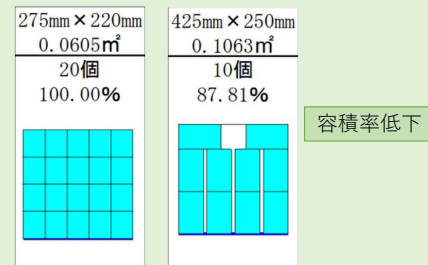


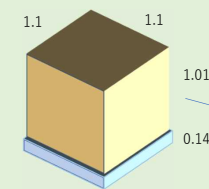
図8 ダンボールサイズによる積荷の隙間
(出典: カートンケースの標準化推進マニュアル⁷⁾)

容積率: パレットに対する積荷の割合

積載率: トラックの最大積載量に対する積荷の重量、容積を表した割合

15

積荷の容積率の変化時



改良トンキロ法⁷⁾

$$Y_2 = L \times W \times X \times \frac{1}{1000} \times A \times B \times \frac{44}{12} \quad (2)$$

$$X = 2.71 - 0.812 \times \ln\left(\frac{W}{C}\right) - 0.654 \times \ln(C) \quad (3)$$

Y₂ CO2排出量 (t) W 積載重量(kg) A 単位発熱量 (GJ/kl)
L 2地点間距離 (km) X 燃料使用原単位 (L/トンキロ) B 排出係数 (t-C/GJ)
C 最大積載重量 (kg)

積荷の特性による影響
貨物トンキロあたり二酸化炭素排出量

- 隙間 → 容積の変化とみなす

バラ積みとの比較

16

積荷の容積率の変化時

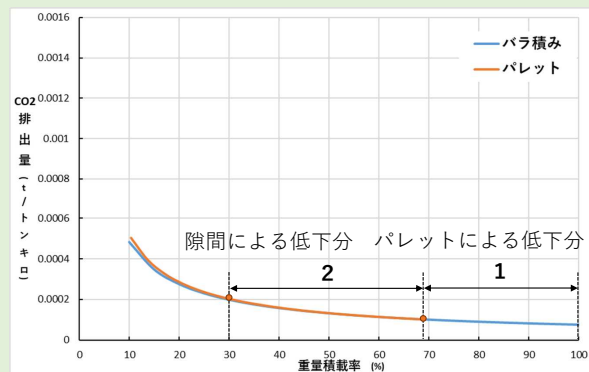


図9 容積率変化における排出量

変数	
比重	一定 0.25 t/m ³
容積率	変化

- 1: パレット、隙間分の低下分 30%
2: 隙間による低下分

Ex) 容積率 100%→80%

排出量は1.2倍の増加

積荷の隙間→影響あり
容積率大→バラ積みとの差が短縮

17

パレット化による積載率の低下要因

1. パレット分、隙間分の低下 2. 積荷の隙間

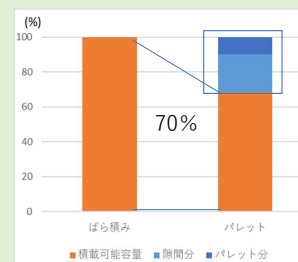


図7 パレットによる容積率の低下

容積率: パレットに対する積荷の割合

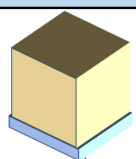
積載率: トラックの最大積載量に対する積荷の重量、容積を表した割合



図8 ダンボールサイズによる積荷の隙間
(出典: カートンケースの標準化推進マニュアル)

18

検討項目 — パレット分、隙間分の低下

1.車格の変更	2.パレット自体の変更
 車両の大きさ、エンジン 道路交通法による分類 ↓ 容積率変化時の傾向	 T-11 → T12 パレットサイズ パレット重量 ↓ 荷台空間への影響

19

1.車格の変更—中型、大型トラック

大型車と中型車
貨物積載率がほぼ同じ

9.635

6.235

4.305

幅の制限で2列にできない

	大型トラック ⁷⁾	中型トラック ⁹⁾	準中型トラック ¹⁰⁾
荷台寸法 (L×W×H m)	9.635 × 2.410 × 2.470	6.235 × 2.230 × 2.320	4.305 × 2.085 × 1.950
最大積載量	14600 kg	5100 kg	3000 kg
枚数(2段)	32	20	6
積荷の積載率	68.6%	68.4%	31.3%

20

1.車格の変更

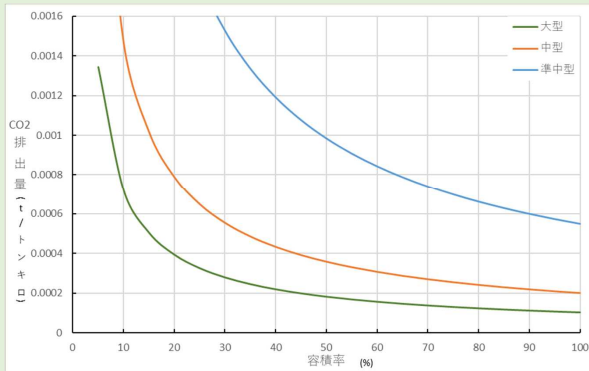


図12 車格別、容積率変化における排出量

容積率の変化率(各80→100%を基準とする)

	大型	中型	準中型
20→40	8.45	8.69	8.76
40→60	3.04	3.07	3.09
60→80	1.600	1.607	1.609
80→100	1	1	1

排出量の多さ：大型トラックが有利
容積率の変化→容積の増加に伴い
変化率はほぼ同じになる

21

2.パレットの変更

• 重量 2kg - 33kgの変化

• サイズ規格

		T-11パレット ⁶⁾		T-12パレット ¹⁰⁾	
		片面二方差し			
寸法 (L×W×H)		1.1 × 1.1 × 0.144 m		1.2 × 1 × 0.13 m	
最大積載量		1000 kg			
重量		20 kg			
容積 (m ³)		0.174 m ³		0.156 m ³	
枚数・ 積荷 容積	大型	32	68.6%	32	69.0%
	中型	20	68.4%	20	68.8%
	準中型	6	31.3%	12	63.7%

業界はT-11パレットに注目
準中型車でT-11は幅の問題
2列分の積載が不可能
↓
T-12によって2列分
積載量の増加が可能

22

2.1.パレットの重量の変更時

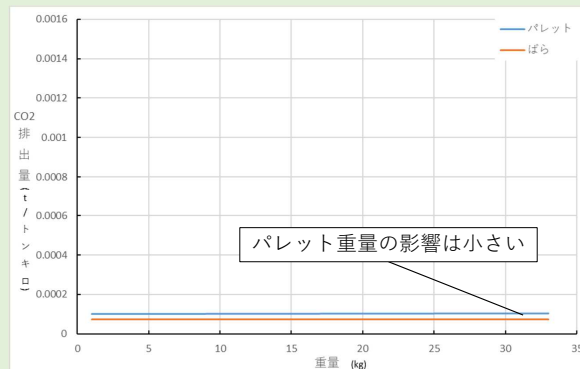


図13 貨物の容積変化時における二酸化炭素排出量

	変数
容積率	一定 100%
比重	一定 0.25t/m ³
パレット	変化 2 - 33 kg

バラ積みと同じだけの貨物を積載

Ex) バラ → 7.44×10^{-5} t

2 kg → 10.12×10^{-5} t

33 kg → 10.30×10^{-5} t

パレットの自重<荷台との隙間

23

2.2.パレットサイズの変更時

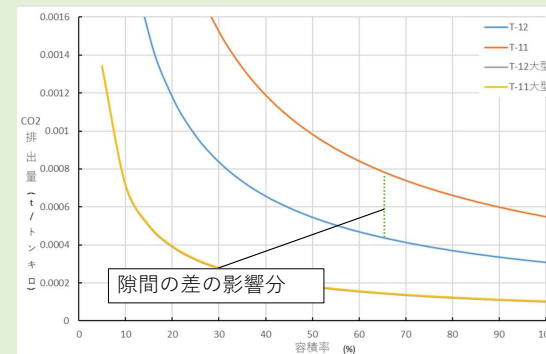


図14 貨物の容積変化時における二酸化炭素排出量

	T-12 12枚	T-11 6枚
20→40	8.76	8.761
40→60	3.09	3.085
60→80	1.609	1.609
80→100	1	1

容積率変化への影響はほぼない
排出量の差は縮小する (T-12/T-11)

50% → 1.805

100% → 1.789

パレットサイズの変更
↓
容積積載率の上昇の可能性

24

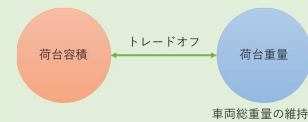
目次

1. 研究背景
2. 研究目的
3. CO2排出量の分析 — アイドリング
4. CO2排出量の分析 — 輸送
5. おわりに

まとめ

目的：環境負荷の少ないパレット化の導入条件の検討

- 荷役待ち
慢性的な荷役待ちが発生している拠点ほど効果が高い
- 輸送
貨物の重量積載率が低い場合→排出量の増加に大きな影響を与えない
- パレットの考慮：サイズ規格>自重 → **トラック荷台の寸法との調整**
(パレット分と隙間の影響の考慮)



25

26

参考資料

1. 国立研究開発法人国立環境研究所 日本の温室効果ガス排出量データ2020年度速報値(2022年1月28日 閲覧) https://www.nies.go.jp/gio/archive/ghgdata/jqjm10000011nkrn-att/L5-7gas_preliminary_2022-gioweb_ver1.0.xlsx
2. 国土交通省 “トラック輸送状況の実態調査結果” 2017 (2022年1月28日 閲覧) <https://www.mlit.go.jp/common/001128767.pdf>
3. Koči, V. (2019). Comparisons of environmental impacts between wood and plastic transport pallets. Science of the total environment, 686, 514-528.
4. 環境省 “アイドリング・ストップQ&A” (2022年1月28日閲覧) https://www.env.go.jp/earth/cop3/dekiru/ta_03-2.html
5. 日本パレットボール株式会社 プラスチック製パレット (2022年1月28日閲覧) <https://www.npp-web.co.jp/products/>
6. 三菱ふそうトラックバス株式会社 SUPER GREATカタログ (2022年1月28日閲覧) https://assets.mitsubishi-fuso.com/fusoassets/2019/07/MY21SuperGreat_CARGO_web_2103.pdf
7. 国土交通省 カートンケースの標準化推進マニュアル 2010年(2022年1月28日閲覧) <https://www.mlit.go.jp/common/000121914.pdf>
8. 経済産業省 国土交通省 ロジスティクス分野におけるCO2排出量算定方法共同ガイドラインver3.1(2022年1月28日閲覧) <http://www.greenpartnership.jp/co2/guidelinev3.1.pdf>
9. 三菱ふそうトラックバス株式会社 CANTERカタログ (2022年1月28日閲覧) https://assets.mitsubishi-fuso.com/fusoassets/2020/10/CANTER_2020_Brochure.pdf
10. 三菱ふそうトラックバス株式会社 FIGHTERカタログ (2022年1月28日閲覧) https://assets.mitsubishi-fuso.com/fusoassets/2021/05/FIGHTER_WINGVAN_web_2104.pdf

ご清聴ありがとうございました

27

28