

フィジカルインターネット・ロードマップ

2022年3月

フィジカルインターネット実現会議

目次

1. 我が国に迫る物流クライシスーなぜ「フィジカルインターネット」が必要なのか.....	3
2. フィジカルインターネットのコンセプト、歴史、海外動向	13
(1) フィジカルインターネットのコンセプト	13
(2) フィジカルインターネットの実現イメージ	15
(3) フィジカルインターネットの発展の歴史	17
(4) フィジカルインターネットの実証研究動向	20
3. フィジカルインターネットが実現する社会のイメージ	24
① 効率性（「世界で最も効率的な物流」）	24
② 強靱性（「止まらない物流」）	25
③ 良質な雇用の確保（「成長産業としての物流」）	25
④ ユニバーサル・サービス（「社会インフラとしての物流」）	26
4. フィジカルインターネット実現に向けたロードマップ	31
I. 輸送機器（自動化・機械化）	31
II. 物流拠点（自動化・機械化）	33
III. 垂直統合（BtoBtoCのSCM）	34
IV. 水平連携（標準化・シェアリング）	35
V. 物流・商流データプラットフォーム	36
VI. ガバナンス	37
VII. その他	38
5. パフォーマンス	39
6. おわりに	40
<別紙A>経済効果の試算	41
<別紙B>フィジカルインターネット実現による環境負荷低減の事例	43
<別紙C>フィジカルインターネット・ロードマップの実施体制	45
フィジカルインターネット実現会議 構成員名簿	47

1. 我が国に迫る物流クライシス—なぜ「フィジカルインターネット」が必要なのか

素人は『戦略』を語り、プロは『ロジスティクス』を語る。

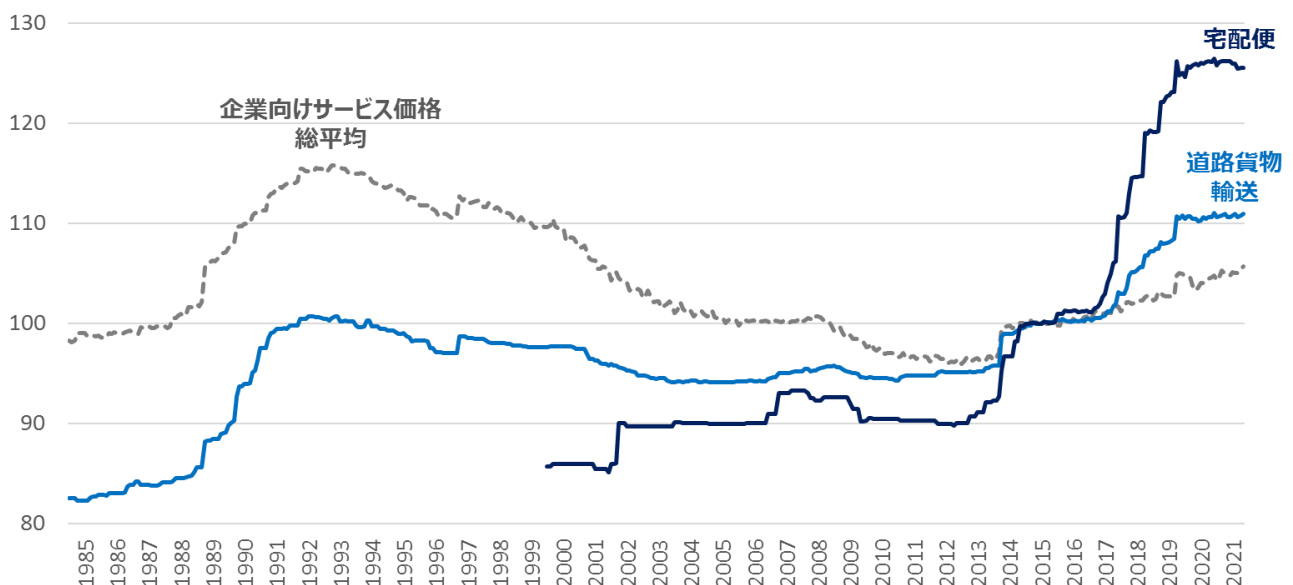
—オマール・N・ブラッドレー

2020年より世界中で猛威を振るっている新型コロナウイルス感染症は、グローバルサプライチェーンを寸断させて物資の供給に支障を来すという事態を引き起こした。さらに、2022年2月に始まったロシアによるウクライナへの軍事行動は、燃料価格の高騰や物流ルートの変更等の混乱を招いた。これらの危機は、経済社会を支えるインフラとしての物流の重要性を再認識させる契機となった。

もっとも、我が国における物流の危機は、構造的な問題として、2010年代半ばには既に顕在化していた。

図1-1は、日本銀行「企業向けサービス価格指数（2015年基準）」より作成したものである。これによると、道路貨物輸送のサービス価格は、1980年代後半のバブル経済による需要の増大により急騰したが、1990年代前半以降は、バブル崩壊後の長期不況もあって、ゆるやかに低下し続けた。ところが、2014年あたりから、道路貨物輸送のサービス価格は再び急騰し、1990年代初頭の水準に達し、さらにその後も高騰を続けている。とりわけ、宅配便配送のサービス価格は2014年以降、著しい急騰をみせており、2017年には、宅配事業者の配送に係る総量規制や運賃値上げ等の一連の動きが「宅配クライシス」として社会的に大きく取り上げられた。また、2020年からは新型コロナウイルス感染症のパンデミックにより、経済は大きな打撃を受けたが、物流サービス価格は高止まりしている。

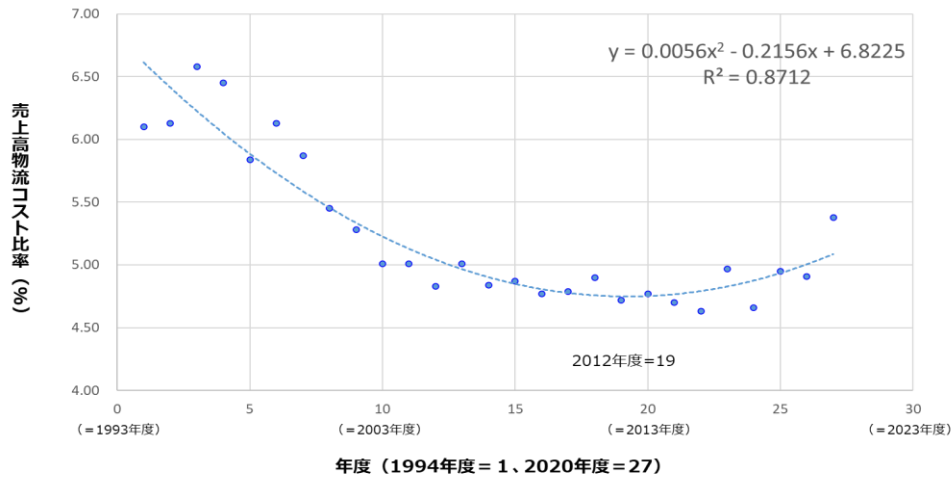
図1-1 道路貨物輸送・宅配便のサービス価格指数の推移



(出典) 日本銀行「企業向けサービス価格指数（2015年基準）」より経済産業省作成

図1-2は、売上高に占める物流コストの比率の推移である。1994年度以降、この比率は下がり続けてきたが、2012年度に底を打ってからは反転して、上昇し始めているのが分かる。

図1-2 売上高物流コスト比率のトレンド（2次関数の一部区間による近似）



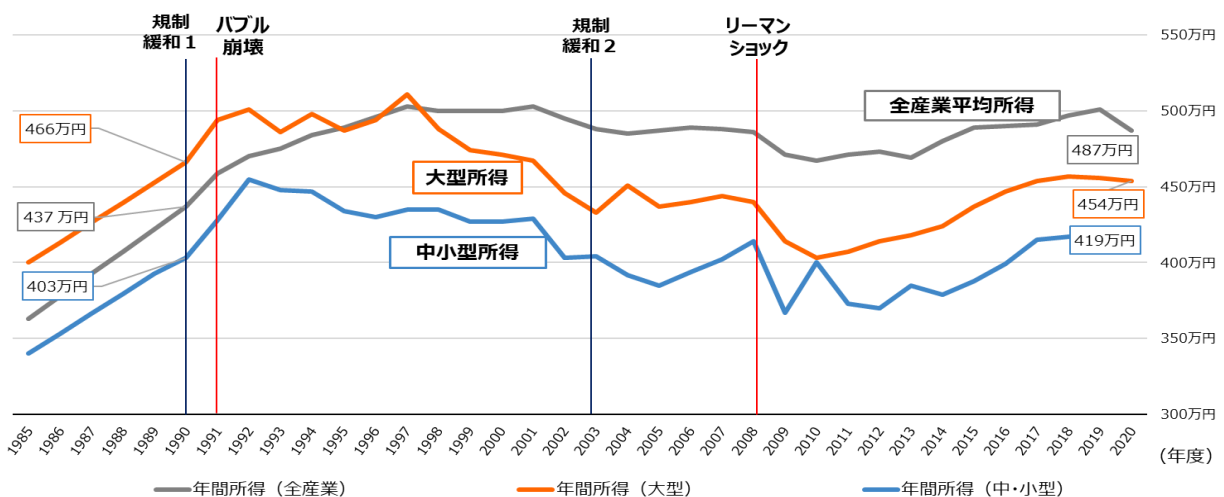
出典：日本ロジスティクスシステム協会資料
※物流コスト調査報告書を元に作成

このように、物流コストは、2010年代前半を境に高騰し、いわば「物流コストインフレ」の様相を呈している。

ただし、1990年代初頭までの物流コストの上昇には、トラックドライバーの年収の上昇が伴っており、特に大型トラックドライバーの年収は全産業平均を上回っていた。これに対して、2010年代半ば以降、物流コストは1990年代初頭を上回って急騰しているにもかかわらず、トラックドライバーの年間所得額は1990年代初頭の水準より1割程度低く、しかも全産業平均より約1～2割低い水準で推移している（図1-3）。

物流コストが高騰しているにもかかわらず、それに見合うようなトラックドライバーの所得の向上がみられないというところに、現在の「物流コストインフレ」の深刻な問題がある。

図1-3 トラックドライバーの年収推移



※規制緩和1：事業参入について免許制から許可制に、運賃を認可制から事前届出制に変更等。
※規制緩和2：営業区域廃止、最低車両台数を全国一律5両に、運賃を事後届出制に変更。

(出典)
年間所得：厚生労働省「賃金構造基本統計調査」から
国土交通省自動車局にて作成

物流コストインフレの背景

以上のような現在の「物流コストインフレ」の背景には、次のような物流の需要面及び供給面の要因があるものと考えられる。この中でも特に後述する物流における人手不足は、物流機能そのものを将来にわたって安定的に維持する上で、根源的な課題である。

需要面の要因①：インターネット通販等 EC 市場の成長

まず、需要面の要因として、インターネット通販等 EC（電子商取引）市場の成長が挙げられる（図1-4）。EC は、輸送先が著しく多くコストのかかるラストワンマイル（配送の最終拠点から、事業所や個人宅等顧客までの区間）の配送を要求するものであり、しかも翌日・当日配達、時間指定等高品質のサービスを追求するため、物流コスト上昇の大きな要因となる。特に 2020 年には、いわゆる「巣ごもり需要」もあって、EC 市場は著しい成長を遂げているが、今後、この傾向がさらに定着・拡大することで、物流コストはいっそう押し上げられるおそれがある。

図1-4 物販系分野の BtoC-EC 市場規模及び EC 化率の経年推移（単位：億円）

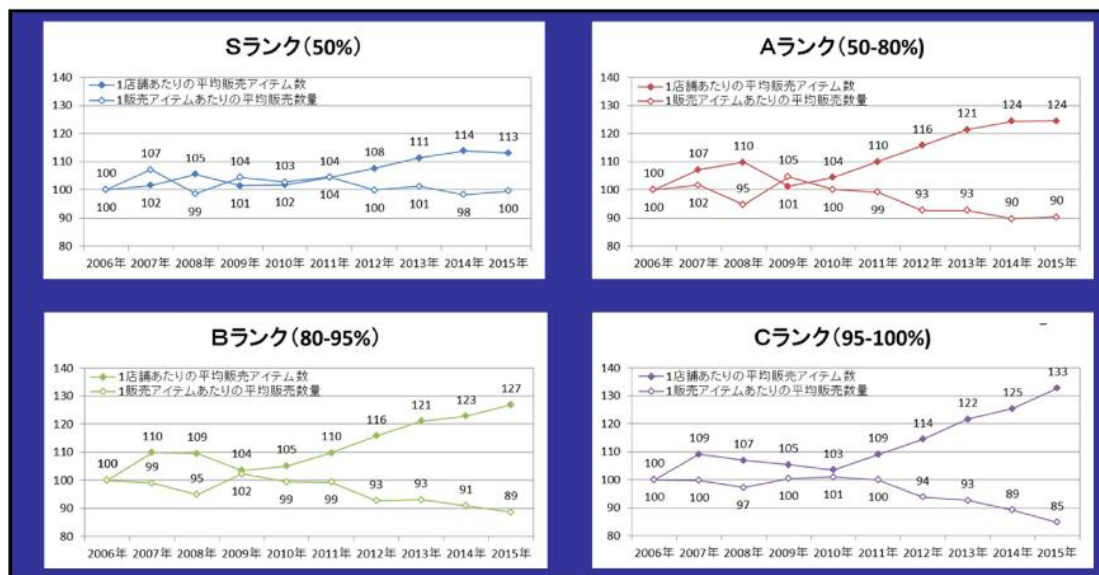


需要面の要因②：多品種・小ロット輸送の増加

また、ラストワンマイル配送の需要の拡大に加えて、近年、消費者のニーズが多様化していることから、多品種・小ロット輸送の需要が増えている（次頁 図1-5）。加えて、「第四次産業革命」とも称される製造業のデジタル化により、多品種少量生産が可能になったこともまた、多品種・小ロット輸送のニーズを増やしている可能性がある。

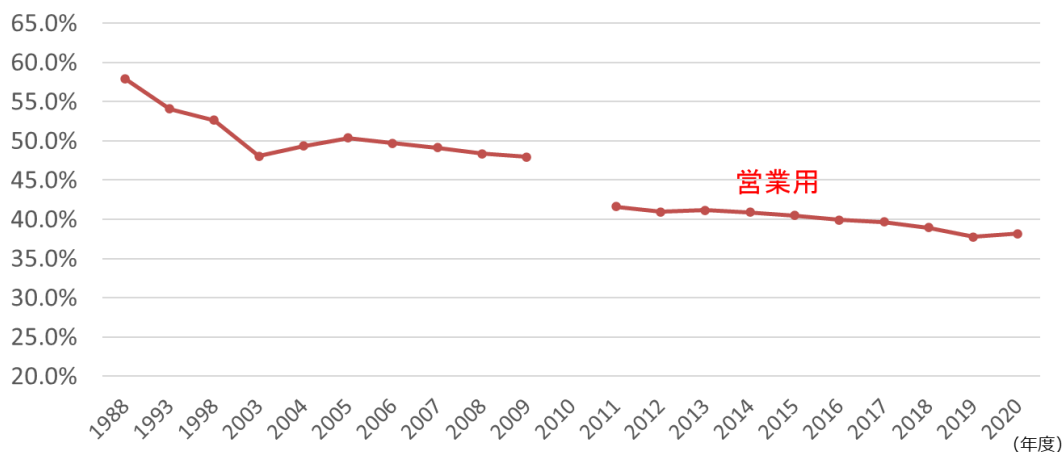
多品種・小ロット輸送の需要の増加はトラックの積載効率の低下を招いており、2018年には40%を下回るまでになっている（次頁 図1-6）。生産や流通におけるデジタル化の進展は、多品種・小ロット輸送の需要をさらに拡大していくものと考えられる。

図1-5 加工食品の1店舗当たり平均販売アイテム数と1販売アイテム当たりの平均販売数量
 (※ランク：S・A・B・Cの順に売上高の高い商品を区分けしたもの)



出所：流通経済研究所、JPR総合研究所の共同研究成果（2016年3月）

図1-6 トラックの積載効率の推移



(備考)

1. 積載効率 = 輸送トンキロ / 能力トンキロ
2. 「自動車輸送統計年報」(国土交通省総合政策局情報政策本部)より作成

(注)

1. 2010年度から、「自動車統計輸送年報」における調査方法の変更があったことから、2009年度以前のデータと連続しない。
2. 2010年度データについては、上記(注)1に加え、2011年3月における北海道、東北及び茨城県の貨物輸送量等の調査が、東日本大震災の影響により一部不能となったことから、2009年度以前及び2011年度以降のデータと連続しない。なお、参考値として算出した積載効率は、37.6%となる。

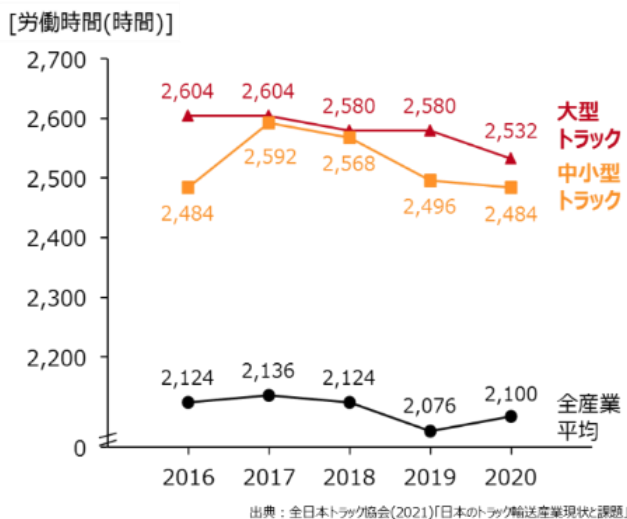
供給面の要因①：トラックドライバーの不足 ～「物流の2024年問題」

一方、物流コストインフレの供給面の要因である、トラック運送事業に従事するトラックドライバーをはじめとする物流の担い手の不足は、物流機能の維持そのものを脅かす深刻な課題である。

周知のとおり、少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少により、労働力不足は各産業共通の課題となっているが、特にトラックドライバーは、全産業と比べ、長時間の荷待ちや荷役作業等により、労働時間が長い(図1-7)一方で、大型トラックで言えば、以前は全産業平均より高い水準であった年間収入額が大幅に減少しており、現在では全産業平均より1~2割低い水準になっている(4頁 図1-3)。このため、トラックドライバーを確保するためには、その労働環境の改善は不可欠である。こうしたことから、平成30年の貨物自動車運送事業法の改正により、法令

を遵守して持続的に事業を運営する際の参考となる運賃として、標準的な運賃の告示制度が導入されたところであり、また、総物流施策大綱（2021年度～2025年度）（令和3年6月15日閣議決定）においては、トラックドライバーの平均労働時間を全産業平均まで引き下げ、トラックドライバーの年間所得額平均を全産業平均まで引き上げることを2025年までの目標として掲げている。

図1-7 トラックドライバーの年間労働時間の推移



年収の低さに加えて、バラ積み、バラ卸し等の手荷役や契約にない付帯作業等の負担を強いられる等、その厳しい労働環境から、トラックドライバーの確保は容易ではない。その結果、トラックドライバーの減少（図1-8）や高齢化が進んでおり（図1-9）、若年層（15～29歳）の年齢構成も全産業平均と比較して、低くなっている（次頁図1-10）。2027年にはトラックドライバーが24万人不足するという試算¹や、2030年には、物流需要の約36%に対して供給できなくなるという試算²も出されており、もはやモノが運べなくなるのではないかと懸念すら生じている（次頁図1-11、1-12）。

図1-8 道路貨物運送業の運転従事者数（千人）の推移

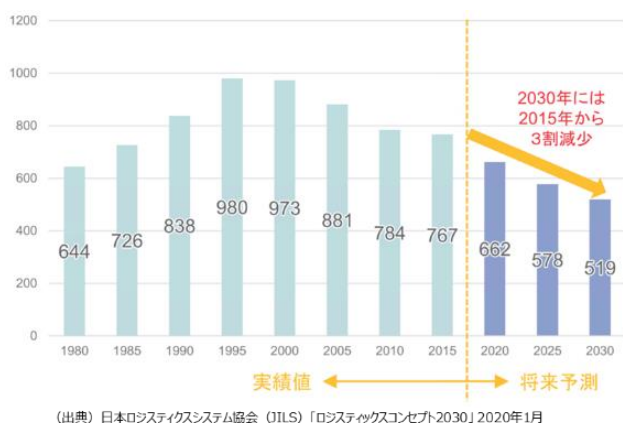
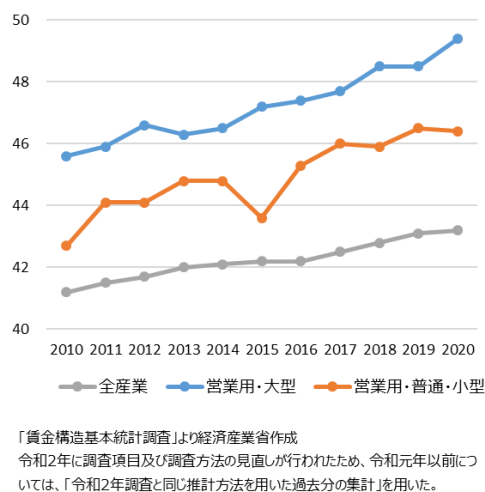


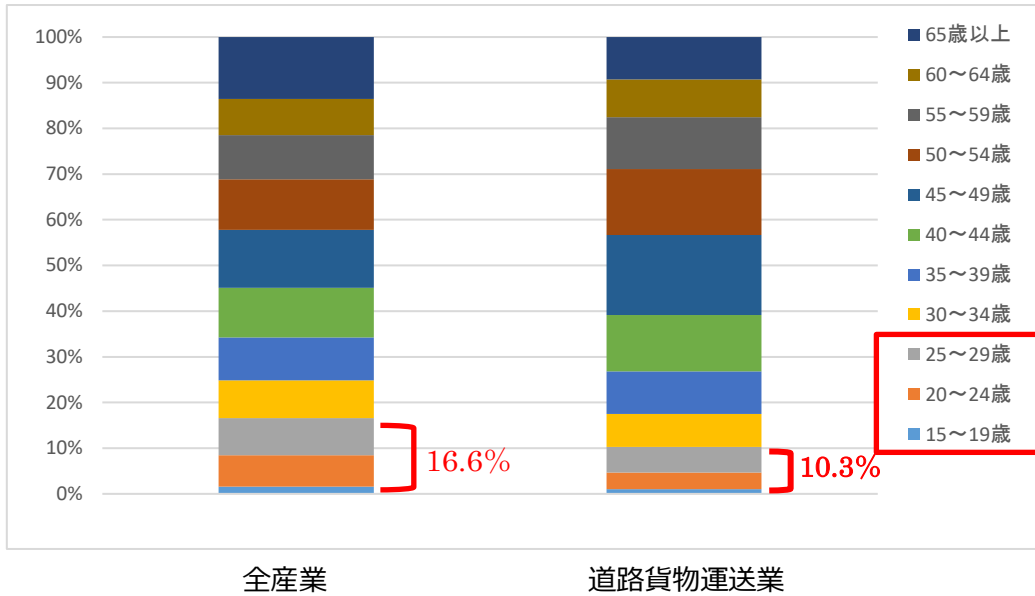
図1-9 トラックドライバーの平均年齢の推移



¹ ポストンコンサルティンググループ（BCG）「激動の物流業界と今後の展望」（2017年10月）

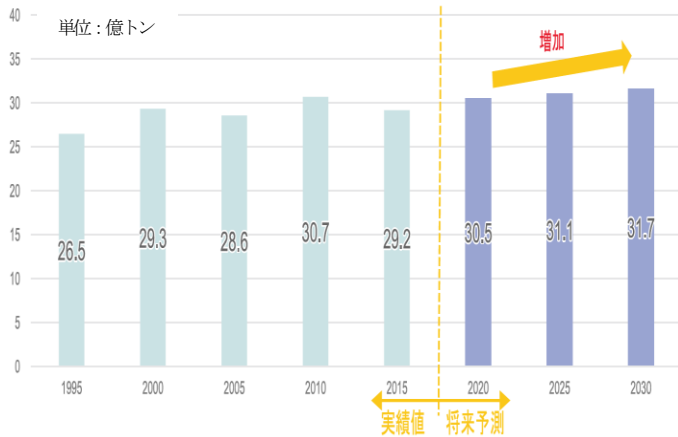
² 公益社団法人日本ロジスティクスシステム協会（JILS）「ロジスティクスコンセプト2030」（2020年2月）

図1-10 トラックドライバーの年齢構成



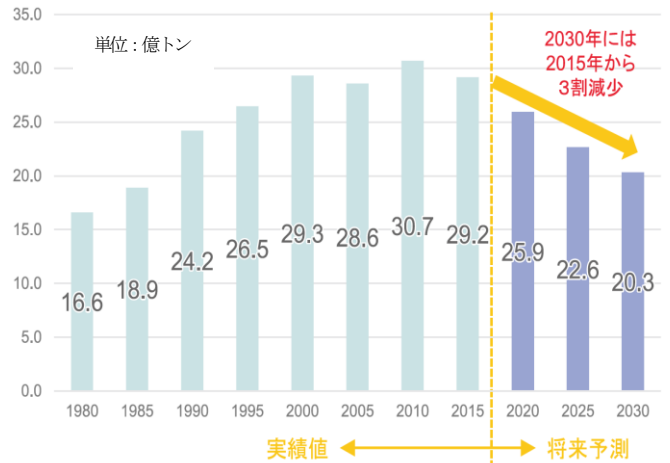
(出典) 国土交通省「トラック運送業の現状等について」

図1-11 営業用貨物自動車の需要量推計



(出典) ロジスティクスシステム協会 (JIS) 「ロジスティクスコンセプト2030」2020年1月
 ◇営業用貨物自動車輸送量 (億トン) の推計より
 (注) 上記図の元になっている自動車輸送統計について、2020年度数値は公表済み。
 2020年度輸送トン数: 25.5千トン

図1-12 営業用貨物自動車の供給量推計



(出典) ロジスティクスシステム協会 (JIS) 「ロジスティクスコンセプト2030」2020年1月
 ◇営業用貨物自動車輸送量 (億トン) の推計より
 (注) 上記図の元になっている自動車輸送統計について、2020年度数値は公表済み。
 2020年度輸送トン数: 25.5千トン

2018年6月に働き方改革関連法³が成立し、2024年度からトラックドライバーに対して、時間外労働の上限規制が罰則付きで適用されることとなった。これは、トラックドライバーの過酷な労働環境を改善する上で必要な措置である。他方で、時間外労働の上限規制の導入は、荷主の商慣行の是正やパレタイゼーション等各種の効率化の取組が進められない等、他の条件が現状と同じままならば、トラックドライバーの供給をさらに制約し、物流課題が解決されていないことで引き起こされる物流コストの上昇にとどまらず、物流サービスが提供困難になる可能性も否めない。これは、「物流の2024年問題」と言われている。

³ 働き方改革を推進するための関係法律の整備に関する法律 (平成30年法律第71号)

供給面の要因②：気候変動対策に伴うコスト上昇圧力

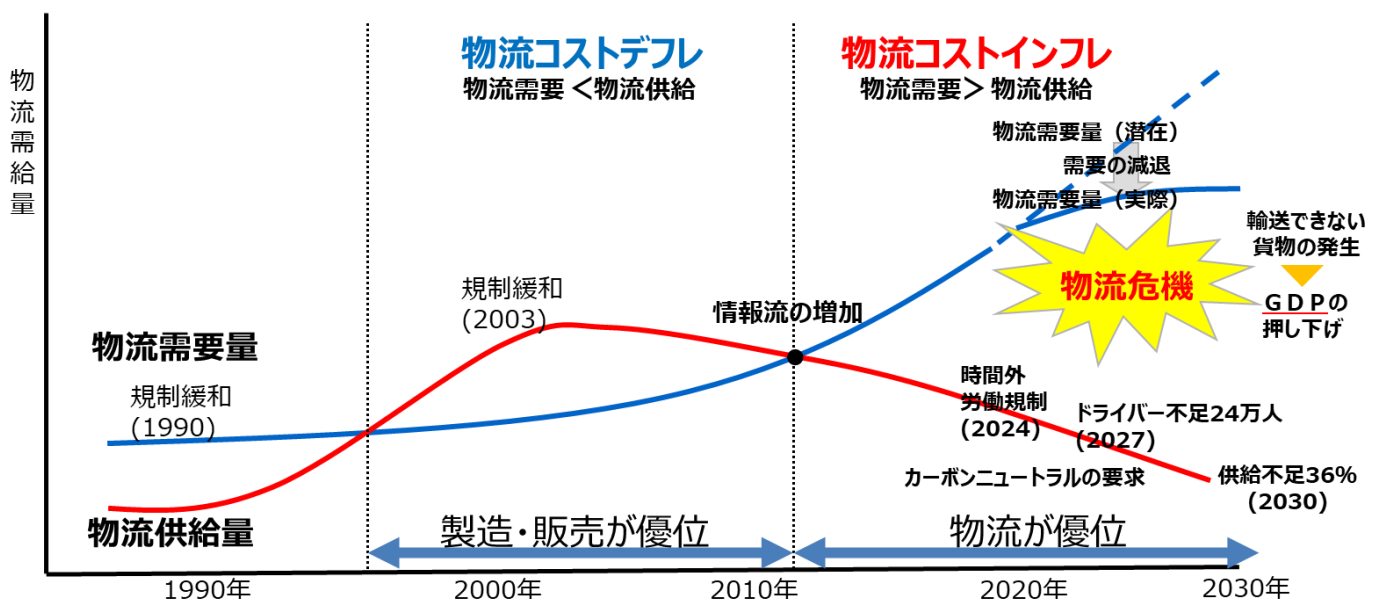
加えて、輸送部門の省エネルギーや温室効果ガスの削減の要請もまた、供給面における物流コストの上昇要因に数えられる。特に、我が国は気候変動対策として、2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減し、また、2050年にカーボンニュートラルを実現するという大きな目標を掲げている。「地球温暖化対策計画」（令和3年10月22日閣議決定）は、運輸部門について、2030年度に温室効果ガスを2013年度から35%削減することを目指すとしている。この気候変動対策についても、他の条件が同じままであれば、この目標達成の過程で、貨物輸送の供給が大きな制約を受ける可能性がある。

物流コストインフレには、以上のような需要面及び供給面の要因が考えられるが、これらの要因は、一時的なものというよりは、長期的・構造的なものである。とりわけ、前述のとおり、トラックドライバーを確保するための運賃の適正化や労働環境の改善は不可欠であり、それに伴う物流コストの上昇は不可避である。こうしたことから、今後、物流コストインフレは、長期のトレンドとして続くものと考えられるべきである。

この構造のイメージを図式化したのが、図1-13である。この図にあるとおり、2000年代は物流コストが低位で推移する物流コストデフレの状態にあり、物流の供給（赤線）が需要（青線）を超過していたものと想定される。

それが、2010年代初頭を境に、物流の需要が供給を超過する物流コストインフレとなったと考えられる。しかも、今後、EC市場の拡大等デジタル化のさらなる進展、少子高齢化、「物流の2024年問題」、カーボンニュートラルの要請の強化等が予想され、物流コストインフレは、長期的に続くものと考えられる。物流機能は社会経済活動の基礎を成すものであり、物流コストが、トラックドライバーの待遇の適正化や物流業界における適正なサービス料金の収受の範囲を超えてあまりに高くなると、物流需要も押し下げられてしまい、物流機能への悪影響はもちろん、経済成長率をも押し下げるることとなる。

図1-13 物流の需給関係の模式図



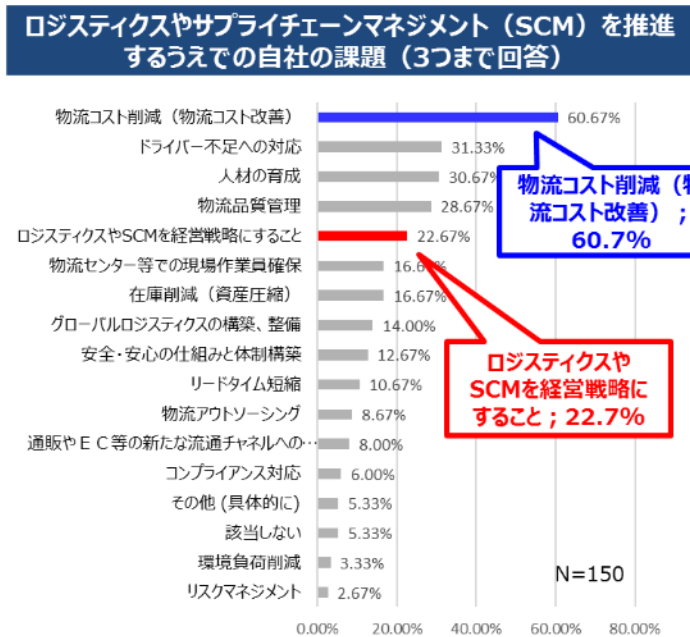
物流コストインフレが、荷主の商慣行の是正やパレタイゼーション等各種の効率化の取組が進められないことにより構造的に続いた場合には、産業競争力のあり方にも大きな影響を及ぼすと考えられる。

2000年代の物流コストデフレの状況下では、物流の供給が需要を超過していたため、製造業や小売業は、いわば「いつでも頼めば運べる」状態にあった。しかし、物流コストインフレの状況下では、売上高物流コスト比率が上昇するのみならず、人手不足を引き起こす原因の解消を怠れば、さらに事態が悪化して輸送需要量に対する供給量が不足し、「頼んでも運んでももらえない」状態となる可能性もある。このため、物流コストインフレ下では、物流に対する意識や物流の能力が高い企業こそが競争力を獲得しうるることとなる。すなわち、優れた製品を「作る」ことや「売る」ことだけではなく、「運ぶ」こともまた、競争力の要諦となるはずである。

ところが、我が国の荷主企業においては、物流部門の立場は強くないことが多いと言われている。実際、日本ロジスティクスシステム協会のアンケート調査によると、ロジスティクスやサプライチェーンマネジメント（SCM）を企業戦略とすることを経営課題として重視する企業は2割程度しかなかった（図1-14）。また、Gartner社が公表する「サプライチェーン トップ25社」（2021年5月19日）には、日本企業は1社も入っていない（図1-15）。

図1-14 日本ロジスティクスシステム協会
会員アンケート調査（2019年12月）

図1-15 Gartner社「Supply Chain Top 25
for 2021」より経済産業省作成
（2021年5月）



**サプライチェーンを牽引するグローバル企業
The Gartner Supply Chain Top 25 for 2021**

Rank	Company	Rank	Company
1	Cisco Systems	14	Dell Technologies
2	Colgate-Palmolive	15	HP Inc.
3	Johnson & Johnson	16	Lenovo
4	Schneider Electric	17	Diageo
5	Nestlé	18	Coca Cola Company
6	Intel	19	British American Tobacco
7	PepsiCo	20	BMW
8	Walmart	21	Pfizer
9	L'Oréal	22	Starbucks
10	Alibaba	23	General Mills
11	AbbVie	24	Bristol Myers Squibb
12	Nike	25	3M
13	Inditex		

2010年代前半より、物流の能力が競争力の要となる物流コストインフレの産業構造となり、それが今後も長期にわたって続くと予想されるにもかかわらず、我が国の企業がロジスティクスやSCMを戦略の中核に据えていないばかりか、物流業界の抱える問題解決に積極的に取り組むこともなく、物流部門を依然として軽視しているのだとしたら、それは、我が国の産業競争力の致命傷となりかねない。

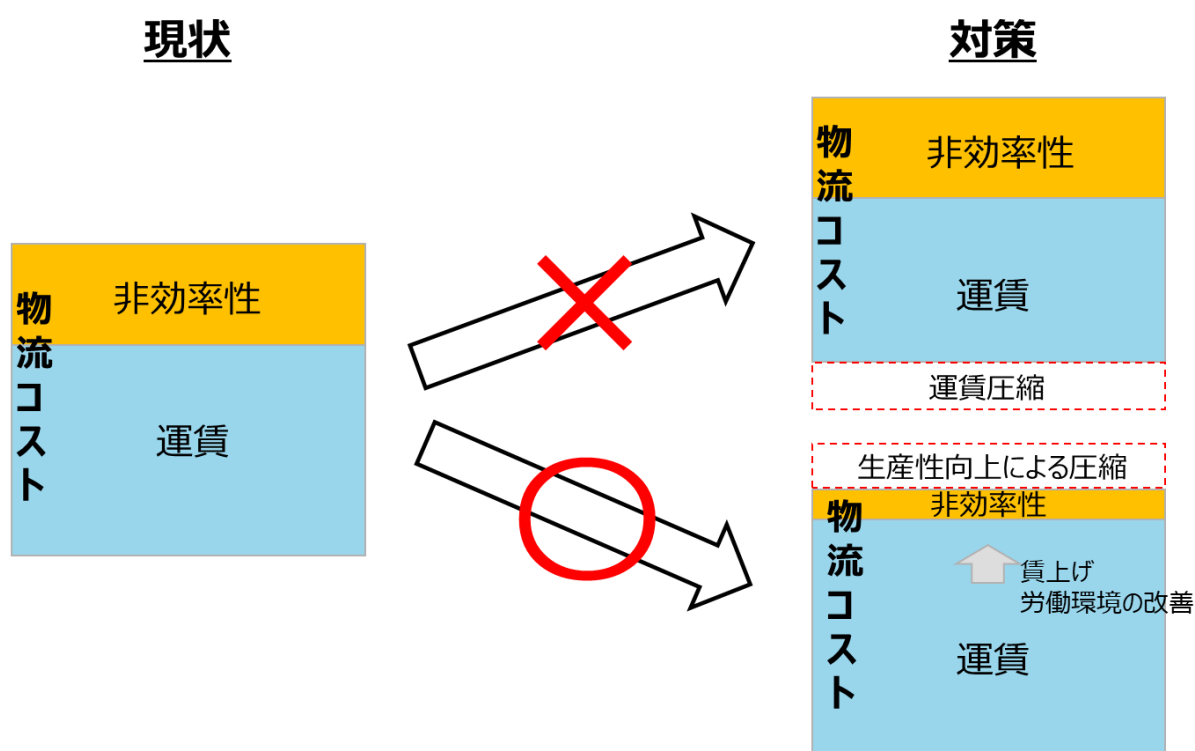
仮に、この「物流クライシス」と呼ぶべき構造問題を放置し、何ら有効な対策を講じなかった場合、2030年時点で、7.5～10.2兆円の経済損失が生じる可能性があり（＜別紙A＞参照）、各企業活動の停滞やその二次的影響によっては、上記推計値以上の損失が生じる可能性もある。

したがって、我が国は、「物流クライシス」に直面しているという認識を共有し、早急に根本的な解決策を講じる必要がある。ただし、その解決策の基本的な考え方としては、運賃の引き下げによって物流コストを引き下げるというのではなく、トラックドライバーの確保のために運賃を適正な水準へと引き上げ、労働環境を改善する一方で、非効率な商慣行の是正やパレチゼーションの徹底等によって、生産性が高く、かつ持続可能な物流システムを構築するというものである（図1-16）。

言い換えれば、売上高コスト比率を抑制したいという荷主企業側のニーズと、運賃を適正な水準にまで引き上げたいというトラックドライバー等物流の担い手のニーズが、相反するのではなく、両立するような、次世代の物流システムを構築することが必要なのである。そのような次世代の物流システムの最も有力なコンセプトとして、2. で解説する「フィジカルインターネット」が提案され、国際的に研究が進められている。

他方、物流は、様々な主体の行動や関係、あるいは制度・慣行が相互に依存し、複雑に絡み合った1つのシステムであると同時に、経済社会というシステムの一部でもある。しかも、そのシステムは、刻々と動き、変化し続けている。我が国が現在直面している物流クライシスは、物流業界や、その従事者の抱える諸問題への解決の遅れをはじめとする、こうしたシステム全体の歪みから生じた問題であると言える。

図1-16 「物流クライシス」対策の基本的な考え方



このため、1つの企業が自社で完璧な物流システム作りを目指すといった方法では、この問題を解決できない。個々の主体が、他の主体やシステム全体と無関係に単独で問題を解決しようとしても、個別最適を追求して全体最適を失するという結果に陥り、物流クライシスの克服に失敗

することになろう。物流コストインフレの問題は、一企業の努力のみで克服できるものでは到底なく、物流システム、さらには経済社会システム全体を改革しなければ、解決することはできない。

しかし、確立された物流システムや経済社会システムが既に存在し、産業や生活がその上で日々営まれている以上、白紙の状態から理想的なシステムを構築できるわけではない。このため、理想的なシステムの実現に向けては、目指すべきゴールイメージを掲げ、全体で共有した上で、具体的な取組について、様々な主体の理解と参加・関与を求めつつ進めていく必要がある。その際、企業の体力の相違、商品や業種の特性等を考慮に入れつつ、先駆的に取り組める者とそうでない者との格差が大きく開くことのないよう、社会全体で、段階的・長期的・計画的に取り組んでいくことが望ましい。

こうしたことから、本会議は、「フィジカルインターネット」を2040年までに実現することを目標とし、実現のための第一歩として、2040年の目標達成に向けたロードマップを策定するものである。

2. フィジカルインターネットのコンセプト、歴史、海外動向

(1) フィジカルインターネットのコンセプト

現在、研究が進められているフィジカルインターネットは「相互に結び付いた物流ネットワークを基盤とするグローバルなロジスティクスシステムである。その目指すところは効率性と持続可能性の向上であり、標準化されたモジュラー式コンテナ、物流結節点、プロトコルを通じてリソースの共有と統合を可能にする」とされている⁴。その考え方としては、2000年頃から普及したインターネット通信に着想を得ている。

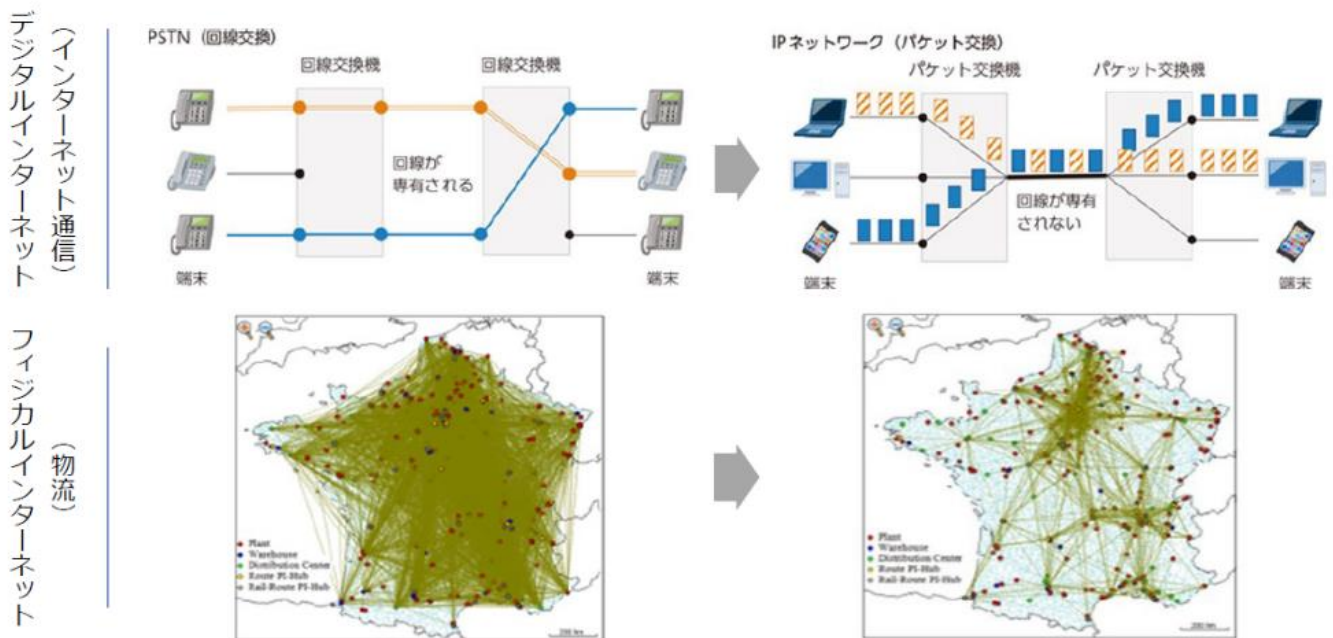
インターネット普及以前のコンピューター間の通信は、専用回線で発信端末と着信端末を直接接続して行うものであった。それに対して、インターネット通信においては、データの塊をパケットという形で定義し、パケットのやりとりを行うための交換規約（プロトコル）を定めることにより、回線を共有した不特定多数での通信を実現した。

これを模してフィジカル、つまり物流の世界にも適用しようというのが「フィジカルインターネット」の基本的なコンセプトである（図2-1）。

図に示すとおり、従来の輸送網は発・着の事業者同士をそれぞれ直接結ぶやりとりが主流であった。

これは、できるだけ貨物の積替による時間のロスや貨物へのダメージを避ける観点から選択されたものである。一方で、積替を前提として輸送の途中にハブを設け、受け渡しする単位（貨物の規格）を統一し、物流リソースを共有化してモノのやりとりをしようというのがフィジカルインターネットの基本的な考え方である。

図2-1 フィジカルインターネットの考え方



出所：総務省（2019）「平成の情報化に関する調査研究」、IPIC 2018 Eric Ballotプレゼン資料より

⁴ モントルイユ、バロー、メラーにより 2011 年に定義

フィジカルインターネットには「コンテナ」「ハブ」「プロトコル」の3つの基本的な要素が存在する⁵。

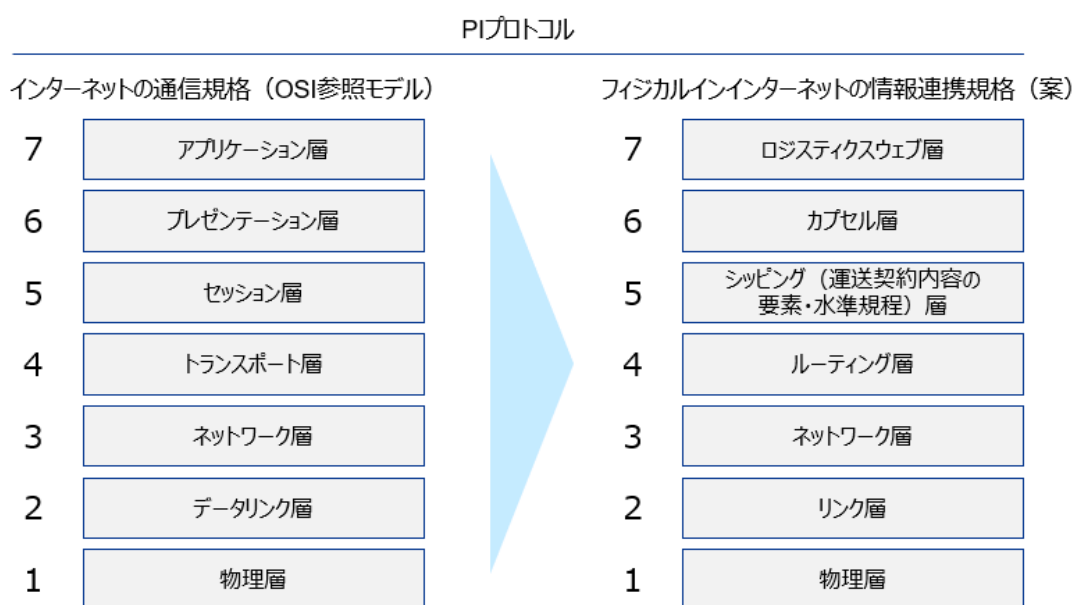
まず「コンテナ」は規格化された輸送容器のことであり、デジタルインターネットでいうパケットに相当する。なお、この場合のコンテナとは、いわゆる40フィート、12フィートといった大型の海上コンテナや鉄道コンテナではなく、パレットや通い箱に代表される、より小さな輸送ユニットを指し、先行する研究ではフィジカルインターネットコンテナ（Physical Internetの頭文字を取ってPIコンテナ）という呼称がつけられている。フィジカルインターネットにおいて回線（物流網）の共有化を行うためには、この輸送容器の要素（サイズ、素材、機能等）が正しく定義され、貨物の混載や積替の容易性が確保されていることが必須である。

2つ目の「ハブ」は、コンテナの結節点となる機能を指す。規格化されたコンテナの使用を前提とし、結節点において、各種のマテリアルハンドリング（マテハン）機器を用いて効率的な積替作業を行うことが鍵である。結節点における積替時の品質、コスト、所要時間を、小口混載輸送の場合であっても貸切輸送と遜色ないレベルにすることが求められる。

3点目の「プロトコル」は、これらの物流機能・物流リソースを使い、貨物をやりとりするための運用上の取り決めである。デジタルインターネットにおいては、図2-2左に示すように、最下層の物理的な規約にはじまり、データをつなげるための処理に関する規約、それをネットワークとして管理するための規約と、いくつかの層に分類して規約が定められている。

同様に、フィジカルインターネットにおけるプロトコルでも、貨物や情報を連携するための規約（図2-2右）を、各層に分けて規定することが必要と考えられている。

図2-2 フィジカルインターネット実現要素・プロトコル



出所：荒木勉「フィジカルインターネット 企業間の壁崩す物流革命」(日経BP社、2020)

⁵ 荒木勉「フィジカルインターネット 企業間の壁崩す物流革命」(日経BP社、2020年6月)、p.74

(2) フィジカルインターネットの実現イメージ

フィジカルインターネットが実現する形についてイメージしやすい例として、海上コンテナによる港の荷役が挙げられる。海上コンテナが ISO 規格化されたのは 1968 年であるが、以後国際物流量が増加する中で、手間とコストのかかる手積み・手降ろしは急速にコンテナ荷役に移っていた。その結果、過去 50 年で港湾における荷捌きのコストは 10 分の 1 になっている⁶。

同様の考え方を、陸運も含めた物流リソース全体に適用するというものがフィジカルインターネットのコンセプトである。フィジカルインターネットが実現した世界では、従来と比較して物流の効率化と強靱化が図られることになる。

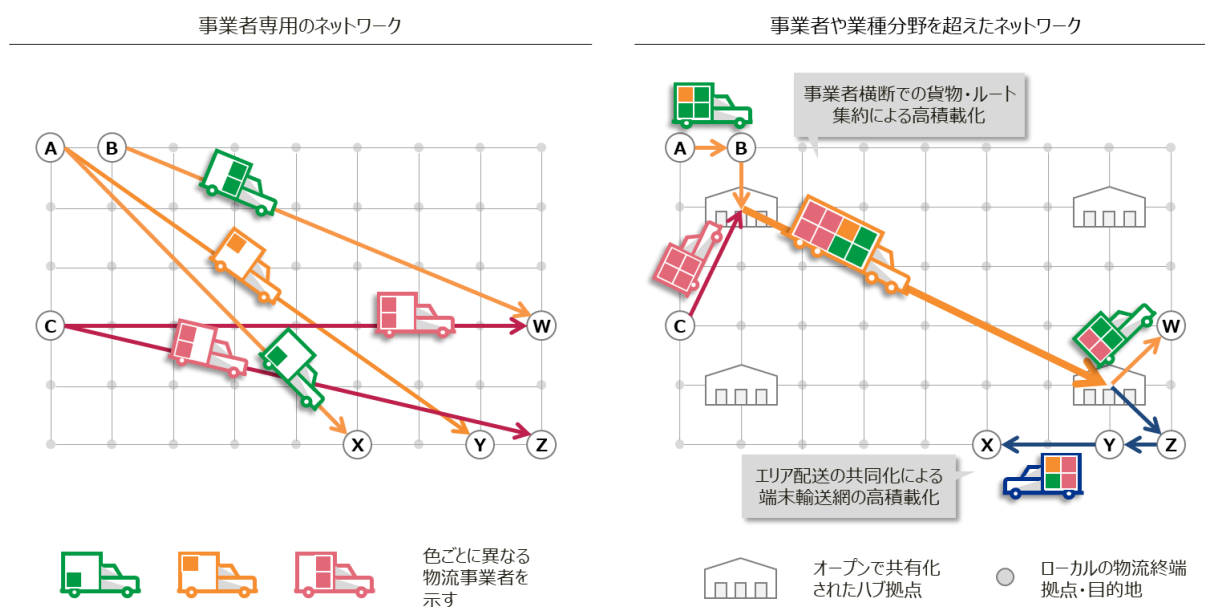
① フィジカルインターネットの実現による物流の効率化

これまでの輸送の多くは、事業者ごとに占有（チャーター）された車両が発着地間を直接結ぶものであった（図 2-3 左）。そのため、輸送の多頻度・小ロット化に伴い積載効率は低下した。前掲の図 1-5 に示すように国内のトラック積載効率は 40% を下回っており、貴重な輸送能力の半分以上は使われていない状況になっている。

フィジカルインターネット実現後の世界においては、輸送リソースは不特定多数の事業者が共同利用するものとなる。つまり、物流倉庫等の施設は事業者間で互いに有効に利用し、トラックも混載を進めて共同配送を行い、最適なルートで荷物を運ぶ。トラックはオープンで共有化されたハブで接続し、貨物はハブ間の幹線輸送と、ハブとラストワンマイルを結ぶ端末輸送網を組み合わせることで目的地まで届けられる。

これにより、幹線輸送においては事業者横断での貨物・ルート集約、支線配送網においてはエリア配送の共同化により、いずれも積載効率の向上が期待される（図 2-3 右）。

図 2-3 フィジカルインターネットによる積載効率向上のイメージ



一方、積替を前提とした輸送に転換する場合、積載効率の向上というメリットと引き換えに、経由地が増加することによる輸送・積替時間や荷役コストの増加、損傷リスクといったデメリットも新たに発生することになる。

⁶ GS1 (2015) GS1 Transport & Logistics Workshop 資料より

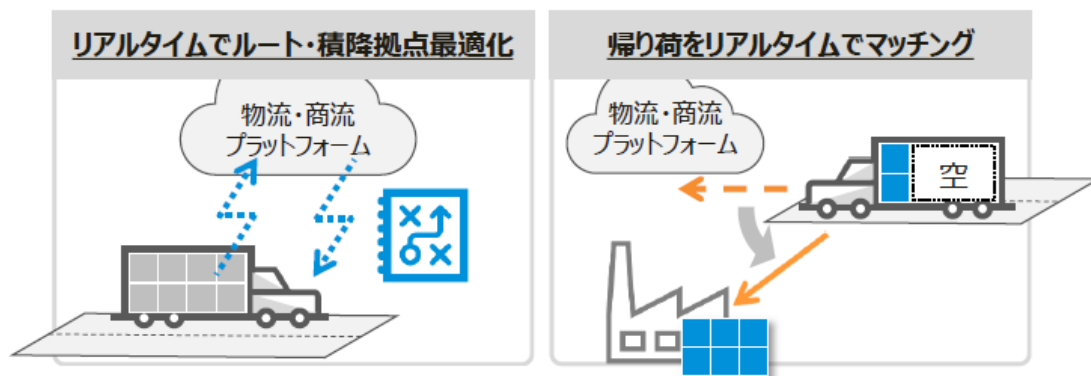
フィジカルインターネットにおいては、これらのデメリットを最小限に抑える工夫が必須であり、これが前述した「コンテナ」「ハブ」「プロトコル」の各要素での規格の標準化が必要な理由である。

ハブで複数の事業者の貨物を積み替えるためには、貨物の外装サイズや荷扱条件が一定のルールで規格化され、どの拠点でもマテハン機器によって高速、安全、効率的に処理される必要がある。当然、今後発展が見込まれる物流作業の機械化やロボット化においても、統一された規格に基づいて投資が行われなければならない。

また、トラックの積載効率を向上させるためには、車両を固定された区間の運行にのみ使用するのではなく、必要に応じ、適切なルートに配車することが有効である。

トラックやハブのキャパシティ等の供給情報、貨物の量や行き先等の需要情報を適時物流・商流プラットフォーム上で把握しマッチングすることで、適切なルートで貨物の積卸を行い、常に高い積載効率を維持することが可能となる（図2-4）。

図2-4 需要・供給情報のマッチングと配車ルート最適化イメージ



② フィジカルインターネットの実現による物流の強靱化

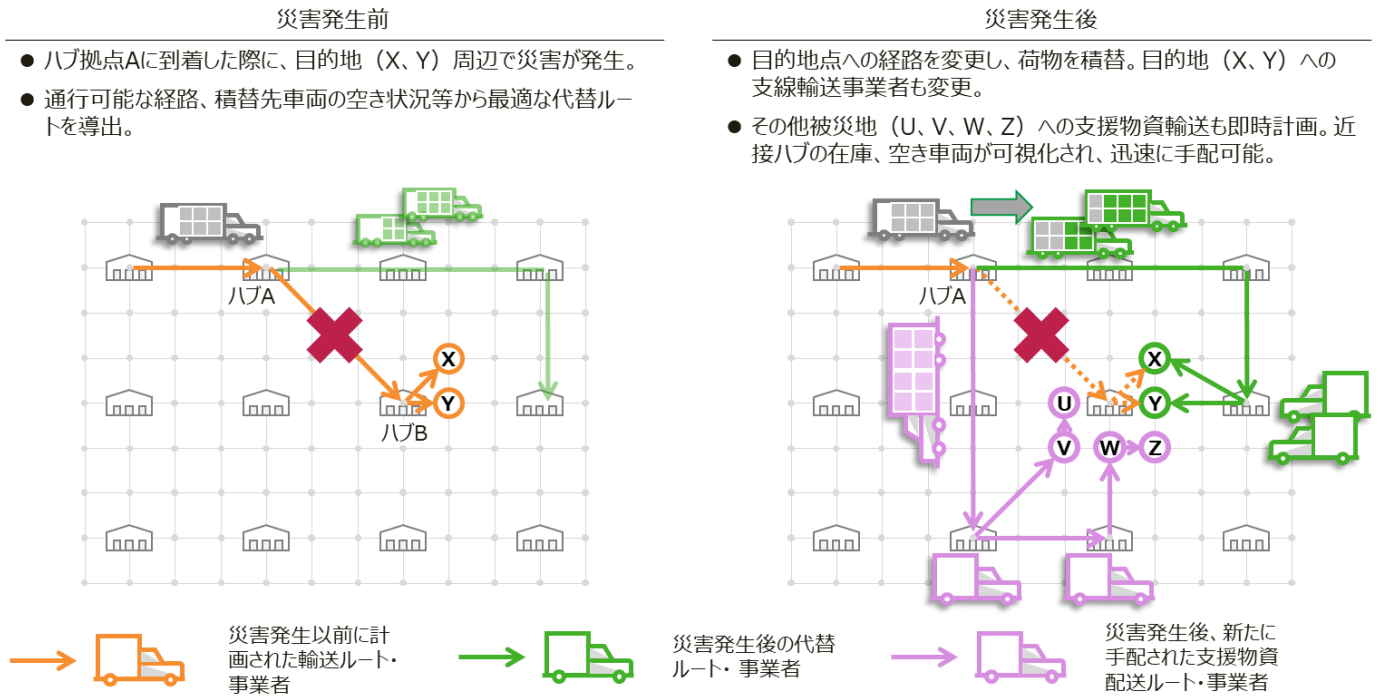
積替を前提とした柔軟なルート設定が可能になること、供給・需要の状況が可視化されることは、我が国において避けがたい自然災害等における物流寸断に対する耐性を持つことになると考えられる。

例えば、輸送途中に目的地までのルート上において何らかの原因で寸断が発生した場合、代替の運行可能な代替経路で輸送を行う必要があるが、多くの車両が代替経路をそのまま利用してしまうと交通渋滞を引き起こしてしまう。フィジカルインターネット実現後の世界においては、災害時においても、迅速に代替経路の輸送キャパシティ等の情報を収集し、元のルートで運べなくなった輸送事業者から代替ルートを利用している輸送事業者へ積替を行ったり、他の物品と積み合わせて輸送したりすることができる。これにより、輸送量の増加を最小限に抑えることが可能となり、有事における渋滞が緩和され、持続的で安定した輸送が実現する。また、在庫情報が可視化されていれば、災害の影響がない地域・経路からの輸送も容易に行うことができる（次頁 図2-5）。

なお、現実的には災害直後の段階で、通行可能な道路や利用可能な車両・ハブ等の輸送リソースの情報を迅速に収集することは困難な場合も多い。既に2011年の東日本大震災ではカーナビゲーションシステムを用いて通行可能な道路を判断する等の取組も行われていたが⁷、車両のネットワーク化の進展等を活用した、より正確かつ迅速な情報収集機能の開発が待望される。

⁷ 本田技研工業株式会社 2011年11月9日ニュースリリース

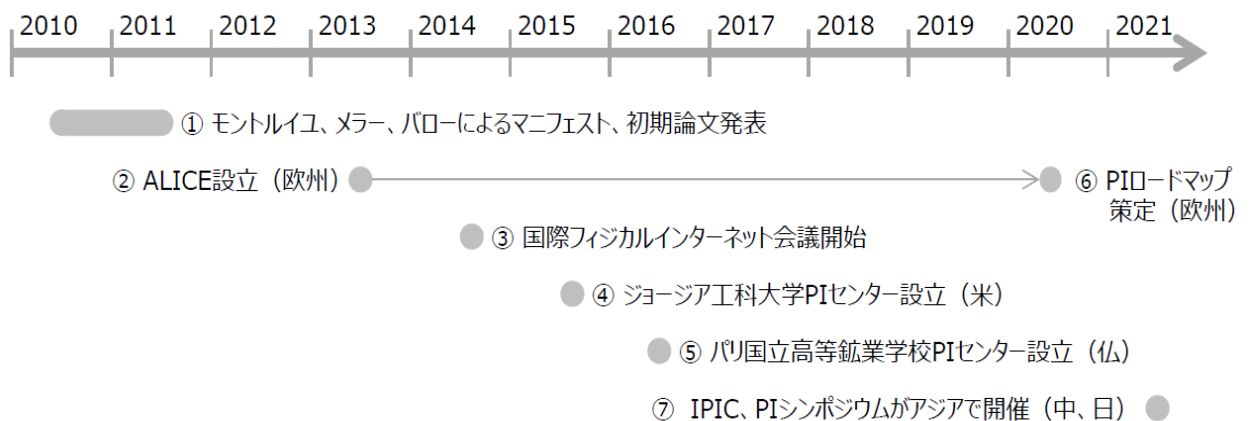
図 2-5 需要・供給情報のマッチングと配車ルート最適化イメージ



(3) フィジカルインターネットの発展の歴史

フィジカルインターネットは、2010年から2011年にかけてブノア・モントルイユ（カナダ、米国で研究活動を続ける）、ラッセル・D・メラー（米国）、エリック・バロー（フランス）の3名の学者により初期論文が発表され、以来10年強の研究と発展の歴史を持っている。ここまでの主要な発展のステップを図2-6に示す。

図 2-6 フィジカルインターネット発展の歴史



2011年にモントルイユが発表したマニフェストは、世界各地で起きている物流問題の根底にあるのは、物流における経済的・環境的・社会的な持続可能性の欠如であるという課題認識に立っている。その上で、トラック輸送の多くが空荷であることや、長距離ドライバーの労働条件が悪化し雇用が難しくなっていること等、物流の持続不可能性を示す13の症状を挙げ、それらは世界共通であると論じている（次頁 図2-7）。

図 2-7 物流の持続不可能性を示す 13 の症状 (モントルイユ)

モントルイユによる、物流の持続不可能性を示す13の症状

Unsustainability symptoms		Economical	Environmental	Societal
1	We are shipping air and packaging	●	●	●
2	Empty travel is the norm rather than the exception	●	●	●
3	Truckers have become the modern cowboys	●	●	●
4	Products mostly sit idle, stored where unneeded, yet so often unavailable fast where needed	●	●	●
5	Production and storage facilities are poorly used	●	●	●
6	So many products are never sold, never used	●	●	●
7	Products do not reach those who need them the most	●	●	●
8	Products unnecessarily move, crisscrossing the world	●	●	●
9	Fast & reliable intermodal transport is still a dream or a joke	●	●	●
10	Getting products in and out of cities is a nightmare	●	●	●
11	Networks are neither secure nor robust	●	●	●
12	Smart automation & technology are hard to justify	●	●	●
13	Innovation is strangled	●	●	●

1 私たちは空気を運んでいる。

2 空便は例外というより、むしろ当たり前だ。

3 長距離ドライバーは、現代のカウボーイ。(帰宅できない。)

物流の持続不可能性を示す13の症状は、世界共通。

出所：B., Montreuil (2011) 「Towards a Physical Internet: Meeting the Global Logistics Sustainability Grand Challenge」より

2013 年、欧州において、可能な限り物流資産を有効活用するというコンセプトで ALICE (Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe) が設立された。ALICE 設立の背景としては、ロジスティクス及びサプライチェーンのイノベーションは物流企業、荷主それぞれ単独では不可能であり、緊密に連携しなければならないという認識がある。また、欧州では 2030 年の温室効果ガス排出削減目標達成に大きな努力を払っているが、省エネルギー等の技術革新を待っている間は目標達成に間に合わないとの見解のもと、現有の物流リソースを最大限に活用すべくフィジカルインターネットに着目した経緯もある⁸。

設立に当たっては産学官から、製造、物流、港湾、ターミナル、不動産、設備、IT、学術機関等も集結して、幅広い団体・企業等が参加し、EU の研究プログラム “Horizon2020” および “Horizon Europe” におけるサプライチェーンおよび輸送部門の包括的な戦略策定を行なうべく、欧州委員会に対して支援・助言を行っている (図 2-8)。

図 2-8 ALICE を構成する参加団体・企業

Type of Organization	Members	EU/International Associations
Shippers & Retail	P&G, L'ORÉAL, prologis, HOFER, COOP, U	ESC, ELUPEG, GSI
Logistics Service Providers, Courier and Postal operators & Freight Forwarders	LINEAS, GEODIS, BORISAN LOGISTIK, FM LOGISTIC, PostNord, sevnder, GRUBER, CLECAT, ECG	EAITH, ECG
Ports, Hubs, Real State, Intermodal terminals & Transport Infrastructure	INTERPORTO, JLL, ECT ROTTERDAH, ECO SLC, dubaiPort	INE, IWT
Transport and industry vehicles, packaging & material handling	VOLVO, SCANIA, TEVVA, PONERA, LOGIFRUIT, KION	eucar
Information and Communication Technologies & Consultancy	MARLO, algowATT, ALSIC, BRUNN, PRODUCTLOKS, vln, ERTICO, ERTICO	ERTICO, ERTICO
Regional & National Logistics Clusters & Associations	WRI, CLOSER, CAJA, Logistop, CESMAD, POS, ALA	Smart Freight Centre
Research and technology Centers	Fraunhofer, ZIS, imec, TNO, imec, TNO, imec, TNO	ectri, e-LA
European Technology Platforms / PPPs	EFFRA, MANUFACTURE EU	
Member States and innovation Funding*	bm, TUM, imec, TNO, imec, TNO	

出所：ALICEウェブサイトより

⁸ ALICE ウェイブサイト、ALICE(2020) 「ALICE brief presentation」より

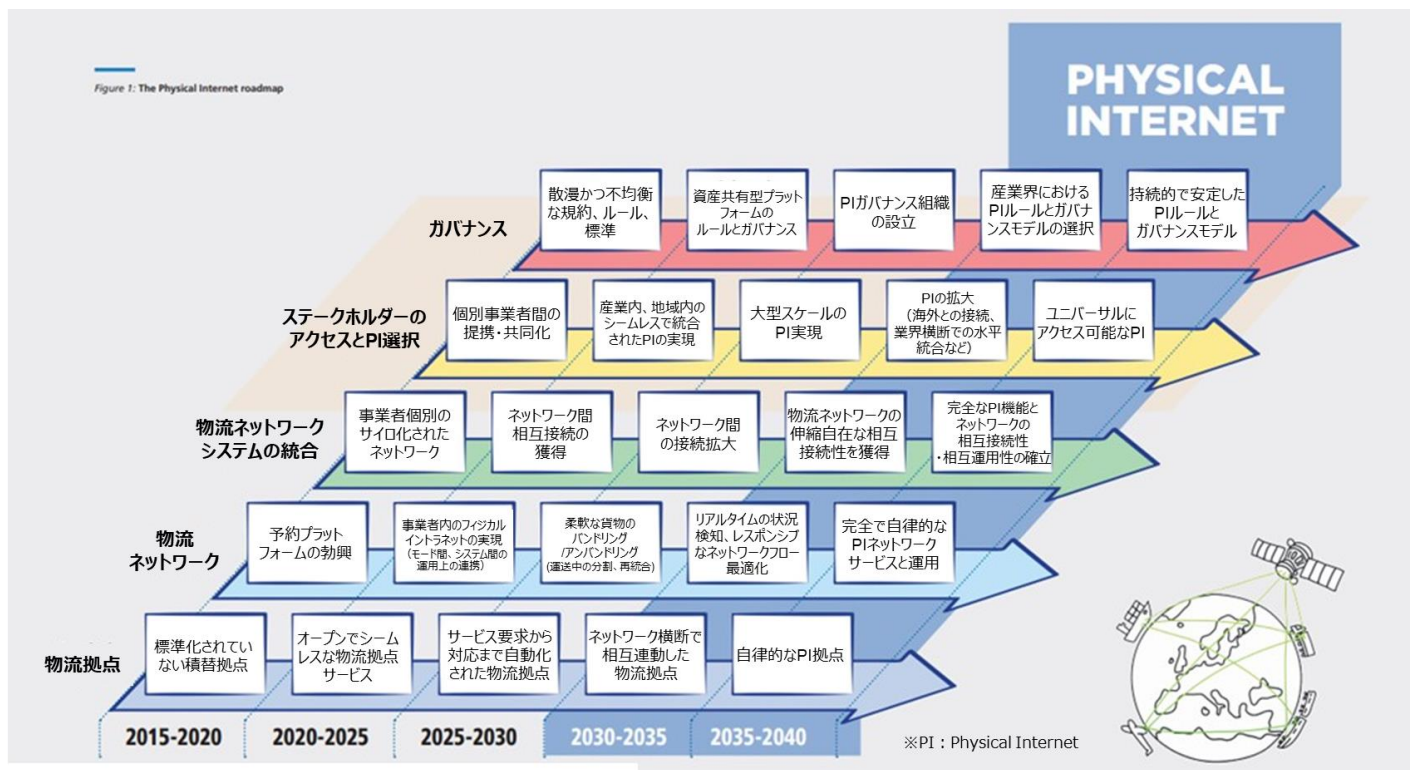
その後、2014年にはALICEと各国の学術・リサーチ機関等により国際フィジカルインターネット会議（IPIC: International Physical Internet Conference）が開始された（2021年開催の第8回会議では、初の日本からの発表として、ヤマトグループ総合研究所と野村総合研究所により、日本国内におけるフィジカルインターネット関連の取組状況に関する報告が行われている⁹⁾）。

また、2015年にはモントルイユの在籍する米国ジョージア工科大学に、2016年にはバローの在籍するフランスのパリ国立高等鉱業学校に、それぞれフィジカルインターネットセンターが設立され、製造・小売・物流の各企業や学術機関をパートナーとした研究が並行して進められている。

直近では2020年にALICEがフィジカルインターネットのロードマップを発表した。これは2040年までにフィジカルインターネットの実現に向けて取り組むべき課題を、5年ごとのスパンに分け、優先順位、達成期限の目標を設定したものである（図2-9）。

このロードマップにおいては、縦軸を5層に分け、下2層に拠点やハブの備えるべき機能や能力、拠点をつなぐネットワークのあるべき姿という物理的な部分、3層目では「System of Logistics Network」として、物理的な機能をつなぐための情報流のあるべき姿、上2層では、フィジカルインターネットの基盤にどのような手順・条件でアクセスするか、サービス提供者・利用者のガバナンスを誰がどのように決めていくのか等が規定される。

図2-9 ALICEによるフィジカルインターネットのロードマップ



※ALICE「Roadmap to the Physical Internet」より、KPMG訳
訳に当たっては、意味内容をより明確にするため、一部記載を補っている。

(4) フィジカルインターネットの実証研究動向

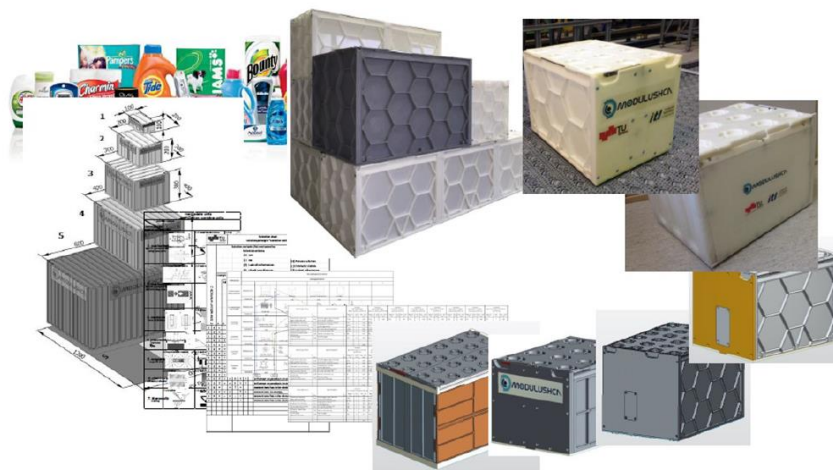
各国において行われたフィジカルインターネットの実証研究のうち、主要な3例を以下に示す。

① MODULUSHCA

1例目はMODULUSHCA（モジュールシュカ）プロジェクトである。ハブにおける貨物の積替効率化を目的として、2012年から日用消費材を対象とした輸送容器の標準規格開発の研究が開始された。特筆すべき点は、コンテナとプロトコルを中心に据え、物理的なサイズ規格のみでなく、情報の共有、オペレーションを含めた相互接続性をセットで検討したことである。各容器にはRFIDを搭載し、GS1標準のコード体系を用いて、ネットワークに接続してデータを活用することが前提とされている

本プロジェクトは2012年から2016年まで、11か国15団体によって推進された。EU各国が主体となっているが、北米の学術機関やSiemens、NestleといったメーカーやTESCO等小売企業も議論に参加し、実際に輸送ユニットを設計し、素材の選定、プロトタイプの開発が行われた（図2-10、図2-11）。

図2-10 MODULUSHCAの規格化された設計と試作品コンテナ



出所：IPIC 2018, Graz工科大プレゼン資料より

図2-11 MODULUSHCAのデータ連携・活用イメージ

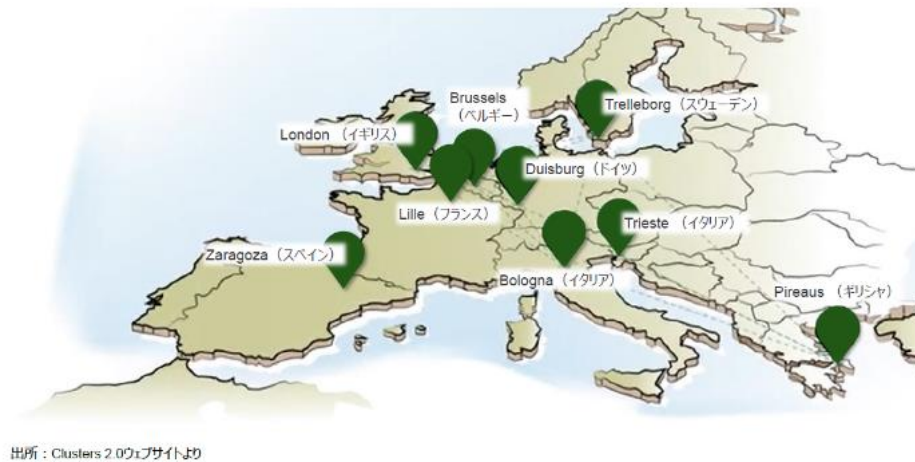


② Clusters2.0

2例目は、Clusters2.0（クラスター2.0）プロジェクトである。EU各地にある既存の物流集積拠点を活用し、フィジカルインターネットを想定した物流網の集約化を実証するプログラムである。

このプロジェクトは、2017年から2020年にかけて10か国29団体が実施主体となり、欧州各国の9つの物流ターミナルが参画した（図2-12）。ターミナルにおける必要な機能を基に、コンテナ・ハブの機能や情報連携方法の検証が行われた。

図2-12 Cluster2.0の実証実験対象拠点



本プロジェクトは、2050年までに輸送距離300km以上の貨物の50%を鉄道輸送にシフトすることをターゲットに定めた。トラック輸送を鉄道にシフトする際の障壁の1つが、ハブに集約された貨物をトラックから鉄道に載せ替える積替作業の効率化であり、インターモーダルに必要な、積替に適したコンテナ・ハブ・情報連携の在り方の確立を目指した（図2-13、次頁図2-14）。

図2-13 輸送容器、マテハンの規格化



図2-14 鉄道・トラックの積替技術検証



また、多数の企業が参加することを前提とし、情報連携のための専用システム CLuCS(Cluster Community System)を構築し、各企業が自社システムから接続することにより、ペーパーレス化、手続のシームレス化、荷物及び手続のリードタイムの短縮を図った。

③ ICONET

3例目のICONET(アイコネット)は、フィジカルインターネット・サービスを支えるICTインフラの整備を狙いとしたプロジェクトである。物流の実輸送データの蓄積を活用し、コンピュータ上で物流ネットワーク構成の最適化や異常時の代替輸送ルート設定等を行うものである。

2018年から実運用のケーススタディを議論し、P&Gやポルトガルの小売SONAE社を含む11カ国17団体が参画した。小売業や加工食品、飲料・日用雑貨等のメーカーに加え、自動車部品の事業者等もターゲットにして研究・実証実験を実施した。

本プロジェクトの課題意識は、コンテナの規格化や積替拠点の整備等フィジカルな部分の議論が進む一方で、多数のステークホルダーが参画した際のビッグデータを活用できるIT基盤についての議論が欠如していることであった。したがってICONETでは、ITインフラとして必要な機能・データ構造のフレームワークを定義した。

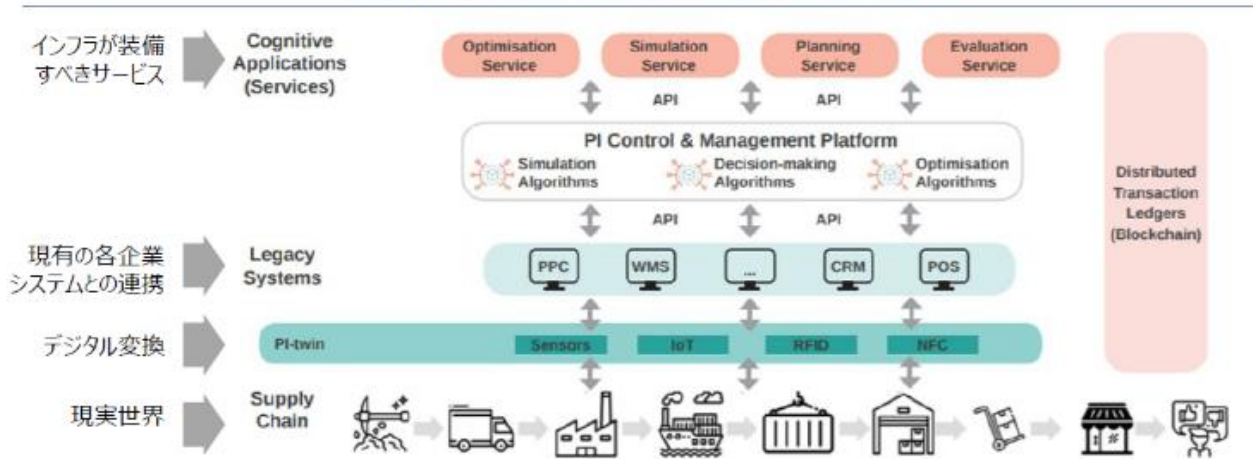
本プロジェクトでは、現実世界の情報をデジタル化・データ化してサイバー空間で再現し、現状の物流サービスの最適化及び改善策を分析し、最適なサービス要件の再定義や、状況変化における対応策、計画の立案、及びそれらの評価を実施した。

同時に、空運で導入されている世界中が統一システムで連携され追跡情報が得られるようなIT基盤を検討した。台風や地震等の災害時の代替ルートの選定やリアルタイムでの顧客への情報連携を可能にし、陸海空運を連携させるIT基盤の構築を研究した(次頁 図2-15)。

また、モノと同時にブロックチェーン等を用いて着荷時に決済まで完了する金流についても言及している。

図 2-15 ICONET で構想する情報連携の基盤

フィジカルインターネット制御・管理用ICTインフラの概念的な骨格



出所：ICONET ウェブサイトより

3. フィジカルインターネットが実現する社会のイメージ

フィジカルインターネットが実現した場合、それはどのような価値をもたらし、どのように社会を変えるのか、以下において検討する。

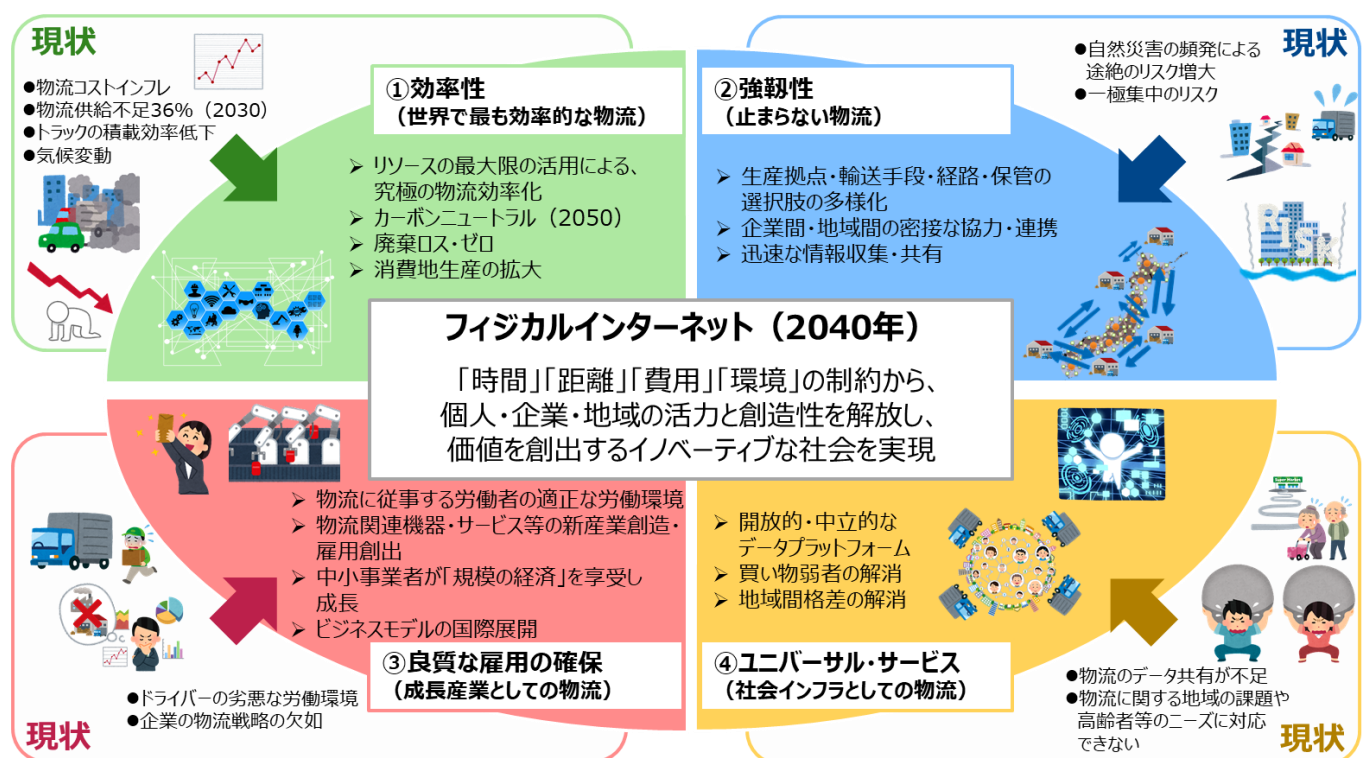
なお、2. (2)において、フィジカルインターネットの実現イメージを素描したが、これはあくまで概念的な理念型であって、実際には、「コンテナ」「ハブ」「プロトコル」といった基本要素については程度の差はあれ共有しつつも、輸配送される商品や業種の特長、あるいは地理的特長等を反映した多様なフィジカルインターネットの型があり得るものと考えられる。

また、フィジカルインターネットが参照したデジタルインターネットの進化とそれがもたらした社会の変化がそうであったように、フィジカルインターネットもまた、それに参加するすべての人々の創意工夫によって、新たな物流サービス等、様々なイノベーションが生み出され、予想もしなかったような進化と発展を遂げる可能性もあると考えられる。

以上に留意した上で、我が国においてフィジカルインターネットが実現した場合の社会イメージを想定するならば、それは、次の4つの価値をもたらすものと考えられる(図3-1)。

前述の解説と重複する部分もあるが、フィジカルインターネットが実現する社会をより具体的に解説していく。

図3-1 フィジカルインターネットが実現する価値



① 効率性 (「世界で最も効率的な物流」)

フィジカルインターネットは、物流関連のリソースを最大限に活用することを可能にするものであり、究極の物流効率化と言ってよい。フィジカルインターネットは、物流クライシス、物流コストインフレをもたらした構造問題を抜本的に解決し、我が国の経済活動を物流課題による制約から解放する。

物流の効率化は言うまでもなく、輸送部門の温室効果ガスの削減にも寄与する。究極の物流効率化であるフィジカルインターネットは、2050年のカーボンニュートラルの実現にも大きく貢献する（参考事例：＜別紙B＞）。

フィジカルインターネットは、フィジカル（物理的）な世界とデジタルインターネット上に広がるサイバー空間とを融合させることで、従来の物流の枠を超えて、物流のみならず、生産も含めたサプライチェーン全体の変革をもたらす。例えば、調達・生産・物流・販売の各領域と包装・輸送・保管・荷役・流通加工及びそれらに関連する情報の各機能のデータを連携させ同期化させることで、最適なサプライチェーンマネジメントが可能になる。消費地までの最適な物流を考慮した生産拠点の柔軟な配置も追求できる。これをさらに発展させて、消費者情報・需要予測を起点に製造拠点の配置も含めて最適化する「デマンドウェブ」を形成すれば、「売れないモノは作らない、運ばない」ということが可能になり、もはや廃棄ロスの問題は過去のものとなる。消費地で生産したり、究極的には、3Dプリンタのようにモノの輸送をデータ通信に置き換えたりすることで、「モノを運ばない流通」という選択肢もあり得るだろう。

② 強靱性（「止まらない物流」）

フィジカルインターネットは、生産拠点・輸送手段・経路・保管・販売・消費に関する多様な選択肢を与えるものである。また、フィジカルインターネットは、関係各主体間のデータの共有・連携を前提とするものであり、迅速な情報の収集・共有や企業間さらには地域間の密接な協力・連携を可能にする。さらに、各輸送手段が柔軟に有効活用されることで、トラック以外の輸送手段の選択、内航船や鉄道等の各輸送手段そのものが活性化するとともに、需要に応じて現場での雇用が維持され、多様な物流の選択肢が安定的に確保される好循環が生まれる。

このことは、物流の強靱性を飛躍的に高める。すなわち、災害その他の不測の事態が生じた場合であっても、瞬時に状況を把握し、輸送手段や経路、場合によっては生産拠点を迅速に変更することで、サプライチェーンの寸断を回避し、継続的な物資の流通が可能になる。

我が国は、自然災害の多い国土であり、これまでも東日本大震災等においてサプライチェーンの寸断や混乱を経験してきた。しかし、フィジカルインターネットを実現することができれば、我が国は、「止まらない物流」を手に入れることができる。

③ 良質な雇用の確保（「成長産業としての物流」）

フィジカルインターネットは、徹底した効率化と労働環境の改善を通じて物流分野における必要な人手の確保に資するとともに、物流コストインフレや物流クライシスといった課題を解消し、経済成長を促進することで、新たな雇用をも創出する。

まず、フィジカルインターネットは、ユニットロードやEDIの仕様等、モノ・データ・輸配送条件を含む業務プロセスの標準化を徹底するものであることから、現状の各種要素の非統一に起因する物流現場の作業負荷は大幅に軽減され、物流に従事する労働者の労働環境は大きく改善する。特に、新型コロナウイルス感染症の流行等社会環境の大きな変化の中で、社会インフラたる物流事業に従事する労働者の重要性が大きく見直されたところであるが、フィジカルインターネットにより、抜本的な物流の効率化が図れば、ドライバー不足の解消に加え、労働生産性の向上を通じた企業の成長や従業員の賃金の増加等好循環を生み出すことが期待できる。

こうした労働生産性向上による好循環や自動化・機械化等による労働環境の改善を実現することが、トラックドライバーをはじめとする物流の担い手の安定的な確保につながり、結果的に産業構造の不均衡による不健全な物流コストインフレの抑制にもつながっていく。

また、近年、物流を巡る様々な課題に対するソリューションの需要が増大し、マテハン機器市場の成長、配送ロボットの実用化に向けた動きの加速、スタートアップ企業等による求貨求車マッチングや倉庫シェアリングといった新たなサービスの展開等の動きが顕著になっている。我が国の物流システムを刷新するフィジカルインターネットは、こうした変化をさらに加速し、物流関連機器やサービス等の新たな国内産業の創出を促す。加えて、我が国においてフィジカルインターネットが確立されれば、それをビジネスモデルとして海外に輸出するという事も視野に入る。高度化された物流が輸出産業となるのである。こうした様々な分野での新産業の創出が、各方面で新たな雇用を生み出していく。また、我が国がフィジカルインターネットを実現し、それが少子高齢化社会においても持続可能な物流システムであることを示すことは、同じく少子高齢化問題を抱えている国々のモデルともなる。各国でフィジカルインターネットが実現し、経済が成長するならば、それは我が国の輸出市場が拡大するという事にもなる。

さらに、フィジカルインターネットは、物流リソースに乏しい中小企業や個人であっても、一定の要件を満たせば、全国さらには国際的な調達・販売が現在よりはるかに容易になる等、物流にかかる「規模の経済」の享受を容易にし、ビジネスの機会を拡大する。いわば、誰であっても、どこにいても、市場に参入し、他の事業者や消費者と、サイバー空間のみならずリアル空間においてもつながることができるようになるのである。こうして、フィジカルインターネットは、中小企業の成長や起業の可能性を高め、経済全体を活性化することで、多方面での雇用の確保にもつながっていく。

以上を要約すれば、フィジカルインターネットは、これまでの「物流＝コスト」という通俗観念を覆し、我が国の産業競争力の源泉となる「成長産業としての物流」を実現し、物流業界のみならず社会全体での良質な雇用の確保・創出に貢献すると言える。

④ ユニバーサル・サービス（「社会インフラとしての物流」）

フィジカルインターネットは、企業や業界の垣根を超え、物流リソース、機能、情報を共有・共用するデータプラットフォームの形成を要するが、このデータプラットフォームは、開放的・中立的な社会インフラとして機能するものとなる。

効率的で円滑な物流を可能にすることで、少子高齢化に伴って懸念される買い物弱者の問題や、地域間格差の問題を解消する。また、輸送資源の乏しい地域においても、フィジカルインターネットのデータプラットフォームと接続することによって、貨客混載等地域の輸送資源の効率的な活用に寄与することが期待される。フィジカルインターネットは、ユニバーサルな物流サービスを提供する社会インフラとなる。

なお、フィジカルインターネットが実現する上記の価値を「持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）」に照らしてみると、フィジカルインターネットは、SDGsの17の目標のうち、8の目標（保健、エネルギー、成長・雇用、イノベーション、不平等、都市、生産・消費、気候変動）の達成に寄与するものであることが分かる（次頁 図3-2、図3-3）。









したがって、フィジカルインターネットの実現は、国際社会が目指すSDGsの達成のための有力な手段としても位置づけることができる。

図3-2 持続可能な開発目標（SDGs）におけるフィジカルインターネットの貢献項目（青枠内）



ロゴ：国連広報センター作成

図3-3 持続可能な開発目標（SDGs）に対してフィジカルインターネットが実現する価値

持続可能な開発目標（SDGs）	フィジカルインターネットが実現する価値
 目標③ 保健 あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を促進する	<ul style="list-style-type: none"> ・ 食料品等生活必需品や医薬品・医療器具等の低廉かつ迅速な配送 ・ 交通事故の削減
 目標⑦ エネルギー すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する	<ul style="list-style-type: none"> ・ トラックの積載効率の飛躍的な向上等、リソースの最大限の活用による物流におけるエネルギー効率の劇的改善
 目標⑧ 成長・雇用 包摂的かつ持続可能な経済成長及びすべての人々の完全かつ生産的な雇用と働きがいのある人間らしい雇用（ディーセント・ワーク）を促進する	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造的な物流制約の解消による持続的な成長の実現 ・ 物流に従事する労働者の適正な労働環境の実現 ・ 物流関連機器・サービス等の新産業創造・雇用創出 ・ フィジカルインターネット・ビジネスモデルの国際展開
 目標⑨ イノベーション 強靱（レジリエント）なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの推進を図る	<ul style="list-style-type: none"> ・ 災害等の不測の事態でも止まらず産業を支える、強靱なインフラとしての物流システムの構築 ・ 構造的な物流制約の解消によるイノベーションの促進
 目標⑩ 不平等 各国内及び各国間の不平等を是正する	<ul style="list-style-type: none"> ・ 買い物弱者の解消 ・ 物流の地域間格差の解消
 目標⑪ 都市 包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する	<ul style="list-style-type: none"> ・ 災害等の不測の事態でも止まらず生活を支える、強靱なインフラとしての物流システムの構築 ・ 貨物車両の流入の適正化による都市・居住環境の改善 ・ 物流の地域間格差の解消による一極集中の是正
 目標⑫ 生産・消費 持続可能な生産消費形態を確保する	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製造-物流-販売-消費までの全体を最適化 ・ 廃棄ロスの解消（ムダを運ばない、ムダを作らない）
 目標⑬ 気候変動 気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる	<ul style="list-style-type: none"> ・ 究極の物流効率化による温室効果ガスの劇的削減（カーボンニュートラル）

フィジカルインターネットがもたらす新たな社会について、約言すれば、「『時間』『距離』『費用』『環境』の制約から、個人・企業・地域の活力と創造性を解放し、価値を創出するイノベーターな社会」と言うことができる。

フィジカルインターネットは、事業者だけでなく生活者・消費者もユーザーとなる。フィジカルインターネットの実現による未来社会をより具体的な例によって描くとすれば、以下のようになる（図3-4；第3回実現会議河合・村上委員提出資料より抜粋）。ただし、今後のイノベーションやニーズの変化に伴って、社会イメージについても変化していくであろう。

図3-4 フィジカルインターネットが実現した社会イメージの例（下記の例①～⑤）

例① 消費者



- 初老の女性、カワイハナコ
- 東京23区在住、夫婦2人暮らし
- 割とアクティブだが、面倒臭がり屋なところもある
- 珍しいものが好き
- 健康維持に心がけている
- 筋力、体力の衰えを感じる今日このごろ

フィジカルインターネットの実現

- 生鮮品や嗜好品は自分で見て選んで買うことが多い
- 日用品、消耗品はオンラインで手軽に
- 買い物に出かける時は複数店舗を回って楽しむ。すぐに必要なものは手持ちで持ち帰り、それ以外の物は宅配で、できるだけまとめて宅配される。
- 地域宅配のサブスクリプションを利用しており、月額固定料金で一定量までは気軽に宅配サービスが利用できる。
- 急ぐものには特急料金を支払う。それ以外のは最遅配送日で商品を組み合わせて宅配されるようポータルサイトで調整し商品まとめて受け取ると、地域で使えるエコポイントがもらえる。
- たまったエコポイントで、庭の草むしりを1時間やってもらってスッキリ良い気分になる。

例② 小規模事業者



- 40代前半、カワバタチアキ
- 京都府木津川市と東京都墨田区に事業拠点
- 木津川市では主にプレス加工を手がける工場を経営
- 墨田区では中小企業の現場カイゼンコンサルティング事業
- 日本全国の元気な中小零細企業との人脈を持つ
- 日本のモノづくり活性化に使命感を持って活動している
- そもそもいいモノ、いいコトを人に紹介するのが大好き

フィジカルインターネットの実現

- 日本全国のニッチないモノを国内外に販売するオンラインショップを運営している
- 自社で在庫は保有しないが、オンラインショップには当該ショップで購入可能なリアルタイムの在庫量が表示される
- 販売価格はメーカーの設定した最低価格を参考にショップが決定し、商品が売ればmax(最低価格, 販売価格)x0.3を得る
- ショップの利用者は購買状況に応じて付与されたポイントを、ショップ内での買い物や、ショップ利用者限定の工場見学会やものづくり体験会、整理整頓セミナーへの参加に使用できる。
- 顧客は決済後、ショップと連動したPIプラットフォームより商品の配送について他のショップでの購入品などと合わせて決定する

例③ 空き店舗



- 郊外にある商店街の空き店舗
- 以前は2階に住む老夫婦が駄菓子屋を営んでいた
- 駄菓子屋の頃は、小学生が集まって賑やかだったが、たたんでからは立ち止まる人もおらずひっそりとしていた
- 数ヶ月前、娘から電話があり、PI中継地点として活用を開始することとなる。
- 娘がWi-Fiとタブレットを購入し、セッティング完了
- 老夫婦は店番を任された

フィジカルインターネットの実現

- 朝7時から夕方5時までの契約で店を開店している
- タブレットの指示に従って、ケースを店に並べるのが仕事だ
- 商店街の顔見知りや、駅前のスーパーの店員などがしばしば店を訪れて、用意されたケースに品物を入れて行く
- 人が訪れるたびに少し雑談をしたりするのが楽しい
- 近くの大学に通う大学生が、自転車でケースを受け取りにきたり、空のケースを置いて行ったりする。老夫婦の健康を気にかけてくれる優しい男子学生だ。
- 最近の売れ筋について商店街の店主同士が情報交換をしたことがきっかけで、今度スーパーとも共同して夏のイベントを行うことになったらしい

例④ 中小スーパーマーケット



- 東京都足立区にある地域スーパーの3代目、ハシモトダイゴ（42）
- 入社したばかりの頃は太田市場で野菜を買い付け、地場の運送会社に配送してもらっていた。
- 売上規模がそこそこのので、配送時間は比較的遅い方だった。生鮮、ドライ、チルドなど朝はメーカーごとに次々とトラックが来るので、渋滞が起き、近所から苦情を言われることも多かった。
- 高知のなす、宮崎のピーマン、香川のレタス、北海道のジャガイモなど全国の産地から安くいい品物を目利きするものの、基本的にはどのスーパーでも品揃えは似たり寄ったりなので、コストを下げて価格で勝負していた。

フィジカルインターネットの実現

- 昨年、大手スーパーのサトーナノカドーの物流センターを系列外のスーパーも使えることになった。さらに、うちの取引先の食品メーカーが共同配送を始めることになり、これまで仕入れ（ロットや物流の手間）を理由に扱えなかった菓子メーカーの商品も棚に並べられるようになった。
- 茨城や千葉の新規就農の農家がつくる顔が見える野菜もこの物流センターに集まるので、店の中に直売コーナーを作った。土がついた野菜を展示したり、農家が試しに育てた珍しい野菜を並べるとお客様の反応が良い。
- 物流トラックはかご台車やリターナブルな折りたたみコンテナが中心になり、段ボール処理の手間が少なくなった。
- トラックでドライ品とチルド品の混載も始まり、トラックの来店が減ったので近所からのクレームも激減した。
- 買い物を楽しくなったとお客から言われる。買いすぎってしまったお客様、ご高齢のお客様向けに、後からお届けサービスを充実させた。
- お米や水、トイレトペーパーなど定番商品は、月ぎめサービスを利用するお得意様会員も増えており、これらはセンターから顧客宅に直送される。
- 最近は大手ドラッグストアが薬や食品と一緒に届けるサービスも始めているので、近所にできた訪問看護ステーションと協力して地域住民のQOLを向上させるようなサービスを検討したいと思っている。あらたなチャレンジになるかもしれない。

例⑤ トラックドライバー



- 関西在住の大型トラックドライバー ミタタケシ (59)
- 10tトラックで工食用資材を中心に運搬するのが仕事
- 大阪で荷物を積み、東北エリアに届けていた。東北から空荷で東京まで戻り、東京から大阪へ帰便の積荷を確保する行程には1回で3~4日かかるのが常だった。
- 渋滞を避けるため、深夜の走行が中心。家族ともなかなか会えず、トラックの中で寝る生活。サービスエリアの設備整備が進められていたとは言え、食事も車内、シャワーは2日に1回ということもざらにあり、心身ともにすり減らされる生活だった。
- 若くて体力があるうちは良くても、年齢が上がると徐々にこの生活は厳しくなるだろうと思っていた。

フィジカルインターネットの実現

- 今では、静岡のクロスドック物流センターまで荷物を運び、その先は違うトラックにリレーする連携輸送に切り替えた。
- タブレット端末の扱いを覚え、荷物の管理が楽になった。朝大阪を出れば静岡には昼過ぎに着く。クロスドックセンターで帰便の荷物(家電と自動車部品)を積んで帰る。
- 荷物の積み下ろしを自分でやる必要はなくなり、積み替えにかかる時間は正味30分ほどになった。その日のうちにルートに沿って、大阪の家電量販店の物流倉庫と自動車工場に荷物を届ける。
- 静岡まで届けた荷物は翌日には東北に着くらしい。
- すっかり泊まりの勤務はなくなり、毎日家に帰るようになったので、トラックで寝ていた頃が懐かしく思い出されるときもある。家族との時間も増え、休日にも睡眠の確保より、体を動かそうと地域の水泳教室に通い始めた。
- 以前のような過酷な労働ではなくなり、給与も上がったので、年齢も上がってきたが、今後もトラックドライバーの仕事の続けたいと考えている。

4. フィジカルインターネット実現に向けたロードマップ

フィジカルインターネットを我が国において実現するため、2040年を目標年次として、実現に向けたロードマップを示す（図4-1）。

図4-1 フィジカルインターネット・ロードマップ



ロードマップ上の各項目についてはそれぞれ関連しており、フィジカルインターネットの実現のためには、各項目の取組を連動して進めることが重要となる。各項目の解説は、以下のとおりである。

I. 輸送機器（自動化・機械化）

【現状】

日本における国内貨物輸送量（トンベース）の分担率は、営業用と自家用をあわせたトラックが91.9%を占めている¹⁰。また、1. で示した厳しい労働環境だけではなく、少子高齢化も伴って、構造的なトラックドライバー不足の状況が続いており、トラックドライバーの平均年齢は全産業平均以上のペースで増加している。他方で、1. でも述べたように、トラックの積載効率については、2020年度には38.2%と40%を切った状態が続いており、その改善に当た

っては、共同輸配送やリードタイムの長期化等の取組が求められる¹¹。また、トラック台数やCO₂排出量の削減の観点からは鉄道や海運へのモーダルシフトも有効な手段であり、流通業務の総合化及び効率化の促進に関する法律（平成17年法律第85号）に基づくモーダルシフト等推進事業による支援等、様々な取組を実施し、これを推進しているところである。なお、国内のモーダルシフトについては、総合物流施策大綱（2021年度～2025年度）において、2025年度までに、鉄道による貨物輸送量を209億トンキロ（2019年度184億トンキロ）、海運による貨物輸送量を389億トンキロ（2019年度358億トンキロ）という指標を示している。

【ロードマップ解説】

輸送機器の将来的な自動化・機械化に向けて、政府内でも既に様々な検討が進められており、これらの社会実装・サービス展開が、自動化・機械化の前提となる物流リソース・データの標準化を進めるとともに、企業や地域の枠を超えたシェアリングを促進する。

具体的には、ITS¹²・自動運転に係る政府全体の戦略である「官民ITS構想・ロードマップ」（2021年6月15日）においては、物流サービスに関連して「高速道路でのトラックの自動運転実現」等が示されているほか、移動サービスとして「限定地域での無人自動運転移動サービス実現」に向けた取組の方針が示されている。

また、低速・小型の自動配送ロボットについては、現行制度（道路運送車両法・道路交通法）には位置付けられていないが、自動配送サービスを早期に実現するため、2022年の通常国会に関連法案を関係省庁より提出することとしている¹³。

ドローンについては、離島や山間部等における輸配送の効率を向上させることで、物流網の維持や買物における不便を解消する等生活の利便性の維持等が図られることが期待されている¹⁴。また、2021年通常国会での航空法改正により2022年12月までにレベル4飛行（有人地帯（第三者上空）での補助者なし目視外飛行）が可能となる予定である。

ドローン宅配や自動配送ロボットは、地域が抱える課題解決に資する先進的な物流サービスの提供が可能であり、「デジタル田園都市国家構想」における施策としても位置付けられている。

また、物流MaaS¹⁵の実現に向けて、荷主・運送事業者・車両の物流・商流データ連携と部分的な物流機能の自動化を組み合わせつつ、例えばトラックデータ連携や積替拠点の荷役の自動化・標準化等、協調領域での物流課題解決や付加価値向上に資する取組を進めていく。

ただし、こうした輸送機器の活用が広く進むためには、適切なインフラ整備を行う必要があることについての指摘もある。それぞれの輸送機器に係る社会実装の動向を踏まえ、フィジカルインターネットにおける活用を進めていく必要がある。また、トラックの自動運転実現やドローン等の社会実装を進めるだけでなく、他の既存の輸送手段（鉄道、船舶等）の活用がトラックドライバー不足の緩和や温室効果ガス排出量の削減に有効であるとの指摘もあり、引き続き、モーダルシフト等の取組を進めていくことが重要である。

¹¹ 総合物流施策大綱（2021年度～2025年度）

¹² Intelligent Transport Systems（高度道路交通システム）の略。

¹³ 新しい資本主義実現会議 緊急提言 ～未来を切り拓く「新しい資本主義」とその起動に向けて～（2021年11月8日）

¹⁴ 空の産業革命に向けたロードマップ2021（2021年6月28日）

¹⁵ Mobility as a Service の略。

II. 物流拠点¹⁶（自動化・機械化）

【現状】

物流施設は主に保管、荷役、梱包・包装等の機能を担っており、従来の物流ネットワークにおいては、「保管場所」としての役割が大きかったが、近年、リードタイムの短縮、多頻度小ロット化、宅配の増加等から、貨物の回転増加・小口化が進展し、物流施設での荷物の積込・積卸や仕分けといった「荷役機能」の重要性が高まっており、人手不足の下で荷役の効率化、自動化が求められている。今後は、トラックドライバーの長時間労働解消のため、複数の物流事業者でリレーしながら担う中継輸送ネットワークの拠点としての役割が一層期待される。

これらの物流施設での作業において、格納の自動化としての自動倉庫に加え、荷役の自動化としての無人フォークリフト・AGV等の自動搬送機器、パレット積み付けやロボット等の自動化機器の活用や、トラックのバース予約受付システム等のデジタル技術の導入が進んでいる。しかし、自動化・機械化にはパレット・ケース等の標準化、一貫パレチゼーションの確保が必要であり、投資効果を享受するには、一定以上の定常的な作業量に対して機器を効率的に稼働させることが必要となるため、その水準を満たすのは大規模な物流施設が中心となっている。また、自動化機器への高い機能要求や各事業者での不統一なシステムが、導入コストが嵩んでしまう要因となっている。こうした問題意識の下、民間主導の協議会¹⁷にて自動化機器を導入・稼働しやすい環境整備に向けて標準化を主軸に検討を開始したところである。

【ロードマップ解説】

物流現場においては、手荷役等に加え、書面による業務が多く行われている。そこで、「物流の2024年問題」をはじめ「物流クライシス」が懸念される2030年度までのおよそ10年間を、物流DXの「集中投資期間」と位置付け、荷受け・配送管理業務でのデジタル化、手続の電子化による入出庫業務の効率化、AIやIoT等の先端技術による物流施設全体の可視化やマテハン導入等による業務効率化を強力に推進する。

これまで、自動化機器の促進につながるロボットフレンドリーな環境構築を目指して、民間主導の協議会において標準化・規格化に向けたルール形成が進められてきた。さらに、企業の垣根を超えて物流機能や情報がつながるようになると、業務プロセスは単純化・定常化が可能となる。こうして、自動化・機械化が加速し、物流現場における省力化が実現し、物流の結節点となる物流拠点の装置産業化が進展する。

加えて、こうした、自動化機器やシステムの安全・安定稼働に当たっては、保守やトラブル対応といった機能の維持のみならず、技術の進化に応じてバージョンアップしていくライフサイクルサポートの観点が必要である。このライフサイクルサポートには、企画開発から生産、販売・物流・情報基盤の構築、使用支援・保全、改廃といった要素を含んでおり、後述する「垂直統合」とも密接に関連する。

装置産業化が進展すると、現時点では主に個社間にとどまっている荷物と物流施設のマッチングがより広範に活用されるようになる。各種の「物流・商流データプラットフォーム」の発達・相互連携に伴って、保管や輸送ルートを選択肢が多様化し、中継輸送のネットワークが拡大することで、物流拠点はよりオープン化されたハブ拠点として強化される。他方で、こうしたオープン化に当たっては、維持費用等のコスト負担の方策が解決すべき課題となる。

¹⁶ 本文において、「物流拠点」はより広範にフィジカルインターネットにおける貨物の積替等を行う結節点となるハブ機能を有する拠点として記載している。

¹⁷ ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会（RRI）のロボット実装モデル構築推進タスクフォースに、2021年度から物流倉庫テクニカルコミッティー（TC）が設置された。

2030年代には、人が介在しない完全自動化された物流拠点の登場がより現実的なものとなる。完全自動化の拠点には自動化設備を管理・保守するためのスタッフは常駐するものの、基本オペレーションは作業者を全く必要としないことになる。完全自動化の拠点では全てのプロセスや設備、商品位置情報が可視化され、各種の「物流・商流データプラットフォーム」を介し、サプライチェーン全体でリアルタイムに情報が同期・連携される。

Ⅲ. 垂直統合 (BtoBtoC の SCM)

【現状】

サプライチェーンマネジメント (SCM) は、実行・計画・戦略の各層においてサプライチェーンの上流から下流まで (部品生産→調達物流→生産→販売物流→販売) の流れや各機能を、企業内の部門はもちろん企業の枠も超えて、データとして可視化し、リアルタイムに共有化することで、需要と供給のギャップを迅速に解消することを目指すものである。そのような SCM は、デジタル化によって、海外では既に現実化しつつある。

しかし、我が国は、このようなデジタル化された SCM の展開において遅れをとっているのが現状である。多くの企業が、老朽化した IT システム (レガシーシステム) に依然として依存し、企業間はおろか、1社内の部門ごとの連携・統合ですら十分に出来ているとは言い難い。

とりわけ物流に関しては、サプライチェーン全体を通して、「業務プロセスが標準化されていない」、「物流事業者の作業負荷を大きくする商取引慣行が存在している」、「パレチゼーション等ユニットロードシステムが構築されていない」、「店着価格制 (商品価格と物流コストとを分離せずに納品価格とする方式) のために物流コストが可視化されない」等、効率化を阻害する問題が山積している。

【ロードマップ解説】

日本の企業にまず求められるのは、物流を含む SCM を中心に据えた経営戦略を構築し、サプライチェーン上の各部門や各企業のデータや機能の連携・統合を進めることであり、そのためにデジタル化及びその前提となる標準化を推し進めることである。なお、物流を含む SCM に関しては、BtoC の販売物流、BtoB の調達物流、さらに循環経済 (サーキュラーエコノミー) の観点からも、再利用可能な資源や余剰製品・部素材を適正に収集・運搬する静脈物流まで包含することが重要である。また、SCM のデジタル化の前提として、レガシー・システムの刷新を終えている必要がある。

その上で、フィジカルインターネットの実現に向けた第一歩となる物流標準化については、後述する「官民物流標準化懇談会」において長期的視点でその課題や推進方策を議論・検討し、関係者の具体的な取組を促すとともに、各企業においても、一貫パレチゼーションを徹底し、ユニットロードシステムの確立を目指す。

また、2030年度までに、業界内や企業内に残る各種の商取引慣行について、物流コストを可視化しやすくしたり、リードタイムの延長等により物流事業者の作業負荷を軽減したりするよう、是正を進める。そのために、パレチゼーションの徹底によるユニットロードシステムの確立や、業界内の関係者間による協力のもと、具体的なアクションプランの策定及び実行が必要となる。その際、業種分野横断的な現場オペレーションの改善や業務の標準化という現場レベルの視点が重要となる。

以上の取組が奏功して、サプライチェーンが合理化され、さらに生産と物流の連携・統合が加速していくと、2030年代には、サプライチェーンは「デマンドウェブ」へと進化する。デマ

ンドウェブとは、消費者情報・需要予測を起点に、製造拠点の配置も含め、サプライチェーン全体を最適化したシステムであり、このデマンドウェブ上では、トラック等の輸送機器や倉庫等の物流拠点のみならず、一部、製造拠点を共有化されているので、「売れないものは作らない、運ばない」ことが当然となり、戦略的立地や製造面の工夫により輸送量を減らすことがロジスティクス戦略の一つとなる。

なお、こうしたサプライチェーン、さらにはデマンドウェブの生産性、安定性、信頼性を長期的に維持し続けるためのライフサイクルサポートの体制もまた、同時並行的に構築される。

IV. 水平連携（標準化・シェアリング）

【現状】

物流現場においては、配送先、荷量、品目、荷姿等にかかる各種情報の非統一を起因とする負担が発生している。現状では、我が国の物流現場におけるスキルやノウハウのレベルが総じて高いことから、機械やデジタル技術に頼らずとも荷主が求めるサービス水準を維持できていたが、今後、労働力不足が深刻化する中であっても物流機能や高度なサービス水準を維持するためには、物流効率化に向けた事業者の連携・協業を円滑にするための整備として、共同化・自動化・データ化等の前提となるハード面・ソフト面・業務プロセス面の標準化が必要不可欠である。

こうした問題意識の下、産学官連携で、長期的視点で物流標準化の課題や推進方策を議論・検討するため、2021年6月に「官民物流標準化懇談会」を設置し、第1回懇談会を開催した。さらに、その際の議論を踏まえ、まずは先行的に物流資材（パレット等）の標準化について検討を行うべく、同年に「パレット標準化推進分科会」を開催したところである。

また、物流の効率化に向け意欲的な取組が進められている加工食品分野においては、2020年3月に物流標準化についてのアクションプランをとりまとめ、2021年6月にはそのフォローアップ会を実施した。

今後、加工食品及びそれ以外の分野においても課題を整理し、業種分野ごとの標準化の取組を推進するとともに、業界及び業種横断的な物流標準化に向けた検討を一層進めていく必要がある。

【ロードマップ解説】

物流を構成する各種要素の標準化を進めるためには、物流に関わる全てのステークホルダーが、各種要素の非統一に起因して発生する物流現場の負担を明確に認識し、その改善に向け、附帯作業の明確化等商取引慣行の見直しを行うとともに、ユニットロード等のハードの標準化や、EDIの仕様等のソフトの標準化に連携して取り組むことが必要である。

データ連携を実現する場合には、識別コードの標準化が大前提となるため、商品・場所・事業者（受発注先、納品先、請求先）・資産等の様々な対象を、世界中で他と重複しないユニークなIDで識別する必要がある、対象にIDを付けることから全てが始まる¹⁸。この点で2.（4）①で示したMODULUSHCA等のデータ連携・活用イメージは参考になるだろう。また、企業間の情報交換で使用するEDIシステムを構築する際、取引先ごとに個別にメッセージ仕様や体系を決定するのではなく、各社が「物流EDI標準メッセージ体系」を導入することが重要である。

パレットや、通い箱を含むフィジカルインターネットコンテナ（PIコンテナ）をはじめとする物流資材の標準化についても官民物流標準化懇談会をはじめとする場で議論を進め、標準の

¹⁸ GS1 Japan Review 2020.6 創刊号「当団体が推進するGS1システムの現状と今後の展望」

選定・普及を行う。以上のような、現存する標準の普及や、標準化に向けて必要となる取組を、業界横断的に進めていく。取組の推進に当たっては、多くの参加者が使用することにより標準の意義が拡大していくことを踏まえ、多数の標準が濫立されることのないよう、中心となる実施主体やモニタリング手法についても合わせて検討していく。

その一方で、業界レベルで取り組むべき商取引形態や物流に関わる業務プロセスを含む各種標準化やシェアリングについても、まず業種別のアクションプランに則って推進する。ただし、これらの業種別のアクションプランは、最終的に目指す地点が業種の壁、さらには国境をも越えた標準化やシェアリングであることを念頭に置いて、作成される。

こうして物流の効率化に向けた素地が形成されていくことにより、「企業・業種の壁を超えた物流機能・データのシェアリング」が広がっていく。2026～2030年度には、まず業界内や地域を軸とした取り組みやすい活動単位で実現していく。とりわけ、地域社会内のネットワークを活用した地域内の物流の水平連携は、フィジカルインターネットのプロトタイプとして大いに期待される。こうした業界内や地域内の取組は、2031年度以降から、業界間、地域間さらには国際的な連携へと発展していく。

なお、シェアリングの実施に当たっては、先述の物流EDI標準等をベースとし、業務プロセスやコード体系等の標準を定めた「SIPスマート物流サービス 物流標準ガイドライン」を活用することが効果的である。

V. 物流・商流データプラットフォーム

【現状】

物流管理を行うに当たり、これまでも、民間主体の倉庫管理システムや輸配送管理システムといった物流管理システムが整備されてきたが、システムのデータ形式や仕様が違うため、輸配送情報や在庫情報等を電子的に相互利用しにくい等の要因により、全体として見た場合、物流の効率性が損なわれている面がある。

近年では求貨求車マッチングや倉庫シェアリング等を提供するスタートアップ企業も登場し始めている。

他方で、複数のプラットフォーム間の相互接続性・業務連続性の確保が課題となっており、今後は、企業・業界の枠を超えて物流をデータでつなぐことにより、今まで連携の進んでいなかった事業者間での効率的な共同輸配送等による積載効率の向上や、データ連携の不足によって生じていた非効率を解決する新たなサービスの創出等、ステークホルダー全体にとってのメリットの実現を目指していくことが求められる。こうした状況を踏まえて、政府では、事業者間での共通ルール化や物流に関するデータ連携基盤の構築に向けた取組を展開しているところである。

【ロードマップ解説】

近年では、業界ごとのサプライチェーンの特徴を活かした民間主体の物流管理プラットフォームが整備されているが、今後さらに各種プラットフォームビジネスが発達していく。他方で、SIPスマート物流サービスにおいて、複数のシステムを相互接続するとともに、標準化され可視化されたデータを相互に利活用することにより、ステークホルダー全体がメリットを享受できる共通プラットフォームとして開発中の「物流・商流データ基盤」の本格的な運用もこれから始まる。相互接続性の観点から、各種プラットフォームの運用に当たっては、前述した

「SIP スマート物流サービス 物流標準ガイドライン」等、グローバル化をにらんだ国際標準の活用が進んでいく。

2026年度以降には、これらのプラットフォームが相互に連携することにより、物流現場における業務が高度化し、中小事業者も含む幅広い事業者が参画できシームレスにデータ連携できる物流が実現する。その際、プラットフォーム間の自動的・自律的な調整を行う「自動交渉」の技術が、プラットフォーム間の連携を促進する。

さらに、2031年度以降になると、生産・出荷・販売といった情報だけでなく、決済・保険等の金流や気象情報、交通情報等物流・商流を超えた様々なデータを連携した業種横断のプラットフォームが構築され、スマートシティ等隣接領域の取組とも連携が図られていく。

VI. ガバナンス

【現状】

我が国では、主に貨物利用運送事業者が、荷主と物流事業者との需給のマッチングの役割を果たしてきた。近年では、物流の需給逼迫を背景に、スタートアップ企業等が、求貨求車マッチングや倉庫シェアリングといったサービスを提供するプラットフォームを展開するようになっており、フィジカルインターネットの萌芽が現れつつあると言えるが、これらは未だ小規模の物流スポット市場（＝複数の荷主と複数の物流事業者の需給マッチングを行う市場）の段階にとどまっている。

【ロードマップ解説】

2025年度までの物流政策は、総合物流施策大綱（2021年度～2025年度）に沿って行われる。特に、2024年度からトラックドライバーに対して、時間外労働の上限規制が適用されるに当たり、物流における働き方改革が進む。

また、2025年度頃までは、物流機器の発達、物流拠点の展開、垂直統合、水平連携が進行するのと並行して、求貨求車マッチングや倉庫シェアリングといったサービスを提供するプラットフォームが発達し、物流スポット市場が成長していく。また、「国際フィジカルインターネット会議」等において国際的な議論が実施されているが、フィジカルインターネットについて横断的に研究・議論を行う国内の枠組みとして、フィジカルインターネットを推進する中立的な民間団体を組成する動きもある。

2026年度以降になると、各種の物流・商流プラットフォームは大規模化し、相互に連携していき、フィジカルインターネットの実現に向けた全国規模のエコシステムが姿を現し始める。

このエコシステムは、基本的には、主に民間のイニシアティブによって自生的に形成されていくものである。他方で、フィジカルインターネットの健全な発展のためには、民間における自主的なルールか、政府による取決めかを問わず、何らかのルール形成が必要になってくる可能性がある。例えば、計画的な物流調整のメカニズムをどのように構築するか、プラットフォームの公平性・開放性をどのように確保するか、プラットフォームを利用する場合の費用と利益のシェアリングはどうあるべきか等のルールが想定される。特に、SDGsの実現に資するよう、プラットフォームが生み出す便益を社会に広く公平に配分するゲイン・シェアリングのルールも求められよう。

こうしたルールは、フィジカルインターネットの実現の進捗状況に併せて検討され、形成されていく。また、今後、物流機器や物流拠点といったハードから、シェアリング・ビジネスと

いったソフトまで、イノベーションが起きた場合には、そのイノベーションを社会が受容できるようにするための規制の改革も必要に応じて進められる。

また、フィジカルインターネットの実現に関連する様々なプラットフォームの形成に対しては、投資の効果をより高めるために、物流事業者、荷主企業、スタートアップ、金融機関等、多様な事業主体による投資を相互に連結するスキームを確立することも必要になろう。

VII. その他

以上のとおり、2040年度までのフィジカルインターネット実現に向けてのロードマップを素描してきたが、実際にフィジカルインターネットを社会に実装していくには、これらに加えて、さらに解消すべき課題が残されている。例えば、ハブとして機能する物流拠点の設計（規模や在庫機能の有無等）、多様な商品特性、静脈物流等を考慮した共同輸配送の設計、フィジカルインターネットの下での物流事業者のビジネスモデルのあり方、また、それを運用していく人材の育成等が、今後、検討すべき論点であろう。さらに、フィジカルインターネットの形成が進むにしたがって、新たな課題が浮上する可能性もある。

また、フィジカルインターネットは、消費者に多大な便益をもたらすものではあるが、持続可能な開発目標の達成という観点から見ると、消費者には、単にその利便性を享受するだけでなく、環境や社会に配慮した消費行動を能動的にとる必要もあろう。

今後、ロードマップの進捗に併せて、こうした諸課題を、関係者間でひとつひとつ検討し、克服していくことが重要である。

5. パフォーマンス

我が国において、フィジカルインターネットがロードマップに従って実現するとした場合、パフォーマンスの指標を、経済効果及び温室効果ガス排出量の削減効果とし、それぞれ、以下のとおり設定する。

① 経済効果

＜別紙A＞の試算に従い、フィジカルインターネットの形成過程の2030年において7.5～10.2兆円、フィジカルインターネットが完成した2040年には11.9～17.8兆円の経済効果がもたらされるものとする。

なお、フィジカルインターネットは、個人・企業・地域の活力と創造性を解放することから、現時点では予測不能なイノベーションや起業等をもたらし、それがさらなる経済効果を生み出す可能性が十分にある。また、フィジカルインターネットのシステムの輸出が我が国にもたらす利益、さらにはその輸入国の市場がフィジカルインターネットによって成長することで貿易量が拡大する可能性等も考えられる。これらの可能性を考慮するならば、上記の試算を上回る経済効果も期待できる。

② 温室効果ガス排出量の削減効果

地球温暖化対策計画（令和3年10月22日閣議決定）において、運輸部門のエネルギー起源CO₂が2030年度において、2013年度比▲35%とされていることに鑑み、フィジカルインターネットの形成の進展とその他の取組があいまって、2030年度において、物流におけるエネルギー起源CO₂が2013年度比▲35%削減されるものとする。

さらに、我が国が2050年カーボンニュートラルを宣言していることに鑑み、2040年のフィジカルインターネットは、2050年カーボンニュートラルの実現に寄与するものとする。（参考事例：＜別紙B＞）

③ その他

フィジカルインターネット形成の加速期において構築されるデマンドウェブは、例えば、食品関連事業に適用された場合、食品ロスの削減に大きく寄与する。こうしたことから、食品ロスに関するパフォーマンスの指標については、「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」の基本方針（令和元年7月）において設定されている目標に鑑み、フィジカルインターネットの形成及びその他の取組によって、食品関連事業者から発生する事業系食品ロスが2030年度までに2000年度比で半減するものとする。

このほか、フィジカルインターネットは、3. で論じたような様々な価値を実現するものと想定されるが、それらの価値に関するパフォーマンスの指標のあり方については、今後の検討を要する。

6. おわりに

フィジカルインターネットは、およそ 10 年前に海外で研究が開始され、欧州では民間団体である ALICE によってロードマップが策定されているが、政府レベルで策定されたものとしては、おそらく、本「フィジカルインターネット・ロードマップ」は世界初の試みであろう。

近年、フィジカルインターネットに対する関心は国際的にも高まっており、その萌芽とも言うべき取組も見られるものの、依然として構想の段階にとどまっている。しかし、フィジカルインターネットの着想にインスピレーションを与えたインターネット通信が世界を大きく変え、様々なイノベーションや新産業を生み出したことを思い起こすならば、フィジカルインターネットもまた、大きな変革をもたらすだろうと想像できる。その可能性を考えるならば、我が国がフィジカルインターネットの実現に遅れをとった場合の機会損失は、計り知れない。すでに物流クライシスが顕在化していることを鑑みれば、なおさら深刻な事態が予想される。逆に、我が国が、世界に先駆けてフィジカルインターネットを実現するならば、経済的に大きく飛躍する機会が開けるだけでなく、持続可能な社会を実現する物流システムのモデルを示すことで世界をリードする立場を得るだろう。

フィジカルインターネットの実現に向けてのロードマップは示された。より重要なのは、今後、これを実行に移していくことである。

フィジカルインターネットの実現は、基本的には、民間が主体となって進められるものであるが、標準化をはじめとして、様々なステークホルダーの連携・協調が重要となる領域が広く、こうした協調領域に関しては、民間団体さらには政府が主導的な役割を果たす必要がある。例えば、物流クライシスが深刻化する 2030 年までは、官民連携により、本ロードマップに従った業種別のアクションプランを策定し、標準化をはじめとする各種の取組を徹底的に進めることが望ましい。特に物流に関する標準化に関して我が国は遅れがちであるが、これはフィジカルインターネットの実現のための大前提であり、極めて重要であることを改めて強調しておきたい。

また、政府は、本ロードマップに従って、各種の施策を有機的に連携させ、民間の取組を効果的に支援すべきである。あわせて、本ロードマップの進捗のモニタリングを行い、必要に応じて施策の強化やロードマップの改訂を行うべきである（具体的体制については<別紙C>参照）。

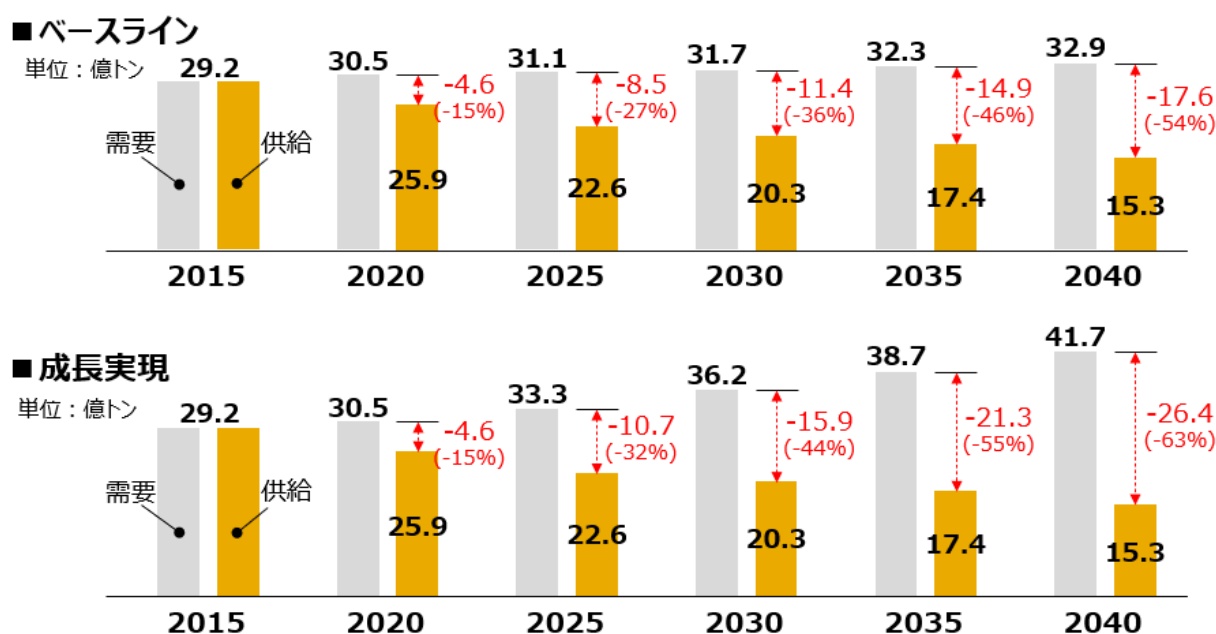
<別紙A>経済効果の試算

1. 営業用貨物自動車の物流需給バランスの推計

営業用貨物自動車の需給バランスについては、(公社)日本ロジスティクスシステム協会(以下「JILS」と表記)が2020年2月に発表した『ロジスティクスコンセプト2030』における「輸送需給に関わる動向」の計算方法を参考とし、同資料中で設定する実質GDP成長率を「ベースライン」シナリオ、内閣府「中長期の経済財政に関する試算」の成長実現シナリオにおいて設定する実質GDP成長率を「成長実現シナリオ」として推計を行った。

1. で論じた「物流クライシス」の状況に対して、共同輸配送やモーダルシフト等といった対策を行わなかった場合、「ベースライン」シナリオにおいて、2030年に11.4億トン(35.9%)、2040年に17.6億トン(53.5%)が、需要に対する供給量の不足と推計された。また、「成長実現」シナリオの場合、需要がベースラインより増加するにも関わらず、供給量は増加しないため、より需給ギャップ量は大きくなり、2030年に15.9億トン(43.9%)、2040年に26.4億トン(63.3%)の供給不足に陥ると推定される(図A-1)。

図A-1 営業用貨物自動車の需給ギャップ推計



出典：JILS「ロジスティクスコンセプト2030」p.13-15

※ベースラインの2030年までの数値はJILS推計を使用、それ以外はKPMGにて試算

※需要はGDPの成長率をもとに推計、供給量は国勢調査に基づく運転従事者の人数をもとに推計

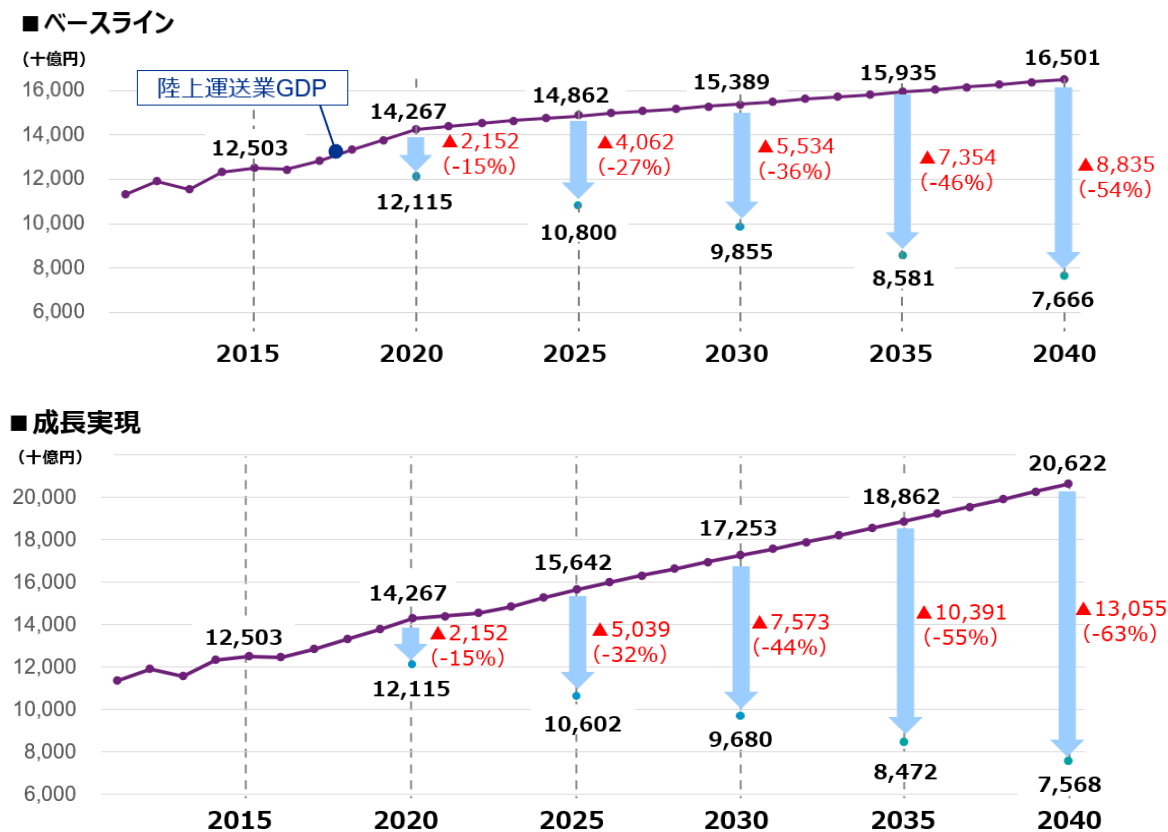
2. 供給制約によるGDPの押し下げ影響推計

陸上運送業のGDPは2019年時点で約13.8兆円である¹⁹。全産業GDPに連動して陸上運送業のGDPが成長するとした場合、「ベースライン」シナリオにおいては、2030年には15.4兆円、2040年には16.5兆円の規模に成長する。他方、1. で推計したとおり、何らかの対策を講じなかった場合には供給面の制約によりこの成長が阻害される。輸送量の需給ギャップの比率をGDP額にあ

¹⁹ 内閣府発表「SNA産業連関表(2019年)」より、「59.陸上運送」の「付加価値額」

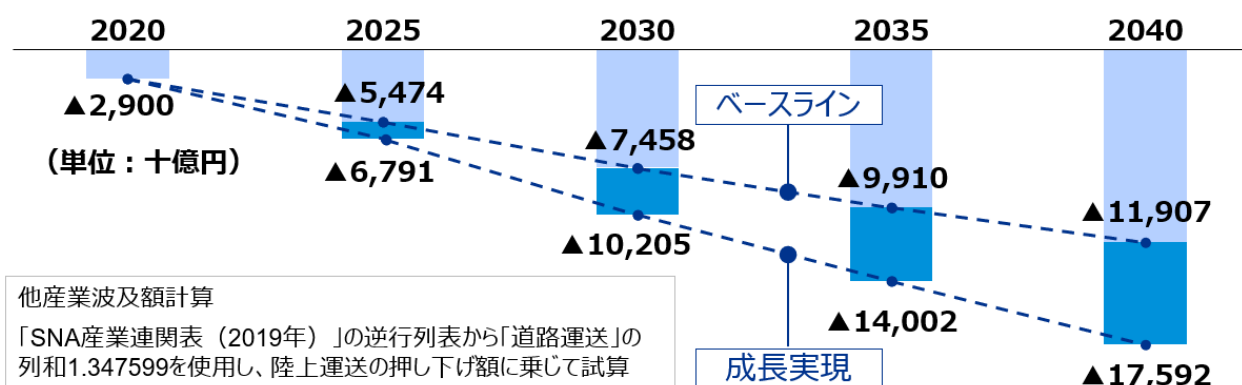
ではめると、2030年には36%にあたる5.5兆円、2040年には54%にあたる8.9兆円が押し下げられることとなる。また、同様の推計を「成長実現」シナリオにおいて行くと、2030年には7.6兆円、2040年には13.0兆円のGDPが押し下げられることとなる（図A-2）。

図A-2 陸上運送業のGDP押し下げ額推計



また、陸上運送業の供給制約によるGDPの押し下げは、陸上運送業のみならず、関連する他の産業に対してもマイナスの影響を与えることになる。関連業種も含めたGDPの押し下げ影響について、内閣府発表の「SNA産業連関表（2019年）」を用いて推計を行った結果、2030年で7.5～10.2兆円、2040年には11.9～17.6兆円のGDP押し下げ影響が見込まれる（図A-3）。

図A-3 他産業の影響を含んだGDP押し下げ額推計



<別紙B>フィジカルインターネット実現による環境負荷低減の事例

本文中に記載のとおり、フィジカルインターネットの形成過程において、2030年度において、物流におけるエネルギー起源のCO₂排出量が2013年度比で35%削減されるものとしている。

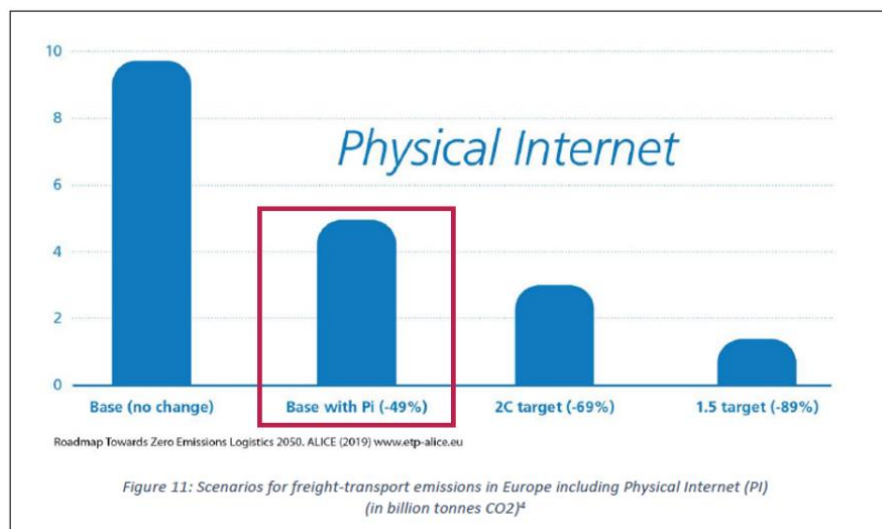
以下、フィジカルインターネットに資すると考えられる取組により、物流におけるCO₂の削減を実現した、もしくは実現しようとしている事例を紹介する。

1. 海外における取組事例

欧州では、2013年に設立されたALICEにより温室効果ガス排出削減に向けたサプライチェーン部門の取組が推進されている。ALICEの設立当初の目標は「2030年に運輸部門の温室効果ガス排出量を30%削減する」というものであった。しかし、低公害車や省エネルギー技術等のイノベーションを待ってでは目標の達成に間に合わない²⁰という認識のもと、現有の物流リソースを最大限に活用することで、増加する輸送需要に対してCO₂の排出を抑制するというものである。

ALICEでは、フィジカルインターネットの目的である積載効率の向上、直行輸送の増加、モーダルシフト (better fill-rate, more direct shipments, and modal shift) を実装することで、温室効果ガスの排出量を49%削減することが可能と試算している (図B-1)。

図B-1 欧州ALICEによるCO₂削減効果分析



出典：ALICE (2020) 「Roadmap to the Physical Internet」

特に、欧州においてはフィジカルインターネットの形成によって、鉄道貨物を物流ネットワークへ効率よく組み込むこと、及びトラックの積載効率を高めることで、トラックの総走行距離を減らし、CO₂の削減目標を達成するという手法が試みられている。

例えば、フランスの大手小売Casino社とCarrefour社、及び両社のサプライヤー100社が参加した共同輸配送の実証実験では、商品輸送の50%が道路から鉄道に移行し、総輸送トンキロの15%削減、積載効率は65%から85%へ上昇することで、温室効果ガス排出量の60%削減が実現すると見込まれた²¹。

²⁰ ALICE (2019) 「Roadmap towards zero emissions logistics 2050」

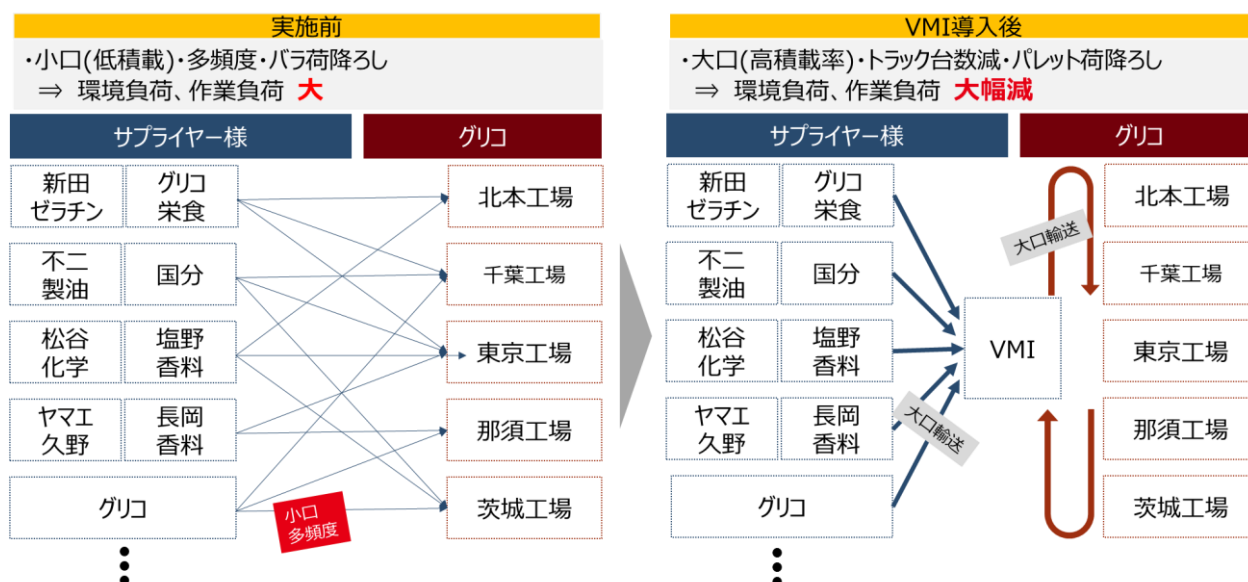
²¹ ALICE (2020) 「Roadmap to the Physical Internet」

また、欧州の物流スタートアップ企業 Mixmove 社と大手化学品メーカー 3 M社の EMEA（欧州・中東・アフリカ）部門は、ソフトウェアを活用した輸送ネットワークの最適化の取組を行った。従来、当該地域の 3 M社の製品輸送においては、6 万種類の商品が様々な荷姿で取り扱われており、物流施設によって使用する TMS が異なっていたこともあって効率的な輸送マネジメントができず、トラック及びコンテナの積載効率は 35%~45%に過ぎなかったが、この取組により、Mixmove 社のソフトウェアによる最適化を用いて、使用する物流施設と輸送キャリアを適切に選択することが可能となった。結果として、トラックの積載効率を 90%にまで高め、CO₂ 排出量を 50%削減した²²。

2. 日本国内における取組事例

フィジカルインターネットのコンセプトに近い日本国内における取組として、共同配送・共同倉庫利用の推進により、CO₂ の削減を実現した事例がある。江崎グリコ株式会社（以下、グリコ）は、関係サプライヤー各社からの輸送について、かつては必要な時に必要量だけを発注し納品を行っていたため、小口多頻度で作業負荷・環境負荷の大きな輸送となっていた。この解決のために、グリコとサプライヤー各社が共同で利用できる物流センター（VMI：Vendor Managed Inventory）を導入し、サプライヤーからの輸送に関しては、今後の原料使用計画に基づき VMI センターへの大口補充をおこない、各工場への輸送は VMI センターから高積載率の共同配送により実施することとした（図 B-2）。その結果、輸送トラック台数を大幅に削減し、CO₂ 排出量を 75%従来よりも削減している。この取組は、2020 年度のグリーン物流優良事業者表彰において、「経済産業大臣表彰」を受賞している。

図 B-2 江崎グリコ株式会社と関係サプライヤー各社による取組の概要



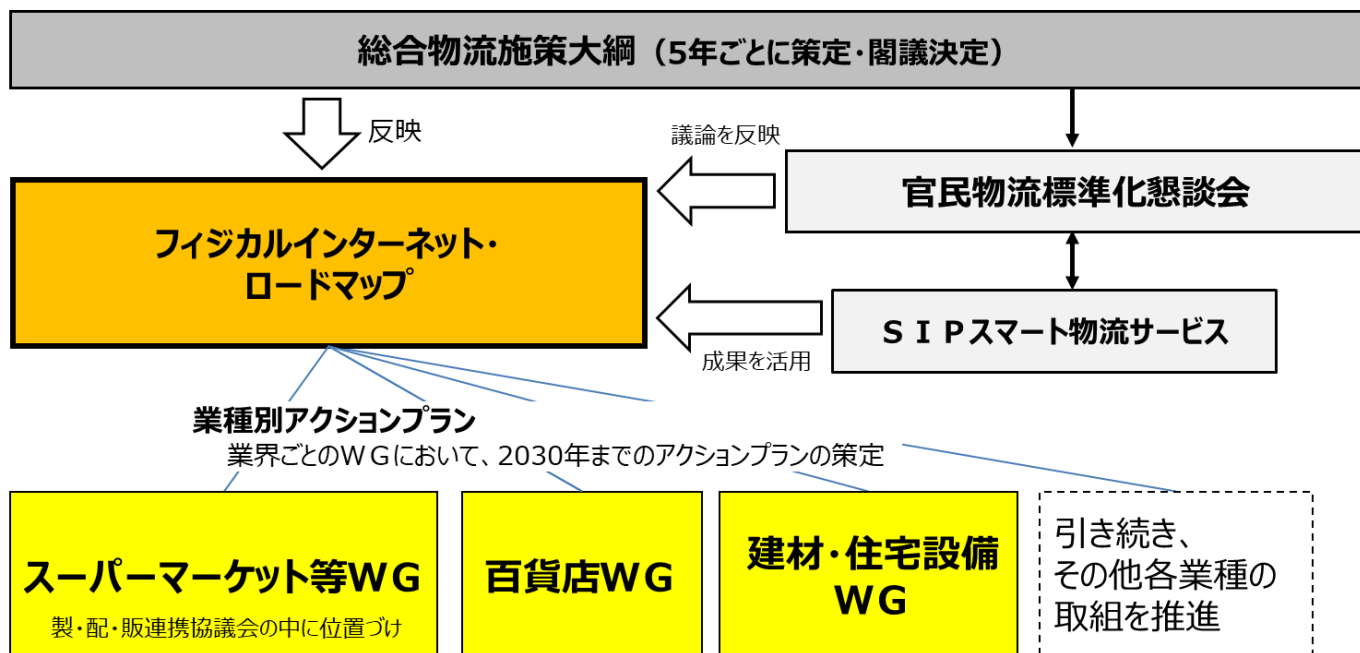
出典：経済産業省 HP (<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201211007/20201211007.html>)

²² Mixmove 社 事例紹介 WEB ページ (<https://www.mixmove.io/utilization-of-logistic-assets-3m>)

<別紙C>フィジカルインターネット・ロードマップの実施体制

フィジカルインターネット・ロードマップを実行に移していくためには、各種施策を有機的に連携させていくとともに、必要に応じて施策の強化やロードマップの改訂を行っていくことが重要である。ロードマップの実施体制やロードマップへの反映等を想定する主な指針等は、図C-1のとおりである。

図C-1 フィジカルインターネット・ロードマップへと反映する指針等



1. 総合物流施策大綱

総合物流施策大綱は、物流施策・物流行政の指針を示し、関係省庁が連携することで施策の総合的・一体的な推進を図るものであり、1997年以降、概ね5年ごとに策定されてきた。現行の「総合物流施策大綱（2021年度～2025年度）」（令和3年6月15日閣議決定）は、2025年度までを対象年度としている。また、今後の総合物流施策大綱における施策の方向性についても、ロードマップへ反映していく。

2. 官民物流標準化懇談会

官民物流標準化懇談会は「総合物流施策大綱（2021年度～2025年度）」の柱の一つである「物流DXや物流標準化の推進によるサプライチェーン全体の徹底した最適化（簡素で滑らかな物流の実現）」に関して、物流標準化の現状と今後の対応の方向性について関係者が集まり議論・検討することを目的として、2021年6月に設置されており、同懇談会での議論を受けて、パレット等に係る標準化についてまずは先行的に議論するための「パレット標準化推進分科会」が設置されている。フィジカルインターネット実現に向けた標準化の方向性については、官民物流標準化懇談会における議論を踏まえ、ロードマップへ反映していく。

3. SIP スマート物流サービス

また、2018年度から実施されている内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 2期の「SIP スマート物流サービス」においては、物流・商流データ基盤を構成する要素基礎技術の開発や、データ収集技術の開発が行われている。さらに物流・商流データ基盤内で取り扱うデータの標準形式としての「SIP スマート物流サービス 物流標準ガイドライン」が2021年10月に策定されている。この物流・商流データ基盤は2023年度から本格的に社会実装することとしており、その成果はロードマップの実行に際しても活用される。

4. 業種別アクションプラン（業種別ワーキンググループ）

ロードマップに示す業界横断的な取組と並行して、業界固有の商慣行や物流課題に対応するため、業界の状況に応じた具体的な対応を進めていく必要がある。2021年度は、スーパーマーケット等WG、百貨店WG、建材・住宅設備WGを立ち上げた。これらのWGの成果として、2030年までの物流効率化に向けたアクションプランを策定しているところであり、引き続き、意欲ある業界における取組を後押しするとともに、他業種に展開可能なものについては積極的に横展開を図っていく。

フィジカルインターネット実現会議 構成員名簿

<委員> ※敬称略・五十音順

浅野 耕児	一般財団法人流通システム開発センター ソリューション第二部 部長
荒木 勉	上智大学 名誉教授
伊勢川 光	一般社団法人日本物流団体連合会 理事・事務局長
小野塚 征志	株式会社ローランド・ベルガー パートナー
加藤 弘貴	公益財団法人流通経済研究所 専務理事
河合 亜矢子	学習院大学 経済学部 教授
齋藤 弘憲	公益社団法人経済同友会 執行役
嶋崎 真理	一般社団法人日本倉庫協会 常務理事
土屋 知省	一般社団法人日本冷蔵倉庫協会 理事長
西岡 靖之	法政大学 デザイン工学部 教授
西成 活裕	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
橋本 雅隆	明治大学 グローバル・ビジネス研究科 専任教授
原島 藤壽	公益社団法人全日本トラック協会 物流政策委員会 副委員長
藤野 直明	株式会社野村総合研究所 産業ITイノベーション事業本部 主席研究員
北條 英	公益社団法人日本ロジスティクスシステム協会 理事
堀内 保潔	一般社団法人日本経済団体連合会 産業政策本部長
宮澤 伸	日本商工会議所 地域振興部長
村上 富美	株式会社日経BP 日経ビジネス編集部 シニアエディター
吉本 一穂	早稲田大学 創造理工学部 教授

<事務局>

経済産業省	商務・サービスグループ	消費・流通政策課	物流企画室
国土交通省	総合政策局	物流政策課	

<オブザーバー>

農林水産省	大臣官房新事業・食品産業部	食品流通課
経済産業省	製造産業局	ものづくり政策審議室