

2023年6月 国土交通政策研究所 研究発表会

# 地域の輸送資源を活用した 物流ネットワーク最適化に関する調査研究

令和5年6月7日

国土交通政策研究所

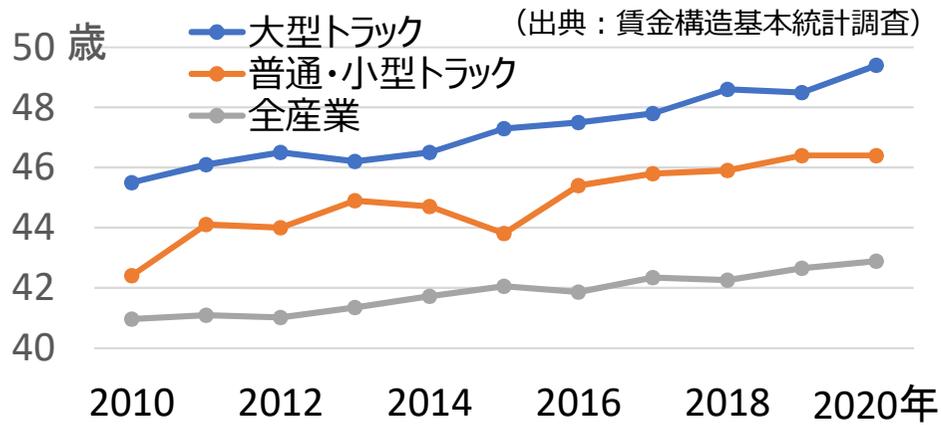
○研究官 西田 聡美  
研究官 安部 遼祐  
研究官 澤村 治基  
前研究調整官 鈴木 淳一郎

1. 調査研究の概要
2. 海外における地域物流の先進事例
  - (1) 事例収集と概要整理
  - (2) 深掘り調査
3. まとめ

## 我が国の地域物流を取り巻く状況

- 大型、普通・小型トラックのドライバーの高齢化
- BtoC電子商取引（EC）市場規模の長期的な増加
- 宅配便取扱個数の長期的な増加

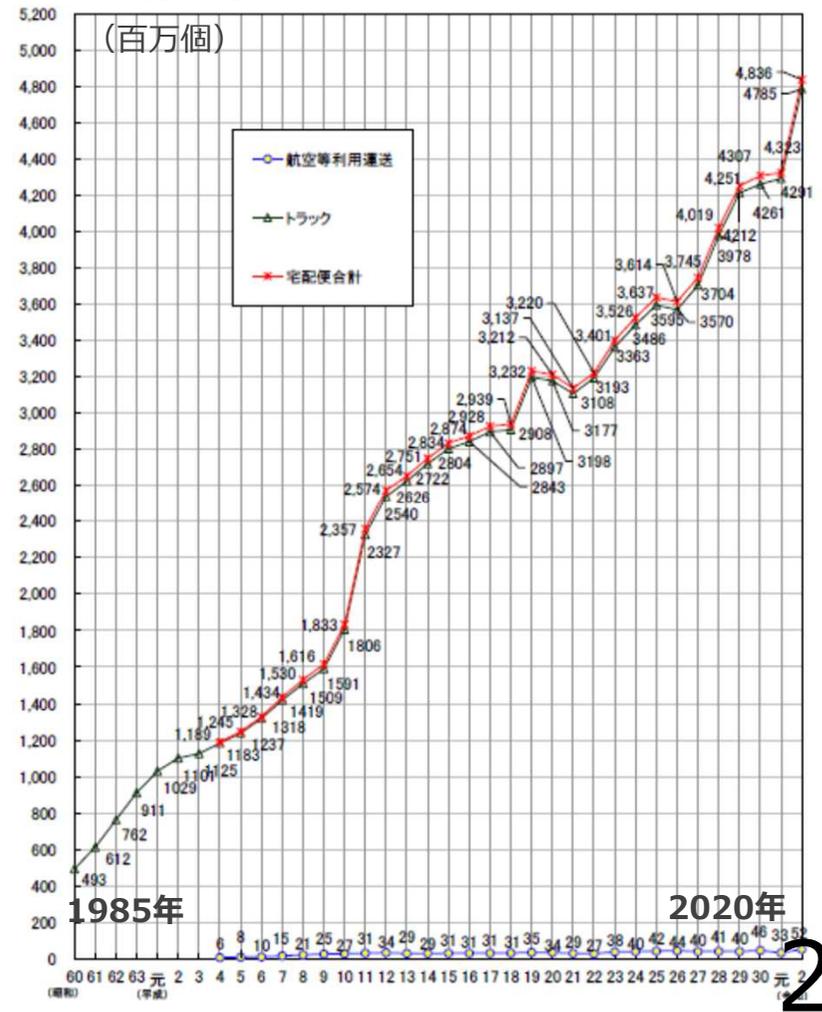
＜トラックドライバーの平均年齢＞



＜EC市場規模＞ (出典：電子商取引実態調査)



＜宅配便取扱実績＞ (出典：宅配便等取扱個数の調査)



## 【調査の目的】

地域物流の先進的な取組の実態を把握し、定着（ビジネスモデル成立等）させていく上での課題の抽出や対応の方向性の検討（主に配送を対象）

## 【内容（2年目調査研究）】

- **海外における地域物流の先進事例に関する事例収集と概要整理**
  - ・ 約60件の事例を収集・整理（1年目調査では主に国内事例を50件）
- **国内外における地域物流の先進事例に関する深掘り調査**
  - ・ 海外事例を中心に11件の事例を選定し、関係者へのインタビューを実施（1年目調査では主に国内事例を11件）
- **地域物流の先進的な取組を定着させていく上での課題への対応の方向性の検討**

1. 調査研究の概要
- 2. 海外における地域物流の先進事例**
  - (1) 事例収集と概要整理**
  - (2) 深掘り調査
3. まとめ

- 各企業のHP情報や物流関連の情報サイト・専門誌等を参照
- 海外事例：57件の事例を収集・整理（各事例の概要は報告書掲載予定）  
（国内事例：2カ年の調査で、55件を収集・整理）

No.	区分	取り組み事例		実施地域	段階
1	物流結節点の強化	(1)自動化倉庫整備	京東集団のスマートロジスティクスパーク	中国	実装
2			オランダにおける京東集団の自動化倉庫一体型店舗	オランダ	実装
3		(2)農村部拠点整備	アリババ集団による農村部における総合物流センター整備	中国	実装
4	輸送効率の向上	(1)配送マッチング	SWAT Mobilityの高精度路線最適化技術による車両手配サービス	シンガポール	実装
5			米国CONVOY社のマッチングプラットフォーム	米国	実装
6			米国Cargomatic社マッチングサービス	米国	実装
7			フィリピン3Q DASH TECHNOLOX,INC.の三輪タクシー等への配送マッチング	フィリピン	実装
8			貨拉拉のAIやビッグデータ技術を利用した配送マッチング	中国	実装
9			箱信の陸送ソリューションによる配送マッチング	中国	実装
10			(2)再配達防止の取組	Mondial Relayの店頭やロッカーでの宅配便受け取りサービス	フランス
11		シンガポールPick Networkによる宅配ロッカー事業		シンガポール	実装
12		シンガポールポストの次世代型スマートレターボックス		シンガポール	実装
13			La Posteグループの店頭やロッカーでの荷物集配サービス	フランス	実装
14	(3)積載効率最適化	DB Schenkerのアルゴリズムを活用した積載効率最適化	ドイツ	実装	
15	(4)スマート物流コンサルティング	京東集団によるスマート物流コンサルティング事業	中国	実装	
16	(5)物流シェアリング	ABC-Logistikの商品配送を集約するスマートシティセンターロジスティクス	ドイツ	実装	

No.	区分	取り組み事例	地域	段階
17	新たな輸送手段の活用	(1)郵便局による人員輸送 スイス連邦鉄道がスイスポストと契約するポストバス事業	スイス	実装
18		(2)自動配送ロボットによる無人配達 ANYboticsの四足歩行ロボットとContinentalの自律走行シャトルを組み合わせた配送	スイス、ドイツ	検討
19		新石器無人車の自動運転車による無人販売	中国	実装
20		StarshipTechnologies社のロボットによる無人配達	米国、エストニア	実装
21		中国の京東集団による無人配送	中国	実装
22		中国アリババグループのロボットによる無人配達	中国	実装
23		アリババ集団の自動運転トラックによる宅配	中国	検討
24		Walmartの自動運転トラックによるルート配送	米国	実装
25		Walmart商品の自律走行車による宅配	米国	実証
26		Hermes UK（現Evri）の自動運転車による配送の初期段階試験	英国、米国	実証
27		Cleveronのロボットアーム付き自動運転車とロボットポスト	エストニア	検討
28		Cleveron Mobilityの自動運転車を用いた無人配送	エストニア、オランダ、ドイツ	実証
29		Agility Roboticsの二足歩行ロボットと自動走行車技術を組み合わせた配送	米国	検討
30		Swiss-Mileの四脚走行ロボットによる配送	スイス	検討
31		行深智能の無人配送ソリューション	中国	実装
32		Foodpandaの自動運転配達ロボットの運用実証	シンガポール	実証
33		(3)ドローンによる配送 拓攻機器人による物流ドローン開発	中国	実証
34		DPD Franceのドローン配送ソリューション	フランス	実証
35		米国UPS社の移動中トラックからのドローン離発着実験	米国	実証
36		UPSが機体メーカーの協力を得て進めるエア配送ネットワーク強化	米国	検討
37	京東による中国農村部でのドローンによる配達	中国	実装	
38	Ziplineによる固定翼ドローンを用いた医療用品輸送	米国、ルワンダ、ガーナ、日本	実装	
39	Walmartのドローンによる即時配送サービス	米国	実装	
40	欧州におけるドローンと有人航空機を組み合わせた医療輸送の実証実験	欧州（ベルギー、オランダ、ドイツ、他）	実証	

41	新たな輸送手段の活用	(3)ドローンによる配送	FedEx ExpressとElroy Airの自律型電動垂直離着陸機による配送実証実験	米国	実証
42			順豊の有人輸送機とドローンによる航空輸送ネットワーク構築	中国	実証
43			VolocopterとDB Schenkerの重量物ドローン配送	ドイツ	実証
44			Royal Mailの遠隔地へのドローン郵便配送	英国	実証
45			DHL Expressと億航智能の完全自動化ドローン配送ソリューション	中国	実証
46			DronamicsとDHLのドローン即日配送提携	ブルガリア、ドイツ	検討
47			Skyportsと兼松の資本業務提携	英国、日本	検討
48			Wingcopterと日本企業の業務提携	ドイツ、日本	検討
49			迅蟻によるドローンを用いた自動輸送サービス	中国	実装
50	複合的物流体系の構築	(1)複合的な物流への取組	カールスルーエにおける総合物流イニシアティブ	ドイツ	検討
51			京東集団のリニアモーター式パイプ輸送技術を用いた物流体系	中国	検討
52		(2)物流が高度化された持続可能都市	Magwayのゼロエミッション配送システム	英国	検討
53			ハノイ市における日本コンソーシアムによるスマートシティ開発	ベトナム、日本	検討
54			サウジアラビアで開発が進むメガシティNEOM	サウジアラビア	検討
55			シンガポールが進めるスマートネーション	シンガポール	検討
56			サンタンデル市のスマートシティにおけるIoTを活用した廃棄物回収	スペイン	実装
57			ブルッフザール市における都市物流スマート化の検討	ドイツ	検討

1. 調査研究の概要
- 2. 海外における地域物流の先進事例**
  - (1) 事例収集と概要整理
  - (2) 深掘り調査**
3. まとめ

## インタビュー対象

- インタビュー先の選定：先進的な取組の観点から中国を中心としたアジアの事例、我が国における実現性の観点から欧州の事例に焦点を当てた上で、有識者の意見も踏まえつつ、各区分のバランスを踏まえて、実現可能なインタビュー先を抽出
- 各取組の主な関係者に対して、取組の背景、問題意識、詳細な内容、ビジネスモデル成立条件、課題等を尋ねるインタビューを実施（本報告では4事例を紹介：着色部分）

	区分	取組	対象	実施日	形式
①	A	店頭やロッカーでの宅配便受け取りサービス	Mondial Relay (フランス)	2023/1/26	対面
②	B	自動運転車による無人販売	新石器無人車 (Neolix) (中国)	2022/11/10	Web
③	B	物流ドローン開発	拓攻機器人 (TopGun) (中国)	2022/11/18	Web
④	B	ドローン配送	DPD France、Atechsys(現在はDCI グループブランド)、環境エネルギー管理庁 (フランス)	2023/1/27	対面
⑤	A	高精度路線最適化技術による車両手配サービス	SWAT Mobility (シンガポール)	2022/11/18	Web
⑥	A	商品配送を集約するスマートシティセンター	ABC-Logistik GmbH (ドイツ)	2023/1/23	対面
⑦	B	四足歩行ロボットと自律走行シャトルを組み合わせた配送	ANYbotics (スイス)、Continental (ドイツ)	2023/12/15	Web
⑧	C	カールスルーエにおける総合物流イニシアティブ	AVG、AEN、カールスルーエ市、カールスルーエ工科大学他 (ドイツ)	2023/1/24	対面

A) 輸送効率の向上 B) 新たな輸送手段の活用 C) 複合的物流体系の構築

### Mondial Relayの店頭やロッカーでの宅配便受け取りサービス

#### A. 輸送効率の向上 (2) 再配達防止の取組

- 事業者：Mondial Relay
- 概要：個人向け宅配業者のMondial Relayでは、店頭や自動ロッカーでの受け取りができる配送ネットワークを構築
  - ・Points Relais® (同社登録商標で中継点の意) と呼ばれる受け取り店舗は、フランス全土に12,500以上あり、スーパーマーケット、新聞販売店、クリーニング店、花屋などの地元業者が担う
  - ・Points Relais®は国外にもあり、スペインで3,600以上、ベルギーとルクセンブルグで1,400以上、オランダで950など、欧州45,000箇所以上で店頭受け取り可能
  - ・自動ロッカーは1,000個あり、24 時間年中無休で受け取り可能
  - ・店頭やロッカーでの受け取りは宅配よりも割安
  - ・90,000以上のeコマース業者がMondial Relayの配送を利用
- 目的：再配達を回避することで環境への影響を抑える
- 段階：実装
- 時期：2003年 最初のPoints Relais®ネットワークを構築
  - ・2014年 Points Relais®および欧州16か国で流通ネットワークを構築で事業展開

現地写真 (Mondial Relayの自動ロッカー)	
<p>■ パリ16区のスーパー「Franprix」屋内に設置されたMondialRelayの自動ロッカー</p> 	<p>■ ラ・デファンス地区ナンテール (パリ郊外西部) のスーパー「Intermarché」屋外に設置されたMondialRelayの自動ロッカー</p> 
<p>■ 自動ロッカーの利用の様子</p> 	<p>■ MondialRelayの自動ロッカーは屋内・屋外問わず監視カメラが設置されている</p> 
<p>■ 操作画面</p> 	

\* 2023年1月27日撮影 (著者撮影)

## 現地写真 (自動ロッカーの関連情報)

■ スーパーには他社の自動ロッカーも複数設置されている



■ 設置されているスーパー (Franprix) の様子



■ 設置されているスーパー (Intermarché) の様子



\* 2023年1月27日撮影 (著者撮影)

<p>背景・ 問題意識</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フランスでは、2000年代にEC取引、2010年代にはCtoC取引が増え、配送需要が急増</li> <li><b>従来、<u>自宅への配達サービスを行っていたが、2015年頃からは小包のみの取り扱いと収益性が高い宅外配達に専念</u></b></li> <li>2021年にポーランドのInPost社（自動ロッカーが主なサービス形態）に買収された。グループ会社で欧州9ヶ国をカバー</li> <li>フランスでは、昨年の実績で1億7,000万個の小包を取り扱い、12,000か所の受取店舗、2,000か所の自動ロッカーを設置</li> <li>ポーランドでは、昨年の実績で5億個の小包を取り扱い、3,500か所の受取店舗、19,000か所の自動ロッカーを設置</li> </ul>
<p>フランスの 配送事情</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自宅配送：La Poste、DHL、FedEx等</li> <li>La Posteが全戸の郵便受けの鍵を持ち、鍵を開けて小包の配達が可能。それでも15%ほどは配達できない状況</li> <li><b><u>宅外配達（店舗受取・ロッカー等）：La Poste、Mondial Relay、Relai colis等</u></b></li> <li><b><u>宅外配達は、フランス国内市場で25-30%のシェア</u></b></li> </ul>

<p>サービス 形態</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>提供サービスは、従来の宅配サービスに比べ30~40%低価格</b></li> <li>• <b>店頭受取の店舗は、街中の小規模な花屋やクリーニング店等</b></li> <li>• 店舗側は、異なる客層の獲得や売上の増加等を見込めるメリット</li> <li>• 店舗には当社のサービス（バーコードスキャンシステムやPCソフト）を導入してもらい、当社は小包一つ単位につき報酬を支払う。</li> <li>• 個宅配送のみを行う企業（FedExなど）とも提携し、再配達先として当社の店頭受取や自動ロッカーの選択も可能</li> <li>• 自動ロッカーは、受取店舗が閉まっている早朝やランチタイムなども含め24時間いつでも受取・送付が可能</li> </ul>
<p>店舗や自動ロッカーへの配送</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一度に30~40個程度の小包を店舗へ配送、20個程度の小包を店舗から集荷するサイクル</li> <li>• <b>日によってルートが異なる個宅配送に比べ、ある程度決められたルートを通る自動ロッカーや店舗への配送では輸送を効率化可能。</b>トラック台数を個宅配送時の7分の1に削減できる見込み</li> <li>• 店舗等への配送業務は外部委託し、当社はハブとなる物流センターでの小包集約や仕分け業務に専念</li> <li>• フランス国内には物流センターが4か所、集約する事務所が30か所あり。事務所1か所あたり500~600の店舗をカバー</li> </ul>

<p><b>店舗や自動ロッカーの場所</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>新規設置の際は、人口密度や交通渋滞状況、他社や自社の既存設置箇所数等をスコアリングして場所を選定</b></li> <li>• 店頭受取の店舗は、地区の中で複数の候補を挙げ、店舗の雰囲気、スタッフの態度、保管スペースの有無等を考慮</li> <li>• 自動ロッカーは電源があればどこにでも設置可能</li> <li>• 現状、自動ロッカーは全てスーパーなどの民有地に設置。公共施設や大学・病院などの敷地に設置すべく協議中</li> <li>• 荷捌きスペースのある鉄道駅への自動ロッカー設置の可能性はあり。地下鉄駅への設置は難しい状況</li> </ul>
<p><b>ビジネスモデルの成立条件</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>この事業は現状で採算が取れている。</b></li> <li>• 配送ドライバーが荷物を降ろす度に委託費が発生するため、1か所に降ろす荷物が多いほど収益性が向上</li> <li>• <b>主なコストは、店頭や自動ロッカーの契約費、配送業務の委託費、仕分けにかかる物流センターの費用や開発費等</b></li> </ul>
<p><b>行政支援</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 現状、行政からの支援は受けていない。都市側と顧客側双方から良好なフィードバックを得ることで、助成金獲得に繋げていきたい。</li> <li>• フランスではEVへの助成があり、車両をEVに変更することも考えられる。</li> </ul>

## 新石器無人車の自動運転車による無人販売

### B. 新たな輸送手段の活用（2）自律走行ロボットによる無人配達

- 事業者：新石器無人車（Neolix）
- 概要：L4レベルの無人配送車・無人販売車を運用
  - ・上海市張江ハイテクパーク等の開発区域で、大手飲食ブランドと提携したビジネスを推進
- 目的：無人自動運転車による無人配送・移動販売を実現
- 段階：実装
- 時期：2018年 北京で設立
  - 2019年4月 江蘇省常州市に世界初となるL4無人運転車年産1万台規模のスマート工場を建設（その後、ビジネス拡大のため常州市から塩城市に移転：インタビューに基づく情報）
  - 2021年5月 北京「高級自動運転モデル区」での無人配送資格を取得
  - 2021年8月時点 世界9カ国30以上の都市で約1千台の無人配送車を運用、無事故走行距離130万km、利用者30万人以上、利用件数100万件以上を達成
  - 2022年2月にシリーズC及びC+で資金調達
  - 2023年5月時点 世界13カ国40以上の都市で1千台を超えた無人配送車を運用、無事故走行距離620万km、利用者30万人以上、利用件数200万件以上を達成

□プラットフォーム（人流分析/車両情報を統合）



□ケンタッキーの移動販売車



<p><b>背景・問題意識</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1日あたり宅配件数が直近で4億～4.5億と中国の物流ニーズは非常に高い</li> <li>一人っ子政策等の影響により労働力が減少傾向</li> <li><b>中国の物流コストは年々高騰し、大都市ほどその傾向が顕著</b></li> <li><b>配送における人手不足を見据えて、配送ロボット事業を開始。</b>2018年に本格的な業務を開始。最初はフードデリバリーを実施</li> <li>安全・効率・低コストのサービス提供により労働力不足解消につながる。24時間運転可能なロボットは、人手よりも安定・効率的と思われる。</li> </ul>
<p><b>対象地域</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路使用許可の取得可能性が一つの条件。<b>大学のキャンパス内や産業パーク内等の制限道路では所有者の許可があれば使用可能</b>であるのに対し、公共道路では管轄の行政機関への申請が必要</li> <li>無人販売のニーズがある場所をマーケティングして選定</li> <li>走行技術の面では、ODD（運行設計領域）を設定。歩行者と車両が混在する箇所や急勾配の箇所は避ける。アルゴリズムで対処できない場所も除外</li> <li>通信技術の面では、4Gや5Gの環境が整っていることや、GPSが遮断されない場所を選定</li> </ul>

<p><b>機体の 運行技術</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>自社のクラウド上で全車両（自社運営と顧客の車両）を管理</b></li> <li>• <b>現状は1,000台程度を一括管理。</b>クラウド上で管理のため、理論上の管理台数の上限はない</li> <li>• 地図上で車両位置を可視化して常時モニタリング。配送ルートは事前にある程度指定</li> <li>• 自社運営車両が故障の場合、遠隔ですぐに検知し、可能な限り遠隔で解決。現地対応が必要な場合は、自社スタッフが対応</li> <li>• 販売した顧客車両は、顧客がトラブル対応のスタッフを手配。その際の研修は当社が実施</li> <li>• 顧客からは概ね高評価を得られている。</li> </ul>
<p><b>ビジネス モデルの 成立条件</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>中国の無人運転業界で利益を上げる事業者はまだ少ない。中長期的視点で取り組んでいる。</b></li> <li>• ビジネスモデル成立には、制度面（での環境整備）に加え、無人配送・販売におけるハード・ソフト両面での技術が必要</li> <li>• 日本の高齢化や労働力不足は深刻であり、（無人配送にとって）大きな市場。将来的な拠点設置を考え、北海道などで試行を開始</li> <li>• 中国もいずれは日本と似た状況になると推測。日本での課題解決が、中国での将来的なビジネス展開へのカギともなる。</li> </ul>

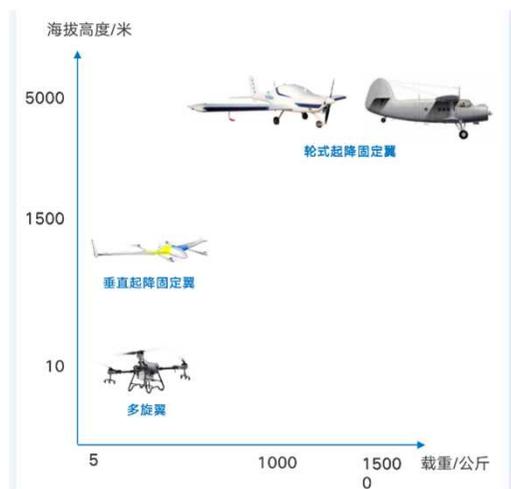
<p>法制度</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>公道走行の使用許可について、対象地が市・市以上の場合は工業部・通信部・交通部・警察部など複数の政府機関による許可、ライセンスやプレートナンバー取得の必要</li> <li><b><u>対象地が市未満の場合は、特別な許可さえ得られれば比較的実装に進みやすい。そのため、テスト環境としては市未満の場所がよく使用される。</u></b>公共道路の使用許可申請を緩和してほしいという声も一部ある。</li> </ul>
<p>行政支援</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b><u>無人配送のようなハイテク産業は、優秀な企業・人材を呼び込めるため行政は誘致を望んでいるとみられる。</u></b>工場や研究所の設立についても歓迎される傾向</li> <li><b><u>企業規模や修士号・博士号保持者の人数によって補助額が変わる場合もある。</u></b></li> <li>日本での展開を視野に入れている海外の事業者等に対し、よりオープンな政策（行政支援）を望む。</li> </ul>

## 拓攻機器人による物流ドローン開発

### B. 新たな輸送手段の活用（3）ドローンによる配送

- 事業者：拓攻機器人（TopGun）
- 概要：飛行システムから始まり、その後山林保護用ドローン、巡回点検用ドローンを開発
  - ・現在は物流用ドローンを手掛ける
  - ・中国大手物流会社向けに支線輸送用ドローンを提供
- 目的：農業、電力検査、物流、輸送等の産業向けにドローンソリューションを提供（HP要約）
- 段階：実証（一部実装開始）
- 時期：2015年 上海で設立
  - ・2019年初め 支線輸送用ドローン「星辰650」が初飛行、250kgを積載可能
  - ・2021年 星辰650の飛行回数は数百回となり、内モンゴル自治区、陝西省等で商用試験運行を実施
  - ・2022年4月 シリーズB+で資金調達

□ 拓攻機器人が開発する製品タイプ



□ 支線物流用に開発した星辰650



背景・  
問題意識

- 即日配達など時間・効率が重視される物流分野において、ドローンは市場のニーズがあり、ビジネスの見込みがあると判断
- 製造するドローンのうち、農業用の割合が最も高く約 8 割。物流用は全体の 1 割程度、うち約半分は中国大手物流会社との提携
- ドローン配送は既存の輸送手段を補える。山奥や川をまたぐ場所へ荷物を届ける等の特殊なシーンでも活用可能。年々増加する物流コストの削減も目標の一つ

サービス  
形態

- **ドローンで支線物流・末端物流を扱う。**
- **＜支線物流＞**
- 3 空港 4 路線で運航。提携する中国大手物流会社は飛行ライセンスを所持し支線物流でドローンを飛ばすことが可能
- 大型の固定翼ドローンを使用し、飛行頻度は数日に 1 回。200kg から 2 トンほどの物を運ぶ。ただし現状は試験運用に近い。
- **＜末端物流＞**
- **20 の航路でマルチコプターと呼ばれる小型のドローンを実装**
- **機体数が多く、1 日数十往復飛行**

<p>配送拠点・積卸し</p>	<p>＜支線物流＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンは従来の方法の代替手段として使用。支線物流の後には、小型トラックに積み替えて物流センター等へ運送。現状では、支線物流ドローンから末端物流ドローンに載せ換える運用はない。</li> <li>運用の確立後、ドローンのみでの支線・末端物流は十分考えられる。</li> </ul> <p>＜末端物流＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ドローンでステーションまで配達し、受取手がステーションで荷物を受け取る。配達先の多くは事業所であり、基本的に事業所に配達ステーションを設けている。</b>受取が受取手にとって大きく負担にはならない。</li> <li>揚子江上の貨物船に荷物を届ける場合は、ドローンは船上に着陸せず、上空からロープで荷物を降ろす。</li> </ul>
<p>機体の運航技術</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運航・安全管理も行い、サービスと設備の両方を手掛ける。事故が発生時の補償対応やアフターサービスも実施</li> <li><b>複数の機体を1人が同時に遠隔管理。なるべく人に頼らない運用を目指す。最大1万機のドローンをクラウド上で管理可能</b></li> <li>情報漏洩防止等セキュリティの観点から、プロジェクト毎に単独管理とし、各プロジェクトにモニタリング担当者をおいている。</li> </ul>

<p>ビジネスモデルの成立条件</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>支線物流と末端物流はビジネスモデルとして成り立っていると認識</b></li> <li>• 成立条件の1点目は、法律の規制面のクリア。今後規制が整備されれば、さらにビジネスを拡大可能。2点目は、コスト低減や運送効率化など、ビジネスとしてのドローン活用の価値</li> <li>• <b>例えば、山間部や川を跨ぐルートは既存の手段でも高コストであるため、ドローン配送に転換してもビジネスとして成立</b></li> <li>• <b>即日性が重視される高単価のもの（医薬品や血液、付加価値の高い農産品など）は運送コストをカバーでき、ドローン活用は適する。</b>一方、フードデリバリーをドローンで行う場合、収益性は低下</li> <li>• ただし、末端物流においてドローンを用いる場面は特殊なシーンが多く、一概にコスト低減だけで効果を測れない。</li> <li>• 例えば、道路が未整備の山岳地帯では、従来は人手で運搬していたが、少ない運搬量に加え人手不足が課題。ドローン配送で、従来とコストは変わらないが速達性や運搬能力が向上（安徽省の黄山の事例）</li> </ul>
<p>物流企業からの要望</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 支線物流：コスト削減、積載量増加、省エネ化の要望があり</li> <li>• 末端物流：使用地域は特殊な環境が多く要望は多様。飛行の安全性（事故で火災リスクのある黄山等の自然保護区など）、飛行距離の延伸（河川地域など）、積載量増加（島嶼間輸送など）</li> </ul>

<p>法制度</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中国には非常に厳しい管理条例がある。一定の大きさの物を飛行させる場合には軍の許可が必要。民間航空局から航路の許可も必要</li> <li><b><u>有人飛行機では製造や点検などにおいて、国で定められる詳細基準がある一方、ドローンに関する関連規制は確立されていない。</u></b></li> <li>今後、検証やテストを経て細かい規制が定められる。当社の検証結果が国の基準になることを目指す。</li> </ul>
<p>試験エリア</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中国政府はより良い管理制度を創設を目的に、<b><u>国内に20個の試験エリアを設定。エリア内では届け出なしでドローンを飛ばすことが可能。末端物流のドローン配送ではこの試験エリアを利用</u></b></li> <li>試験エリアは、人口密集地を避ける等リスク評価基準に基づき、民間航空局が選定。大都市のほか、地方都市、山岳地帯、長江の近接地域、臨海都市、その他内陸都市等、多様な地形での運用を想定し設定</li> </ul>
<p>行政支援</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>政策面では、試験エリアのライセンス</li> <li>財政面では、イノベーション企業として受ける援助、地域からのプロジェクト向けの援助、重量当たりの運送料等、実運用に必要な援助</li> </ul>

## DPD Franceのドローン配送ソリューション

### B. 新たな輸送手段の活用 (3) ドローンによる配送

- 事業者：DPD France、Atechsys、環境エネルギー管理庁
- 概要：配送ソリューション「ドライバーズアシスタント」を開発し、中山間地域でドローンによる荷物配送を行う
  - ・定期商用路線を開設し、フランス南東部イゼール県内の市と村を往復8分で結ぶ
  - ・通常の配達業務中に携帯端末搭載の専用車両から操作
  - ・配達用バンのサイドドアから離着陸装置を直接展開
  - ・携帯端末はドローン開発企業Atechsysと提携して開発（2021年DCIグループにより買収）
- 目的：配送時間短縮、冬季道路等の危険軽減、道路通行不能時への対応、二酸化炭素削減
- 段階：実装・実証
- 時期：2019/11/7中山間地域におけるドローンによる配送を報道発表

□車両から展開されるドローン



□ドローンポートに設置された機器に荷物が到着する様子



□職員による配達の様子



Photos: © La Poste

背景・ 問題意識	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エクスプレス（速達）の開始当初からリソース不足が課題。Eコマースが台頭したため、2008年以降課題は深刻化</li> <li>・ 店頭受取や自動ロッカー等の取組を開始。数年前から、ドローンや自動運転車による配送を検討し、一部実証実験も実施</li> </ul>	
	<b>ヴァール県</b>	<b>イゼール県</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>最適でない配送実態に着目</u></li> <li>・ <u>荷物が少ない日でも最低1人分のドライバーコストが発生する点等</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>最適でない配送実態に着目</u></li> <li>・ <u>孤立した山岳地帯にある村もあり、降雪時の配送はドライバーにとって危険である状況</u></li> </ul>
サービス形態	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ドローン配送（10kgまで積載可）は実業務の中で運航</li> </ul>	
	<b>ヴァール県</b>	<b>イゼール県</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対象荷主は中小企業</li> <li>・ 14kmの区間を運行</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対象荷主は個人</li> <li>・ グルノーブル近郊の市と村を往復8分で結ぶ。</li> <li>・ <u>開通以来、2,000回以上のフライト、34,000km以上の距離を飛行</u></li> </ul>

- 安全性を高めるため、人とドローンの接触を可能な限り減らすことが方針であり、そのための機器等を開発

		ヴァール県	イゼール県
積卸し 配送拠点	積込時	<ul style="list-style-type: none"> <li>店舗スタッフが荷物をポートの機器に積込</li> <li><u>機器により荷物がドローンに積込まれる</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>配送員がドローンに積込</li> <li>現状は配送ドライバーはその場で待機（8分間）。トラックを走行させ配達を継続できる仕組みを研究中</li> </ul>  <p style="text-align: right; font-size: small;">©La Poste</p>
	飛行 離着陸	自動	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動</li> <li><u>新システム「配送アシスタント」を導入、配送車両のサイドドアから展開させた装置から離着陸</u></li> </ul>
	積降時	自動で機器に着陸	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>上空至近距離でホバリングし、ポートの機器に荷物を落とす。</u>（衝撃を吸収できる仕様）</li> </ul>  <p style="text-align: right; font-size: small;">©La Poste</p>
	配達後	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>ポートの機器内に荷物を保管可能</u></li> <li>荷物が到着すると、受取人にポートの機器の鍵を開けるためのコードを送付</li> <li>&lt;イゼール県&gt; ポートは役場近くにあり、役場職員が機器から荷物を取り出し、受取人に手渡す。</li> </ul>	

<p>機体の 運行技術</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔監視パイロットは、通常時はカメラを通してモニタリングを実施。故障等の際は操作して対応</li> <li>雪、雷雨、強風の状況ではドローンを飛行させられない。</li> <li>強風（風速40km/h以上）の状況下ではバッテリー消費が早くなり、運航の効率が下がる。</li> <li><b>山岳地帯では通信環境が課題（既存のキャリアネットワークではカバーできない）</b>。提携企業が空白地帯に新たにアンテナを立てている。</li> <li>ドローンの騒音に対して住民からの反発が危惧されたが、実際はそれほど悪い印象を持たれていない。</li> </ul>
<p>ビジネスモデルの成立条件①</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現状、稼働するドローンは2機であり、1機につき遠隔監視パイロット1人を配置</li> <li><b>ビジネスモデル成立のためには40～50機のドローンの稼働が必要。将来的には遠隔パイロット1人あたりドローン10～20機の配置を想定（300～400機稼働とした場合）</b></li> <li><b>La Poste（フランス郵政公社）としては本来、自社でドローン配送の開発を行うよりも、ドローンのサービス提供企業と提携する形が理想</b></li> </ul>

<p><b>ビジネスモデルの成立条件②</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ポート（荷物着陸側）の運用については、将来的には個人や民間企業に委託することも考えられる。</b></li> <li>• 自動ロッカーの上にポートを設置できれば、自動ロッカーへの荷物の格納、荷主の受け取りまで人を介さず行える。</li> <li>• 他地域でも路線開設を検討中。前述のような地形や人口条件かつ安全な飛行ルートを設定できることを優先的に考慮して対象地域を選定</li> <li>• 初期投資として、機体の購入費、ポートや関連インフラの整備費、アシスタントシステムなどの開発費等が必要</li> </ul>
<p><b>法制度</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>法制度上、新事業開始時は承認までに長い期間を要することが課題（経験則で3～6か月程度）。</b>他の欧州諸国でも、半年から9ヶ月程度は要するとされる。</li> <li>• 都市部の人口密度の高い場所では墜落の場合、安全面のリスクあり。ドローン技術の発展とともに、安全性を考えた上で規制・ルール制定の必要</li> </ul>
<p><b>行政支援</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 国からの助成金：カーボンフットプリント削減、環境配慮に対する支援等</li> <li>• 各地域からの助成金：新規事業を行う地元企業への支援等（自社は受けていない）</li> <li>• ドローンポートの設置場所の交渉が難航したことがある。市長に村への利点などを説明し、最終的には行政が協力し代理人を立ててくれた。</li> </ul>

1. 調査研究の概要
2. 海外における地域物流の先進事例
  - (1) 事例収集と概要整理
  - (2) 深掘り調査

## **3. まとめ**

**地域物流の先進的取組の定着が課題**

- 中間報告（1年目調査）：主に国内事例の深掘り調査等を実施
- **取組の定着における課題を把握**



**① 荷役の人員確保**

**② ドローン・ロボット配送における中山間地・離島でのスケールメリット確保**

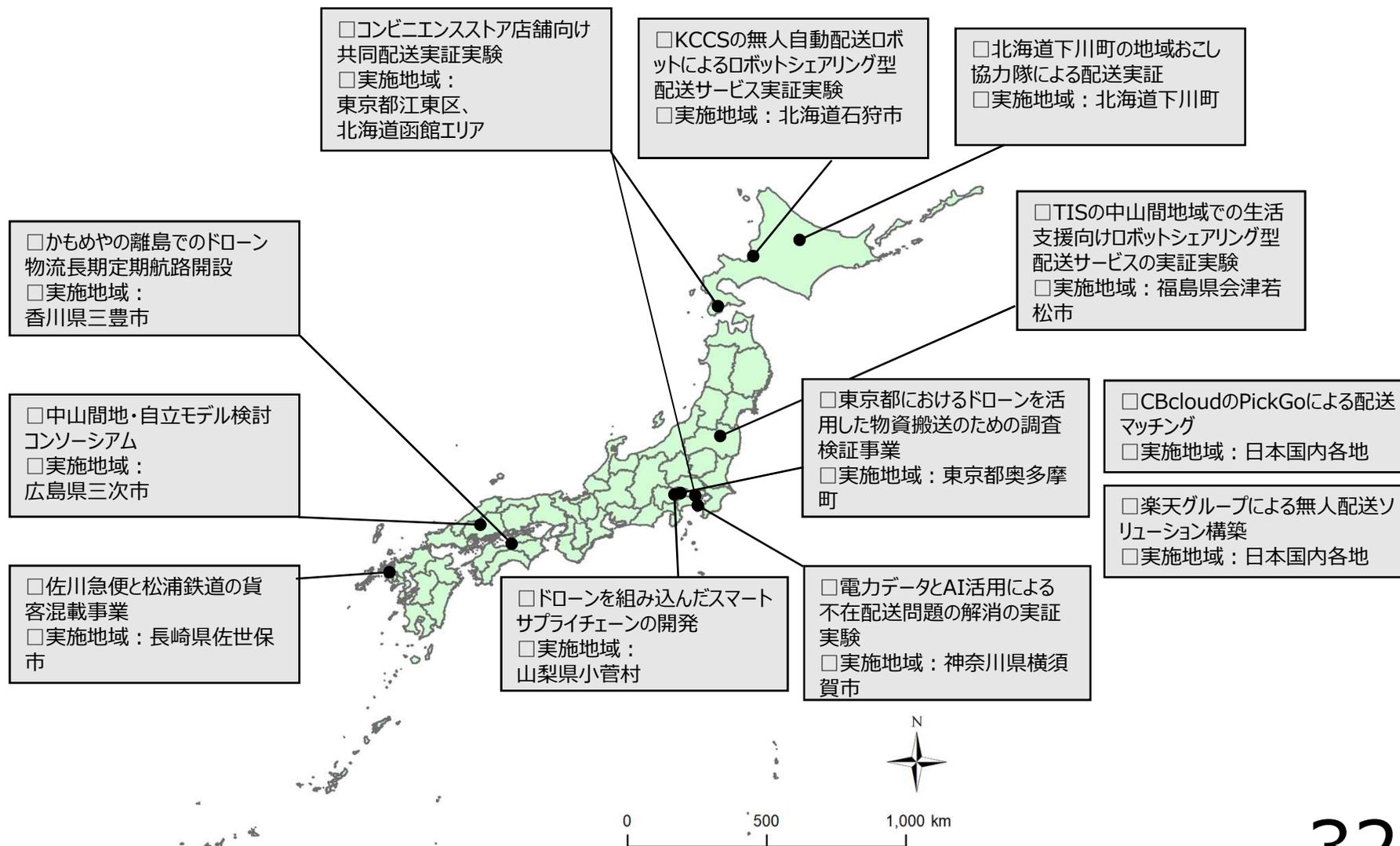
**③ 先進的取組を進める上での人材確保**



- 本報告（2年目調査）：主に海外事例の深掘り調査等を実施
- **国内外の事例を踏まえて、課題への対応の方向性を検討**

## 参考：国内における地域物流の先進事例に関する深掘り調査

- 2カ年の調査で、55件を収集・整理
- 2カ年の調査で、12件の事例を選定し、関係者へのインタビューを実施



(国内外の事例で見られた対応策を整理)

**① 荷役の人員確保**

**□ ドローンや自動配送ロボットへの積込み、ドローンポートから最終目的地までの配送**

1. ポートへの機器等の設置による荷物の保管・積卸し自動化（発送・受取側）
  - 積込時：店舗のポートにおける店舗スタッフによる機器への積込み、配送車両（専用の離発着装置）におけるドローンへの積込み
  - 積降時：ポートの機器に荷物を落とし、機器内に荷物を保管。自動ロッカーとの併設
2. 事業所へのポートの設置（受取側）
  - 配達先の多くが事業所の場合等
3. 地域住民や民間企業へのポートの運営や配達の委託（受取側）

**□ 人員配置の省人化・無人化や通常業務中での貨客混載への対応**

1. 複合業務：例えば、タクシーによる地元商店の商品配送、大手宅配事業者の配送請負。将来的にタクシー業務の隙間で荷物の運送（貨客混載）。小規模の事業を複合的に実施することで事業者の生産性向上
2. 地域住民へ積卸しの委託

## ② ドローン・ロボット配送における中山間地・離島でのスケールメリット確保

### 1. 複数台集約・遠隔同時監視

- ドローン配送（中国の事例）：20航路で実装、多数機体で1日数十往復。複数の機体を1人が同時に遠隔管理
- 自動配送ロボット（中国の事例）：自社クラウド上で1,000台程度を管理
- 中国の事例は運航機体数では取組が進んでいる。ただ、事業採算がとれる段階に至っているケースはまだ少ない。
- 山間部のドローン配送（フランスの事例）：ビジネスモデル成立には40～50機のドローン稼働が必要。将来的には遠隔パイロット1人あたり10～20機の配置を想定（300～400機稼働の場合）。山岳地帯では通信環境が課題

### 2. 特定の地域・地区内での特定又は全ての配送を、地域の拠点に配置されたドローンやロボットを共同利用

- ロボットシェアリング：自動配送ロボットでは、距離が延びると速度を上げ車道を走行できるようにする必要があり、機体が大型化。国内でも今後は最大積載量100kg以上も検討されるが、配送用の規格が課題

### 3. スタートアップと大企業の連携

- スタートアップからは大企業のスケールメリット、ブランド力、信頼などを生かすことで、事業拡張への期待

### ③ 先進的取組を進める上での人材確保

#### 1. 技術者等の高度人材の一層の確保

- 先進国では、エンジニアの確保が難しくなるとともに、エンジニアの給料は上がっているとされる。
- 日本では、スタートアップの立場からは人材確保が難しいとされる。
- 他国では、周辺国で人件費を抑えつつ優秀な人材を確保しようとする事例がある。
- 他国では、ハイテク産業は、優秀な企業・人材を呼び込めるため行政は誘致を望んでいるとみられる。企業規模や修士号・博士号保持者の人数によって補助額が変わる場合もある。

## その他の先進事例

(参考事例) 店舗やロッカーでの宅配便受取サービス

- フランス国内市場で25-30%のシェアを占め、現状で事業採算性あり
- 日によってルートが異なる個宅配送に比べ、ある程度決められたルートを通る自動ロッカーや店舗への配送では輸送を効率化可能とされる。

※フランスの個宅配送では再配達は1回目まで自宅宛に配達、それ以降は利用者が指定場所に取りに行く必要あり

(参考事例) 欧州都市の郊外の拠点で荷物を集約して市街地へ配送する取組

- 配送車両による中心市街地の渋滞問題やCO<sub>2</sub>排出量の削減等を目的に、現状で採算は取れていないが、中長期的な環境負荷軽減への貢献を目指す
- 共同配送にあたっては、物流拠点と店舗（または店舗や顧客が集まる都心）間の距離の近さが重要との認識

## 【令和5-6年度】

### 物流と都市・交通インフラの連携による環境負荷軽減方策に関する調査研究

#### 【概要】

#### 海外調査：都市物流に係る環境負荷軽減の先進事例調査

欧州等における都市物流CO<sub>2</sub>削減・公害防止策等の先進事例の調査・分析

- 制度・商慣行や既存の都市インフラ活用方法（例：物流情報・システム等）
- CO<sub>2</sub>削減等を目的とした都市政策や交通政策等における物流の位置づけ

#### 国内調査：CO<sub>2</sub>削減対象分野の特定

- 都市部の物流状況を把握。更なるCO<sub>2</sub>削減が可能な分野を検討

上記に基づき、日本における都市物流の環境負荷軽減施策及び

施策実行に必要な事項（課題や対応策、必要な物流情報・システムや制度等）を検討