

JEITA

IT/IoTソリューションにおける CO2排出抑制貢献総量算定に関する調査報告書

2018年3月

一般社団法人 **電子情報技術産業協会**
グリーンIT推進委員会
IT/IoTグリーン貢献専門委員会

目次

はじめに.....	1
結果の概要.....	3
1 調査の背景と目的.....	5
1.1 経済成長と CO2 排出抑制への IT/IoT ソリューションの貢献.....	5
1.2 IT/IoT ソリューションによる温暖化対策の取り組み.....	6
1.3 これまでの CO2 排出抑制貢献定量化手法.....	7
1.4 本調査の目的.....	9
2 調査の進め方.....	10
2.1 IT/IoT ソリューションの抽出方法.....	10
2.2 CO2 排出抑制貢献量の推計方法.....	11
3 CO2 排出抑制に貢献する IT/IoT ソリューション分析.....	12
3.1 IT/IoT ソリューションの構成.....	12
3.2 Society 5.0 の 5 つの戦略分野.....	14
3.3 Society 5.0 の戦略分野における IT/IoT ソリューション.....	16
3.3.1 ①サプライチェーンの次世代化.....	18
3.3.2 ②健康寿命の延伸.....	21
3.3.3 ③働き手不足対策.....	23
3.3.4 ④移動革命の実現.....	26
3.4 CO2 排出抑制貢献.....	28
4 CO2 排出抑制貢献量の推計.....	29
4.1 推計の進め方.....	29
4.2 対象ソリューションの概要と環境貢献.....	32
4.2.1 工場可視化（工場内省力化、連携省エネ）.....	32
4.2.1.1 工場内省力化.....	32
4.2.1.2 連携省エネ.....	36
4.2.2 オンデマンド型製造・物流.....	41
4.2.3 輸送計画の効率化、集中配送.....	45
4.2.4 予知保全.....	49
4.2.5 （参考）輸送品質のモニタリング.....	52
4.2.6 カーシェアリング（・ライドシェア・オンデマンド交通）.....	55
4.2.7 宅配ボックス、ドローン／ロボットによる宅配.....	59
4.2.8 （参考）電気自動車.....	64
4.3 CO2 排出抑制貢献量の推計結果まとめ.....	68

5	今後の CO2 排出抑制貢献量の算定に向けて	72
5.1	「連携」評価の重要性	72
5.2	透明性確保に向けた定量化手法の明確化	72
5.2.1	新たに考慮が必要な効果	72
5.2.2	ソリューション導入対象の拡大	73
6	まとめ	74

はじめに

一般社団法人電子情報技術産業協会（JEITA）のグリーン IT 推進委員会は、環境と経済の両立を目指し、社会のエネルギー効率向上に資する IT/IoT ソリューション（製品、サービス）の導入促進を目的に活動しています。

IT ソリューションはこれまでも個別の業務や業種、エリア等限定された対象範囲に導入され、業務効率向上と共に環境負荷低減等でも貢献してきました。近年、IoT、ビッグデータ、AI、ロボットといった新技術が活用されるようになりました。これらの技術を活用した IT/IoT ソリューションは、様々なデータがビッグデータとなり、AI によって新たな価値が創造されることにより、企業間連携を促進し、業界やエリアの枠をも超えて世界全体に繋がり、新たな貢献をも提供するようになってきています。

IT/IoT グリーン貢献専門委員会では、こうした新たな産業構造の変革を背景に、IT/IoT ソリューションにおける CO2 排出抑制貢献総量算定を行いました。今回の算定では、特に IoT の活用が CO2 排出抑制貢献に資する革新的な事例を含む代表的分野等を抽出評価することにより、これまでグリーン IT 推進委員会が算定してきた IT ソリューション分野等に加え、さらなる CO2 排出抑制貢献が見込まれることが分かりました。本調査報告書は、その評価検討結果を取りまとめたものです。

IT/IoT ソリューションの社会への貢献は、範囲、量ともに拡大していくと考えられます。IT/IoT グリーン貢献専門委員会では、環境と経済の両立を目指し、社会に貢献できる IT/IoT ソリューションの導入促進に今後も取り組んでゆく所存です。ご支援、ご指導をいただければ幸いです。

2018 年 3 月

グリーン IT 推進委員会

IT/IoT グリーン貢献専門委員会

委員長 並 河 治

結果の概要

日本が進める Society 5.0 は、第四次産業革命のイノベーションを取り入れ社会課題を解決することにより、中長期的な経済成長を加速する取り組みである。一方、持続的成長の観点からは、それらのイノベーションがどのように環境負荷低減に貢献するかも重要である。そこで本調査では、Society 5.0 を実現する革新的な IT/IoT ソリューションを広範に調査すると共に、いくつかのソリューションによる CO2 排出抑制貢献量の将来推計を行った。

まず、Society 5.0 の5つの戦略分野のうち「サプライチェーンの次世代化」「健康寿命の延伸」「移動革命の実現」と、それらに共通するテーマである「働き手不足対策」について、革新的な IT/IoT ソリューションを広範囲に抽出した（表 0-1）。

IT/IoT ソリューションは、「省力化・効率化」「新しい価値創造」の両面の役割を担う。「省力化・効率化」は、工場・物流の最適化や製品ロスの削減などである。これは、エネルギー消費効率向上や資源消費・廃棄物の削減を通じて、環境負荷低減に貢献する。

一方、「新しい価値創造」の例として、シェアリング経済やオンデマンド型物流・製造など新しいサービスの構築を挙げることができる。これらは資産稼働率の向上や物流の最適化につながる場合があることから、やはりエネルギー・資源利用効率の向上などを通して、環境負荷低減に資すると考えられる。

表 0-1： 各戦略分野における IT/IoT ソリューション

(戦略) 分野	抽出した IT/IoT ソリューション	IT/IoT の役割		環境貢献
		省力化・効率化	新しい価値創造	
① サプライチェーンの次世代化	製造、物流、小売、アフターサービス等の 26 種のソリューション	工場の省エネ、工場間・事業者間の省エネ 食品ロス等の削減 在庫削減 事故や故障のリスク減少 機会損失の低減	需要に応じた生産・物流 従量課金 高品質な物流 ビジネスモデルの革新 マス・カスタマイゼーション	省エネ ロス削減（資源使用、廃棄物） 生産性向上（人の稼働）
② 健康寿命の延伸	住、介護、食、医療健康等の 17 種のソリューション	医療・介護従事者の労働負荷低減	高齢者の自立促進 予防医療、未病の早期発見 個別健康指導、食事指導 革新的な治療方法・医薬品、その低コスト化	生産性向上（人の稼働） 省エネ（移動）
③ 働き手不足対策	各産業の 21 種のソリューション	働き手の作業負荷軽減 人の代替、省力化	技能承継 人には向かない作業、危険な作業の実施	生産性向上（人の稼働） 省エネ（移動）
④ 移動革命の実現	モビリティ、宅配の 13 種のソリューション	燃費の向上 配達員の労働負荷低減	シェアリング経済 オンデマンド配達	省エネ（燃費、移動） 資源使用削減 生産性向上（人の稼働）

次に、「サプライチェーンの次世代化」「移動革命の実現」の主要な6種のIT/IoTソリューション（表 0-2）をピックアップし、CO2 排出抑制貢献量の将来推計を行った（図 0-1）。2013 年を基準年とし、2016 年、2020 年、2030 年における日本全体と世界全体の貢献量を推計した。従来の IT ソリューションで検討した貢献とは別に、新たに 2030 年に日本で約 600 万～1,900 万 tCO₂/年、世界で約 1.2 億～3.6 億 tCO₂/年の CO2 排出抑制貢献が期待できるとの結果が得られた。

表 0-2： 試算対象ソリューション一覧

（戦略）分野	IT/IoT ソリューション
①サプライチェーンの次世代化	「工場可視化（工場内省力化、連携省エネ）」「オンデマンド型製造・物流」「輸送計画の効率化、集中配送」「予知保全」（「輸送品質のモニタリング」）
④移動革命の実現	「カーシェアリング（・ライドシェア・オンデマンド交通）」「宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配」（「電気自動車」）

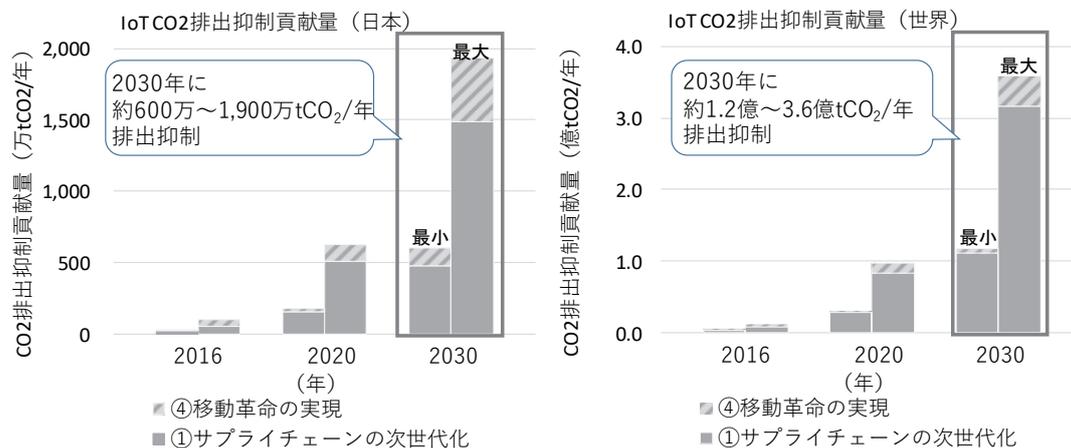


図 0-1： IT/IoT による CO2 排出抑制貢献量推計結果 （左）日本、（右）世界

最後に、IT/IoT ソリューションによる CO2 排出抑制を進めるための課題を検討した。

IoT ソリューションは、オンデマンド型物流や連携省エネなど、複数の事業者間の情報連携によって効果を発揮するソリューションが多い。このため、複数主体（事業者等）の連携による環境負荷低減を総合的に評価することが重要である。

また、今回の検討では、IT/IoT ソリューションによる新しい CO2 排出抑制にも着目した。例えば、食品ロス削減は、従来の IT ソリューションによる環境貢献評価ではあまり注目されてこなかった。このような新しい領域についても、今後さらに検討を進める必要があると考えられる。

1 調査の背景と目的

1.1 経済成長と CO2 排出抑制への IT/IoT ソリューションの貢献

平成 28 年 5 月、日本の地球温暖化対策を推進する「地球温暖化対策計画¹」が閣議決定された。この計画では、2030 年度の温室効果ガス排出量を 2013 年度比 26%減の水準にするとの中期目標が掲げられている。

また、2015 年 9 月に国連で採択された持続可能な開発目標（SDGs）では、広範な側面から持続可能な社会の実現が求められている。日本でも取り組みが検討され、2017 年 12 月には「SDGs アクションプラン 2018²」が公表されている。この中の優先課題の一つとして、省エネ・再エネ、気候変動対策、循環型社会がとりあげられている。

一方、日本では、IoT、ビッグデータ、人工知能（AI）、ロボットなどのイノベーションによる第四次産業革命の勃興を踏まえ、Society 5.0 の実現に向けた取り組みが始まっている。

Society 5.0 は、IoT、ビッグデータ、AI、ロボットなどのイノベーションを取り入れ社会課題を解決することにより、生産性を高め、新たな需要を創出して、中長期的な成長を加速することを目的としている³。IoT、ビッグデータ、AI、ロボットなどの技術を取り入れた新しいソリューションは、可視化や最適制御、シミュレーション、機械化・自動化など、デジタル世界と現実世界の連携を通して、生産性の向上や新しい需要の創出に寄与する。

同時に、これらの新しい技術には、温室効果ガス排出抑制などの環境負荷低減へも貢献することが期待される。これまでもエネルギー利用や資源利用の効率化、大気・水質保全などの広い領域でテクノロジーが活用されてきた。テクノロジーの活用により、経済発展と社会的課題の解決を両立（デカップリング）することが目標とされている。一例として、(一社) 経済団体連合会は、Society 5.0 の実現を通じた SDGs の達成を企業行動憲章改定の柱としている（図 1-1）。

¹ 「地球温暖化対策計画」（平成 28 年 5 月閣議決定）

² 「SDGs アクションプラン 2018」（<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/sdgs/pdf/actionplan2018.pdf>）

³ 「未来投資戦略 2017 —Society 5.0 の実現に向けた改革—」

Society 5.0 for SDGs

Keidanren
Policy & Action

Society 5.0は「課題解決」と「未来創造」の視点を兼ね備えた新たな成長モデル
さらには、国連で掲げられたSDGsの達成にも大いに貢献するもの



図 1-1 : 経団連の SDGs と Society 5.0 の取り組み⁴

これまで、温室効果ガス排出抑制や省エネルギーの促進を進めるうえで、IT 分野における省エネ（グリーン IT）に大きい貢献可能性があると考えられてきた。地球温暖化対策において IT 産業が社会に貢献できることとして、まず、生産活動に伴う排出抑制が挙げられる。これはあらゆる産業領域で取り組まれているが、日本の総排出量に IT 産業が占める割合は約 2%程度であり、その規模は限定的ともいえる。一方、社会に広く普及する様々な IT・エレクトロニクス機器の低消費電力化、さらに、IT ソリューションの活用によって社会全般のエネルギー利用の効率化を促すことは非常に大きな波及効果がある。この「IT 機器自体の省エネ（of IT）」と「IT による社会の省エネ（by IT）」の二つが、グリーン IT が担う役割である。すなわち、IT 産業は、残りの約 98% のエネルギーを使用している他の部門の温室効果ガス排出抑制に貢献することに、幅広い期待が寄せられている。

IoT を活用した新しいソリューションの普及拡大により、排出抑制の可能性はさらに高まる。IoT の適用領域は、物流、製造業、農業など、従来の IT ソリューションの導入で考えてきた領域よりも大きく広がっていることから、IT による社会の省エネ（by IT）の適用範囲は、今後飛躍的に拡大していくと予想される。

1.2 IT/IoT ソリューションによる温暖化対策の取り組み

これまで、（一社）電子情報技術産業協会（JEITA）では、環境委員会、旧グリーン IT 委員会、旧グリーン IT 推進協議会などの取り組みを通じて、温室効果ガスの過半を占める CO2 排出抑制に向けた IT ソリューションの役割について検討してきた。

⁴ 「企業行動憲章 行動の手引き（第7版）」（経団連）

まず、旧グリーン IT 推進協議会では、IT ソリューションによる CO2 排出抑制貢献の将来予測、貢献量の定量化手法の検討、電機・電子温暖化対策連絡会での調査に用いるメソドロジーの開発などの取り組みを進めた。

- ①2008 年度調査分析委員会報告書（日本語） 2009 年 6 月発行
- ②2020 年におけるグリーン IT の効果（日本語） 2010 年 5 月公開
- ③2009 年度調査分析委員会報告書（日本語） 2010 年 6 月発行
- ④FY2009 Green IT Promotion Council (GIPC) Summary for Survey and Estimation Committee of GIPC Report - Contribution of Green IT to Realization of a Low Carbon Society - （英語） 2010 年 6 月公開
- ⑤2010 年度調査分析委員会報告書（日本語） 2011 年 6 月発行
- ⑥電機・電子温暖化対策連絡会低炭素社会実行計画向け貢献量算出方法（日本語） 2012 年
 - ・ 付-20. 遠隔会議システム（ソリューション） Version 1.0
 - ・ 付-21. デジタルタコグラフシステム（ソリューション） Version 1.0
- ⑦調査分析委員会総合報告書（2008 年度～2012 年度）（日本語） 2013 年 2 月発行

また、旧グリーン IT 委員会では、多くの企業が活用できるように、ガイドラインとして、以下の冊子を公表した。

- ⑧IT ソリューションによる社会全体の省エネ貢献量 ～グリーン by IT 貢献量評価の考え方～（日本語・英語） 2013 年 2 月発行
- ⑨IT ソリューションによる CO2 排出抑制量定量化のためのフレームワークに関する報告書 ～ 算定・集計のアンブレラの手法 ～（2017 年 3 月発行）

さらに、環境委員会では、by IT による 2030 年の排出抑制ポテンシャルを検討した結果として、以下の報告書と冊子を公開している。

- ⑩『IT ソリューションによる温暖化対策貢献』 2016 年 11 月発行
- ⑪『IT ソリューションによる温暖化対策貢献調査報告書 -2030 年に向けた温室効果ガス削減ポテンシャル-』 環境推進委員会温暖化対策アピール調査 TF 2016 年 11 月公開

旧グリーン IT 委員会では、IoT 技術による CO2 排出抑制についても、平成 27 年度から検討を始めている。旧グリーン IT 推進協議会で検討した IT ソリューションによる CO2 排出抑制貢献量算定の考え方をベースとしつつ、IoT による新たな効果について IT/IoT によるグリーン貢献の見える化を検討し発信している。さらに、IoT の評価に係る課題を洗い出し、適切な評価手法の構築についても検討を進めている。検討の第一次報告として、物流・農業について検討した結果をとりまとめた。

- ⑫IoT 活用によるグリーン貢献に関する調査研究報告書 ～第一次報告 物流・農業～（2017 年 3 月発行）

1.3 これまでの CO2 排出抑制貢献定量化手法

IT ソリューションの導入は業務や活動の効率化を進め、加えて、そのことを通じて社会全体の環境問題の解決に貢献する可能性がある。例えば、テレビ会議を導入すると、直接的には会議出席者の出張が削減されるが、人の移動の削減や、自動車の移動量の減少などを通じて、波及効果

として CO2 排出量を抑制する効果があると考えられる。このため、温暖化対策において、IT ソリューションによる CO2 排出抑制貢献量算定の必要性が高まっている。こうした状況下で、旧グリーン IT 推進協議会は定量化手法の解説書を作成し、以降、複数の IT ソリューションベンダー等が貢献量の算定を試行してきた。

CO2 排出抑制貢献量に関する IT ソリューションがもたらす効果は、主に 7 種類（以下、「構成要素」という）が考えられる（表 1-1）。各構成要素において、IT ソリューション導入によって影響を受ける量（以下、「活動量」という）の導入前後の差と活動量を CO2 排出量に変換する係数（以下、「原単位」という）の積が CO2 排出抑制貢献量である。ここで、原単位は、活動量と CO2 排出量が比例すると仮定した場合の単位活動量当たりの CO2 排出量である。そして、計算した構成要素ごとの CO2 排出抑制貢献量を合算することで、当該 IT ソリューションによる CO2 排出抑制貢献量を算定することができる。

また、このような CO2 排出抑制貢献量を実際に算定する際には、シナリオの設定や計算に必要なデータ収集が難しい場合があることから、より簡易な算定方法の検討も進めてきた。

表 1-1： IT ソリューションによる効果を構成する要素とその算定式

構成要素	構成要素の対象	要素の算定式
① 物の消費量	紙、CD、書籍など	物の消費の削減量 × 物の消費の原単位
② 人の移動量	航空機、自動車、電車など	人の移動距離削減量 × 移動の原単位
③ 物の移動量	トラック、鉄道、貨物など	物の移動距離削減量 × 移動の原単位
④ オフィススペース	人の占有スペース（作業効率含む）、IT 機器等の占有スペースなど	削減スペース量 × スペース当りエネルギー消費原単位 * 削減スペースは、削減人数×1人当り占有スペース、又は削減機器台数×1台当り占有スペース
⑤ 倉庫スペース	倉庫、冷蔵倉庫など	削減スペース × スペース当りエネルギー消費原単位
⑥ 電力・エネルギー消費量 (IT・NW 機器)	サーバ、PC 等の電力消費量	電力消費変化量 × 系統電力の原単位 * 電力を CO2 換算する場合 * IT 機器の使用に伴うエネルギー消費を表しており、IT 機器の製造や廃棄に係るエネルギー消費を含めていない。
⑦ NW データ通信量	NW データ通信量	データ通信変化量 × 通信に係る原単位 * ネットワーク通信は、イントラネットを含まないインターネットによる通信に係るエネルギー消費としている。
⑧ その他	上記以外の活動	活動による変化量 × 変化量に対する原単位

1.4 本調査の目的

本調査の目的は、IoT、ビッグデータ、AI、ロボットなどの新しい技術を用いる IT/IoT ソリューションが、温暖化等の環境負荷低減に担う役割を明らかにすることである。そのために、Society 5.0 戦略分野の IT/IoT 革新的な事例の調査と、主要なソリューションの CO2 排出抑制貢献量の将来推計を行った。

本報告書では、2章で調査手法の概要、3章では Society 5.0 の戦略分野における IT/IoT ソリューションの環境貢献について記述する。4章では、抽出したソリューションの詳細を検討すると共に定量的な将来推計を行った。5章では、IoT ソリューションによる CO2 排出抑制貢献拡大に向けた課題について述べた。6章で調査の全体を取りまとめた。

2 調査の進め方

2.1 IT/IoT ソリューションの抽出方法

本調査における IT/IoT ソリューション抽出から定量的推計に至る調査検討の進め方を、図 2-1 にまとめた。

Society 5.0 は、IoT、ビッグデータ、AI、ロボットなどの新しいイノベーションを活用することにより、生産性を高め新しい価値を創造する取り組みである。そこで本調査では、まず、Society 5.0 の戦略分野のうち、「サプライチェーンの次世代化」、「健康寿命の延伸」、「移動革命の実現」について、関連する革新的な IT/IoT ソリューション事例を抽出した（「快適なインフラ・まちづくり」と「フィンテック」は含めなかった）。さらに、共通する課題として、「働き手不足対策」を検討対象に追加した。

まず、各分野において IoT ソリューション導入の背景、社会課題、期待される役割を整理するとともに、実際に研究・実証・上市されている 77 種類のソリューションを広範に抽出した。また、CO2 排出抑制貢献について定性的な検討を行った。

次に CO2 排出抑制貢献に資するソリューションが多いと考えられた「①サプライチェーンの次世代化」「④移動革命の実現」について、主要な 6 種類のソリューションを選択した。これらのソリューションを対象に、環境貢献の詳細検討を行うと共に、CO2 排出抑制貢献量の推計を行った。

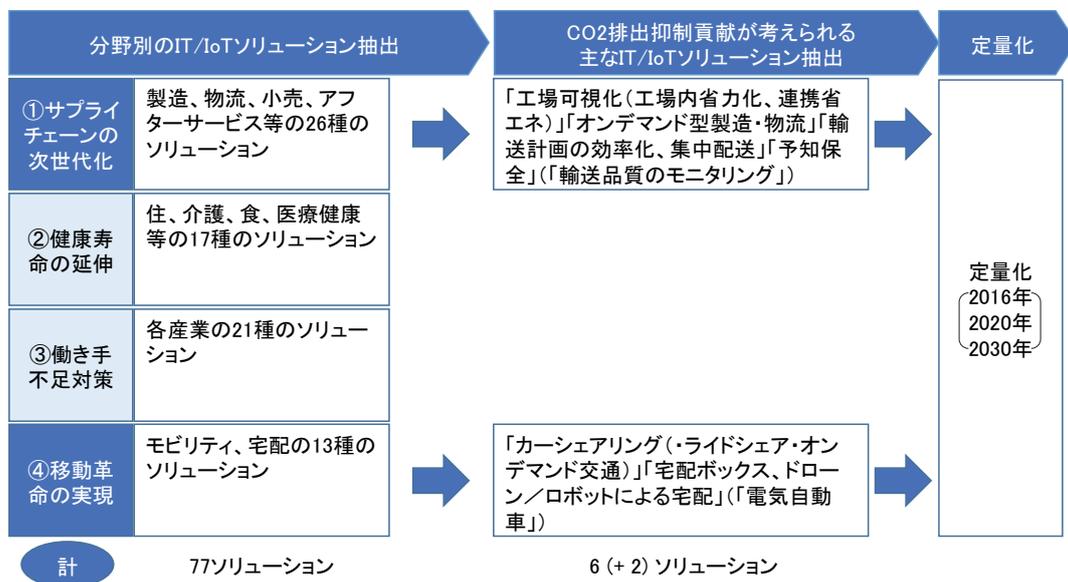


図 2-1: IT/IoT ソリューションの調査検討の進め方

2.2 CO2 排出抑制献量の推計方法

「①サプライチェーンの次世代化」「④移動革命の実現」において抽出した 6 種類のソリューションについて、CO2 排出抑制貢献量の定量的な推計を行った（表 2-1）。

表 2-1： 試算対象ソリューション

(戦略) 分野	IT/IoT ソリューション
①サプライチェーンの次世代化	「工場可視化（工場内省力化、連携省エネ）」「オンデマンド型製造・物流」「輸送計画の効率化、集中配送」「予知保全」（「輸送品質のモニタリング」）
④移動革命の実現	「カーシェアリング（・ライドシェア・オンデマンド交通）」「宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配」（「電気自動車」）

将来推計は、2013 年を基準とし、2016 年、2020 年、2030 年について実施した。ソリューション導入前（ベースライン）と導入後と比較し、期待効果を定量化した。

まず、対象とする 6 種類のソリューションについて、それぞれのソリューションの概要、具体的な導入事例、システムの概要等を取りまとめた。次に、CO2 排出量の増減が発生する要素を抽出すると共に、削減率と関係する数値を調べた。さらに、社会全体の貢献総量を推計するため、現時点の実証の動向や、関連する市場、将来的な普及の動向予測について取りまとめた。

将来推計は、これらの調査結果を踏まえて、ソリューションごとに実施した。ソリューションによる排出抑制は個別導入ケースごとの違いが大きいくすべてのケースを考慮することは困難である。そこで本調査では、実証や導入事例から期待できる代表的な CO2 排出抑制量を、日本・世界で期待できるソリューションの普及量で引き伸ばして推計を行った。具体的には、ベースラインの CO2 排出量、事例に基づく CO2 排出抑制率、日本・世界におけるソリューションの普及予測等から推計を行った。ただし、数値の推計には幅を持たせた。また、結果は「①サプライチェーンの次世代化」「④移動革命の実現」それぞれの合計値として示した。

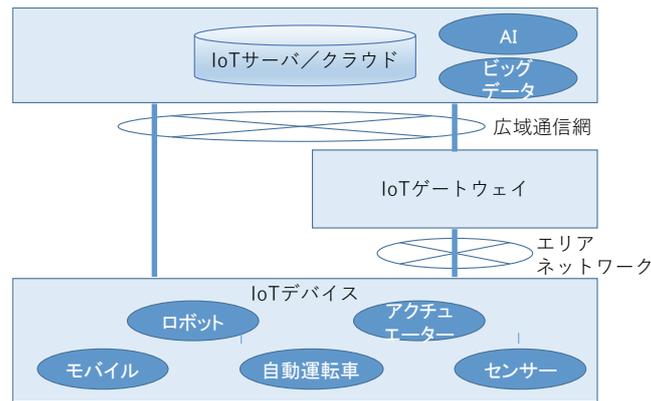


図 3-2： IoT システム構成例

IoT、ビッグデータ、AI、ロボットなどの技術は、データ収集・分析・活用の段階間で連携する。センサー等で収集した現実世界のデータを AI やビッグデータ解析を用いて分析することによって知見を抽出し、抽出した知見を最適化・制御・ロボットによる自動化などへ活用する。

また、このような IoT のデータ収集・分析・活用の流れは、複数主体の連携によってさらに価値が高まる。例えば、IoT を用いた物流の最適化には、製造・物流・小売等の多様な事業者が関与する (図 3-3)。

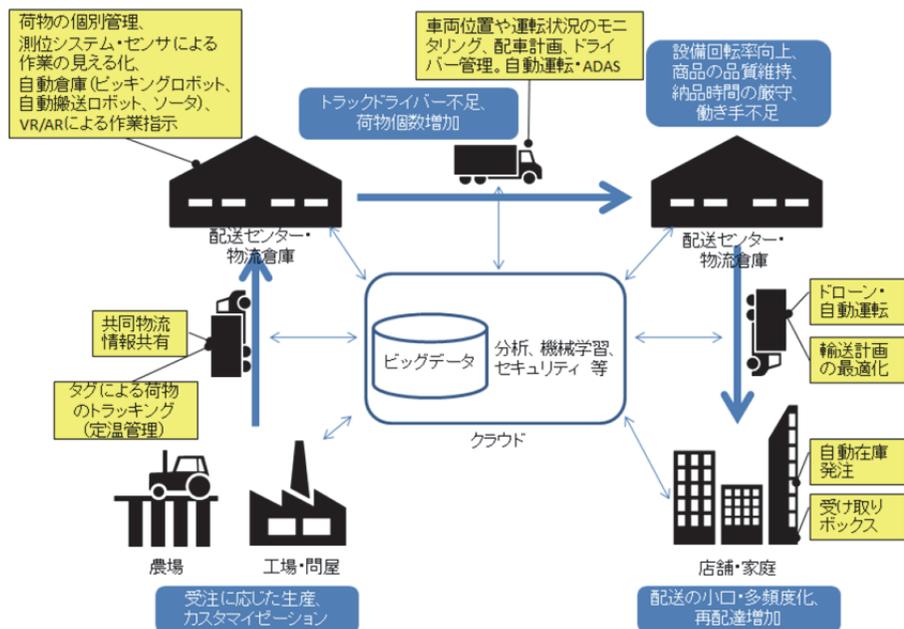


図 3-3： 物流分野における IoT ソリューションを用いた主体間連携⁵

IoT の生み出す価値は、短期的にはオペレーションの効率化などからはじまると考えられている。しかし、次の段階では、シェアリング経済や成果型経済、サーキュラーエコノミーなど、新

⁵ 「IoT 活用によるグリーン貢献に関する調査研究報告書 ～第一次報告 物流・農業～」(JEITA グリーン IT 委員会)

しい価値創造を促し、社会を大きく変えていくことが期待されている（図 3-4）。最初の段階のオペレーションの効率化は、既存の製品やサービス・提供体制等を前提として IoT の導入を検討すればよい。しかし、IoT を用いた新しい価値の創出や社会の変革を促進するためには、技術に加え、サービスやエコシステム、主体間連携の在り方などを併せて検討することが必要と考えられる。

このような IoT 普及の取り組みは海外でも進んでいる。ドイツを中心としたヨーロッパでは「Industry 4.0」、米国では「Industrial Internet」、中国では「中国製造 2025」などのプロジェクトが進められている。

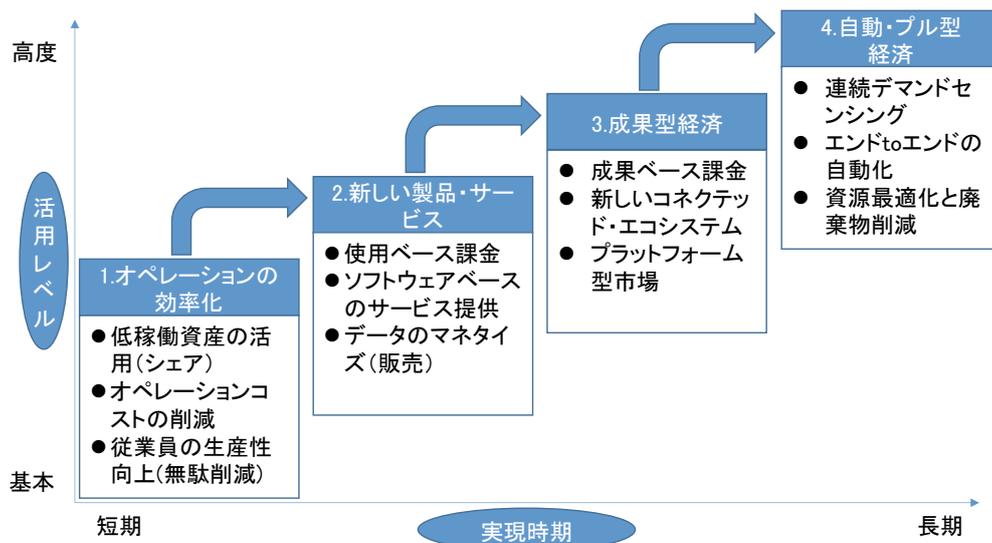


図 3-4： インダストリアルインターネットがインパクトを生む過程⁶

3.2 Society 5.0 の 5 つの戦略分野

日本が進める Society 5.0 の取り組みは、第四次産業革命のイノベーションを取り入れ、社会課題を解決することで、中長期的な経済成長を達成することを目指している。「未来投資戦略 2017」では、そのために、有望な「戦略分野」を選定し未来投資の選択と集中を行うとしている。戦略分野の特定にあたっては、

- ・ 我が国の強み（モノづくりの強さ、社会課題の先進性・大きさ、リアルデータの取得・活用可能性）をいかせる分野であるかどうか
- ・ 国内外で成長が見込まれる分野であるかどうか
- ・ 課題先進国のモデルケースとして世界にアピールできる分野であるかどうか

といった視点を考慮している。

表 3-1 は、「未来投資戦略 2017」における 5 つの戦略分野の現状認識と取り組みの進め方である。

⁶ 「Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services (World Economic Forum, 2014)」に基づき作成

表 3-1： Society 5.0 の 5 つの戦略分野⁷

戦略分野	現状認識	取り組みの進め方
健康寿命の延伸	我が国は、グローバルにも突出して高齢化社会をいち早く迎えることとなる。一方で、国民皆保険制度や介護保険制度の下でデータが豊富にある。	健康管理と病気・介護予防、自立支援に軸足を置いた、「新しい健康医療・介護システム」を構築することにより、健康寿命をさらに延伸し、世界に先駆けて生涯現役社会を実現させる。
移動革命の実現	物流の人手不足や地域の高齢者の移動手段の欠如といった社会課題に直面している一方で、日本のモノづくりについて AI・データとハードウェアのすり合わせに強みがあると共に、自動車の走行データを大量に取ることができる。	物流効率化と移動サービスの高度化を進め、交通事故の減少、地域の手不足や移動弱者の解消につなげることにより、我々一人ひとりの生活の活動の範囲や機会を広げていく。
サプライチェーンの次世代化	カンバン・システムなど従前から先駆的な取り組みがなされていたほか、綿密な「すり合わせ」力は我が国特有の強みであることに加え、工場のデータ、コンビニを中心とした流通のデータも豊富である。	個々の顧客・消費者のニーズに即した革新的な製品・サービスを創出すること等を可能にしていく。
快適なインフラ・まちづくり	熟練労働者の高齢化や人手不足が顕著である一方、オリンピック・パラリンピック関連施設の建設や老朽施設の更新、防災対策といった大きなニーズがある。競争力のある建設機械とデータの融合によるサービスが売りとなる可能性を秘めている。	人手不足や費用の高騰に悩むことなく、効率性と安全性を両立させ、安定した維持管理・更新を浸透させていく。
FinTech	先進国に比べていまだに現金取引比率が高く、また、中小企業の IT 活用も限定的であることから、FinTech 導入による大きな効果が期待できる。	利用者にとっての金融関連サービスの利便性を飛躍的に向上させると共に、企業の資金調達力や生産性・収益力の抜本的向上につなげていく。

⁷ 「未来投資戦略 2017」に基づき、(一社) 資源循環ネットワーク作成

それぞれ、高齢化社会の到来、人手不足といった社会課題に対して、これまで日本で蓄積されてきた社会制度やものづくりのノウハウ、蓄積されてきたリアルワールドのデータなどの強みを活かして、効率化や生産性向上、新しい製品・サービスを実現することが目標とされている。

また、ドイツを中心としたヨーロッパの Industry 4.0、米国の Industrial Internet に対応する概念として、日本から Connected Industries が提唱され、2017年11月には、『「Connected Industries」東京イニシアティブ 2017』が発表された（図 3-5）。このイニシアティブの中では、5つの重点取り組み分野が定められている。この重点取り組み分野の多くは、「未来投資戦略 2017」の戦略分野と重なっている。

「Connected Industries」の取組の方向性

- 市場成長性、我が国産業が有する強み、社会的意義の大きさ等から、**5つの重点取組分野**を定め、取組の加速化と政策資源の集中投入を図る。
- 加えて、横断的課題に対する支援措置・法制度等の整備に取り組む。

重点取組分野 (分科会)	自動走行・ モビリティサービス	ものづくり・ ロボティクス	バイオ・素材	プラント・ インフラ保安	スマートライフ
ビジョン (社会的意義)	・交通事故の削減 ・交通渋滞の緩和 ・環境負荷の低減 ・分散型エナジー ・物流も含む移動サービスの拡大	・生産の全体最適 ・止まらない工場 ・事故や環境負荷の低減	・材料や医療・創薬の革新 ・エネルギー資源対策 ・社会変革を実現する革新素材創出	・プラントにおける安全性と生産性の向上 ・自主保安力の向上と「稼ぐ力」の創出 ・センサー、ドローン等の効果的活用	・少子高齢化が進む中で、人手不足等の社会課題に対して、スマートライフ市場が代替することで、働き手(労働時間)を創出
市場成長、 経済効果予測	・自動運転車市場で870億ドル ・運転時間を生産性向上やサービス消費に充て、千億～1兆ドル	・「産業インターネット市場」が今後20年以内に世界のGDPを10兆～15兆ドル押し上げ	・2030年の世界のバイオ市場は約1.6兆ドルに成長 ・世界の機能性素材市場は約50兆円	・インフラ老朽化や需要拡大への対応に世界で約200兆円の市場	・2011年の無償労働賃金評価額は約100兆円(家電市場は約7兆円)
推進主体	自動走行ビジネス検討会(追って、モビリティサービス産業戦略検討会(仮称)を設置)	RR1(ロボット革命イニシアティブ)	COCN、日本化学工業協会	プラントデータ活用等促進会議	IoT推進ラボ
横断的課題	<ul style="list-style-type: none"> ・協調領域を含むデータ共有・利活用 ・トップ人材育成の抜本的強化 ・国際標準の戦略的活用 ・データルールをめぐる国際連携の促進(日EUデータエコノミー対話の深化) ・中小企業への普及、取組支援 ・AIシステムの更なる開発支援・海外展開 ・AIをめぐる法務事項に関する検討の具体化(AI責任論等) ・サイバーセキュリティ対策の実施 ・更なる検討課題: バックオフィス改革、Fintech など 				

8

図 3-5: 「Connected Industries」の取り組みの方向性⁸

3.3 Society 5.0 の戦略分野における IT/IoT ソリューション

「未来投資戦略 2017」では、「サプライチェーンの次世代化」「健康寿命の延伸」「移動革命の実現」「快適なインフラ・まちづくり」「FinTech」の5つが戦略分野とされている。このうち、「快適なインフラ・まちづくり」分野は、JEITA 環境委員会において昨年度実施したスマートシティに関する調査と部分的に重複する。また、「FinTech」分野は、主として金融分野を対象とする分野である。

そこで、本検討では、「サプライチェーンの次世代化」「健康寿命の延伸」「移動革命の実現」を優先して、主要な IoT ソリューションの事例抽出と環境貢献の検討を行った。また、サプライチェーン(製造、物流等)、健康寿命(医療、介護等)、移動革命(物流等)の広い範囲で、共通して働き手不足が社会課題となっていることから、「働き手不足対策」についても IoT ソリューションの事例抽出と環境効果の検討を追加して行った(図 3-6)。

⁸ 『「Connected Industries」東京イニシアティブ 2017』

Society 5.0		本調査での検討領域
戦略5分野	課題／今後の取り組み (IoT関連)	
サプライチェーンの次世代化	<ul style="list-style-type: none"> ● コネクテッドインダストリー。工場や企業の枠を超えたデータ連携（中小企業等） ● IoTを駆使した高度な保安 ● 「連携省エネ」。サプライチェーン上の複数事業者間でのデータ連携・利活用 	① サプライチェーンの次世代化 ③ 働き手不足対策 ● 労働集約型 ● 介護、医療でも負担減が重要
健康寿命の延伸	<ul style="list-style-type: none"> ● 遠隔でのモニタリング、指導、診療（糖尿病等）等 ● AIを活用した医療（画像診断、医薬品開発、手術支援、ゲノム医療、診断・治療支援、介護・認知症対策） ● 介護ロボット、センサーの活用 	② 健康寿命の延伸
移動革命の実現	<ul style="list-style-type: none"> ● 自動運転システム（隊列走行、移動サービス、行動実証） ● ドローンによる荷物の配送 	④ 移動革命の実現
快適なインフラ・まちづくり	<ul style="list-style-type: none"> ● ICTを活用する「i-Construction」。インフラの維持管理。 ● ICT土工 ● 船舶の開発、運航における「i-Shipping」 ● インフラ点検及び災害対応ロボット 	昨年度スマートシティ検討を実施
FinTech	<ul style="list-style-type: none"> ● FinTechの実証 ● ブロックチェーン実証 	主として対象が金融分野のIT ● IoT技術における分散データ管理にブロックチェーン技術を応用する動き

図 3-6 : Society 5.0 戦略分野からの検討分野抽出の考え方

3.3.1 ①サプライチェーンの次世代化

製造業や物流、販売、アフターサービス等のサプライチェーン次世代化は、IoT 活用の中心的な取り組み領域の一つである。「未来投資戦略 2017」では、目指すべき社会像として、開発・製造・販売・消費のあらゆる段階のデータのリアルタイム活用により、個々の顧客ニーズに即した革新的な製品・サービスの創出、無駄のない最適化されたサプライチェーン、スマート工場を実現することを挙げている。

各種文献調査から、製造、物流、小売、アフターサービスなどの段階ごとの IoT の動向と役割をとりまとめた（図 3-7）。製造・物流・小売業界における働き手不足という社会課題への対応、生産性の向上・無駄の削減、需要に応じた生産や物流の高度化、メンテナンスの高度化等の新しい価値創造が期待されている。

製造分野では、短期的な工場内の省力化に加え、コネクテッド・インダストリーによる新しい製造業のビジネスモデル実現が期待されている。また、電子商取引の普及を背景に大きく変貌しつつある小売や物流での IT/IoT 活用も期待されている。

「サプライチェーンの次世代化」における主要なソリューション例を表 3-2 に挙げた⁹。

分類	課題/動向	IT/IoTの役割	
		既存ビジネスの最適化	新しい価値の実現
製造	<ul style="list-style-type: none"> コネクテッドインダストリー/Industry 4.0/Industrial Internet への期待 ITとOTの融合、オープン化 技能継承の必要性 	<ul style="list-style-type: none"> 工場生産（設備、従業員の作業）の効率化、コスト削減（省エネ、省資源含む） 事故や故障のリスク低減 	<ul style="list-style-type: none"> 需要に応じた生産 従量課金（使用に応じた課金） マスカスタマイゼーション、需要に応じた生産 利用実態を反映した商品開発 技能・ノウハウの形式知化
物流、運輸	<ul style="list-style-type: none"> 働き手不足（トラックドライバー、物流施設の従業員等） 配送の小口・多頻度化 配送品質への要求高度化（時間、温度等） 	<ul style="list-style-type: none"> コスト削減・省力化（共同配送、自動化、計画の最適化、廃棄ロスの低減、ラストワンマイルの負荷低減） リスク低減（事故など） 	<ul style="list-style-type: none"> 需要予測に基づく物流、運輸 輸送品質の高度化 （製造、小売、ECの新しい形態への対応）
小売	<ul style="list-style-type: none"> デジタルマーケティングの進化 ECの拡大、オムニチャネルの複雑化 マスカスタマイゼーション、需要に応じた生産 	<ul style="list-style-type: none"> コスト削減（在庫管理や流通の最適化、それに伴うロス削減） 機会損失の低減 	<ul style="list-style-type: none"> デジタルマーケティング 新しい製品、サービスの開発、提供
アフターサービス	<ul style="list-style-type: none"> コスト削減 設備の個別状況に合わせたメンテナンス（予防/予知保全） 	<ul style="list-style-type: none"> 事故や故障のリスク削減 	<ul style="list-style-type: none"> ビジネスモデルの革新（製造業のサービス化、サブスクリプション型サービス）

図 3-7： 「①サプライチェーンの次世代化」における課題と IT/IoT の役割

⁹ IoT ソリューションは研究開発・実証・商品化レベルのソリューションが混在することから、調査した個別事例を基に現時点で予想される普及時期を表中に参考に示した。

表 3-2： 「①サプライチェーンの次世代化」における主要なソリューション例

#	大分類	IoT ソリューション カテゴリー	適用対象/ 産業	センサー	ロボット	AI	普及時期	備考
1	製造 (工場)	製造工程のバーチャルシミュレーション	製造業	○			短期	
2		工場内設備のモニタリング、遠隔管理（生産性向上）	製造業	○		○	短期	
3		工場内設備のモニタリング、遠隔管理（故障、異常検知）	製造業	○		○	短期	
4		工場内設備のモニタリング、遠隔管理（作業の安全確保）	製造業	○			短期	
5		マス・カスタマイゼーション	製造業	○		○	中期	
6		需要予測に基づく生産量決定	製造業			○	中期	
7		工場間連携	製造業	○			中期	
8		マイクロ・インフォ・ファクチャリング（3Dプリンター）	消費者		○		長期	
9		設計／商品開発へのデータ活用	製造業	○		○	短期	
10		技能・ノウハウの形式知化、教育への活用	産業全般	○		○	短期	
11	エネルギー	エネルギーマネジメント (FEMS)	産業全般	○		○	短期	
12		連携省エネ	産業全般	○			中期	
13	物流・ 運輸・ 旅客	輸送品質モニタリング	食品関連業 卸売業 医薬品製造業	○			短期	
14		トレーサビリティ	食品関連業 卸売業 医薬品製造業	○			短期	
15		乗客の需要予測、オンデマンド型物流	タクシー、運送業	○		○	短期	
16		ロジスティクス・インターネット	旅客業、運送業	○			長期	
17		安全運転支援のための運転手モニタリング	旅客業、運送業	○			短期	働き手不足 と重複
18		車両状況のモニタリング、運航管理	旅客業、運送業	○			短期	
19		輸送計画の最適化、共同配送	運送業	○			短期	
20		倉庫のロボット化、自動化	物流倉庫		○		短期	
21		物流倉庫での作業指示	物流倉庫	○		○	短期	
22		販売、 サービス 提供	販売促進のためのデータ活用	店舗	○		○	短期
23	シェアリング		地域、産業全般	○			短期	
24	アフター サービス	販売済み製品のモニタリング・データ分析による効率化提案	産業全般	○		○	短期	
25		販売済み製品の最適メンテナンスサービス・予知保全	産業全般	○		○	短期	
26	廃棄、 資源循環	サーキュラーエコノミー	静脈産業	○	○	○	中期	(概念)

これらの環境効果（CO2 排出抑制効果）を、図 3-8 にまとめた。

サプライチェーンの次世代化で用いられる IT/IoT ソリューションのうち、省エネを目的とするエネルギーマネジメントシステムや連携省エネは、直接的に CO2 排出抑制に結び付く。また、工場内の省力化や可視化は、稼働の最適化や在庫の削減、不良ロスの削減などの無駄取りを目的と

する。これらは、結果として単位エネルギーあたりの生産量の増加や利用資源・廃棄物の削減などの効果を生み出すと期待できる。他に、輸送の最適化やオンデマンド型の製造・輸送、予知保全などのメンテナンス最適化も、同様の無駄の削減・生産性向上効果が考えられる。

次に、シェアリングは、資産の稼働率向上や資源利用・廃棄の削減につながると考えられる。代表的なカーシェアリング¹⁰に加え、衣類のシェアリングや CtoC サービスなど多様なサービスが存在する。

サーキュラーエコノミーは静脈産業に着目した複合的な分類で、上記の多くのソリューションを含んでいる。

一方、倉庫のロボット化のように、省人化と CO2 排出抑制が必ずしも一致しないソリューションがある（ロボットを運用するためのエネルギー消費量が増加）。省人化により、冷暖房や照明など人の稼働に必要なエネルギー消費（CO2 排出抑）が削減される場合もあると考えられるものの、必ずしも CO2 排出抑制貢献は自明ではない。

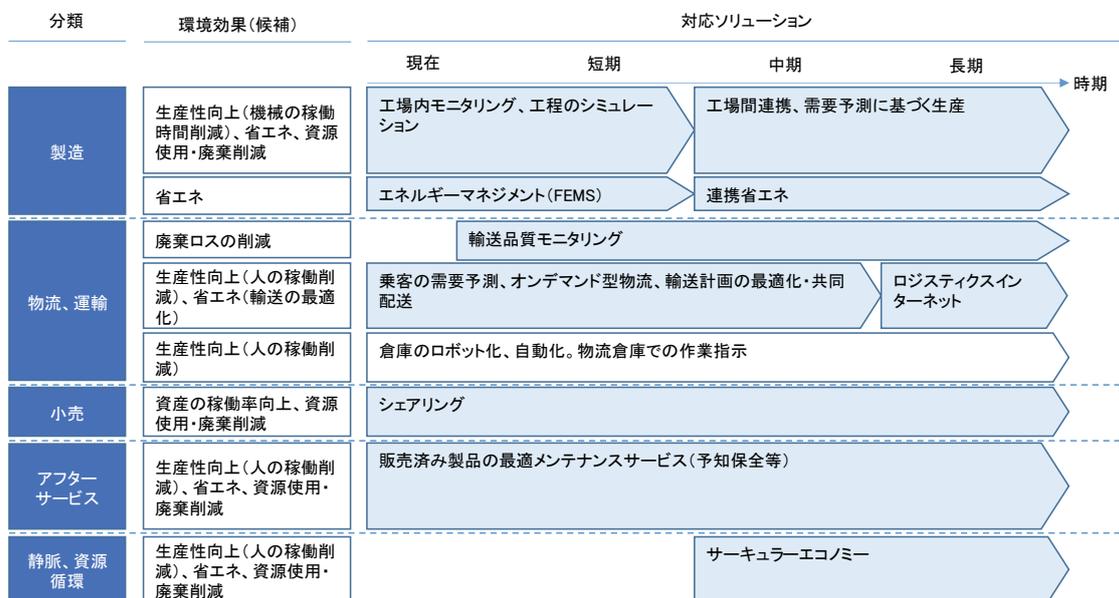


図 3-8: 「④サプライチェーンの次世代化」における主要な環境効果

¹⁰ 「④移動革命の実現」で取り扱う。

3.3.2 ②健康寿命の延伸

健康寿命の延伸は、団塊の世代が全て 75 歳以上となる 2025 年に向け重要性を増している分野である。高齢者自身の生きがいや医療・介護リソースの制約、社会保障費最適化の観点から、健康寿命の延伸、高齢者の自立、医療・介護従事者の負担軽減を実現することが必要とされている。今後人生 100 年時代の到来が予測されていることから、健康寿命の延伸は世界的な課題でもある。

医療・介護はテクノロジーの進歩が著しい分野である。医療においては、個別医療やゲノム医療、再生医療、画像診断技術、低侵襲性検査機器、手術ロボット、創薬支援など、多様なイノベーションが進みつつある。

また、健康寿命の延伸においては、先進的な医療技術の進展に加え、高齢者の自立した生活と生きがいを支援するソリューションの充実も重要である。IoT の活用領域は、「住、介護」「食」「医療、健康」など、広い領域にわたる（図 3-9）。

まず、「住、介護」では、今後増加する在宅での医療や介護に対応し、高齢者の自立を促進する役割を担うことが期待される。「食」では、高齢者の食事の質を高く保つために、食の質を保ち健康寿命を延ばすソリューションが必要とされる。「医療、健康」では、先進的な治療により健康状態を維持改善することに加えて、医療・介護関係者の負担軽減や、予防医療、病気・未病の早期発見が求められる。

分類	課題／動向	IT/IoTの役割	
		既存ビジネスの最適化	新しい価値の実現
住、介護	<ul style="list-style-type: none"> 在宅での医療や介護が拡大 <ul style="list-style-type: none"> 特に都市で「地域包括ケア」 高齢者向け賃貸住宅の強化 介護職員の人材不足、腰痛 移乗等のきつい作業 	<ul style="list-style-type: none"> 介護職員の負担の軽減、生産性向上 	<ul style="list-style-type: none"> 介護予防や高齢者の自立の実現
食	<ul style="list-style-type: none"> 高齢者は食事の質が低くなりがち（低栄養状態等） 健康寿命を延ばすため、食による予防医療や介護予防が重要 	<ul style="list-style-type: none"> NA 	<ul style="list-style-type: none"> 食の質を高め健康寿命を延ばすための個別栄養指導 食事宅配の自動化、個別化
医療、健康	<ul style="list-style-type: none"> 医療の社会保障給付費が増加 革新的な治療法・医薬品により、平均寿命がさらに延びる見込み 健康寿命ものばすため、予防医療や介護予防の重要性が増大 	<ul style="list-style-type: none"> 医療・介護関係者の負担軽減、生産性向上（特に在宅医療対応） 	<ul style="list-style-type: none"> 予防医療、病気／未病の早期発見や健康管理 革新的な治療法、医薬品の開発、低コスト化

図 3-9： 「②健康寿命の延伸」における課題と IT/IoT の役割

健康寿命の延伸に寄与するソリューションは多岐にわたる。そのうち、CO2 排出抑制と関連があるものを中心に、主要なソリューションを表 3-3 にまとめた（新しい医療技術等は、CO2 排出抑制との関連が少ないと予想されることから省略した）。

表 3-3： 「②健康寿命の延伸」における主要なソリューション例

#	大分類	IoT ソリューション カテゴリー	適用対象/ 産業	センサー	ロボット	AI	普及時期	備考
1	住、介護	見守りソリューション(赤外線カメラ、ベッドセンサー、マットセンサー等)	介護施設	○		○	短期	働き手不足と重複
2		コミュニケーションロボット /セラピーロボット	介護施設、一般家庭	○	○	○	中期	
3		移乗アシストロボット	介護施設		○		長期	
4		パワーアシストスーツ	介護施設	○	○		長期	
5		介護予防機器	介護施設など	○		○	中期	
6		ロボット歩行器	一般家庭	○	○		短期	
7		生活支援ロボット	一般家庭	○	○	○	長期	
8	食	食事自己管理システム(個別栄養)	一般家庭	○		○	長期	
9		食事宅配	一般家庭	○	○	○	長期	
10	医療、健康	リハビリロボット	医療機関	○	○		中期	
11		在宅医療基盤(多職種連携システム)	医療機関、一般家庭	○			短期	
12		慢性疾患モニタリングシステム/ 医療機器遠隔モニタリングシステム	一般家庭	○			短期	
13		遠隔診療	医療機関、一般家庭	○			中期	働き手不足と重複
14		服薬管理	一般家庭	○			短期	
15		健康管理サービス	一般家庭	○			中期	
16		ウェアラブルセンサー	一般家庭、介護施設	○		○	中期	
17	小型低侵襲性測定器/検査キット	一般家庭	○			中期		

これらのソリューションの多くは、主として医療や介護の担い手の負担を軽減すると共に、高齢者の自立を促す、健康を持続させるという新しい価値を創造するものである。医療・介護の担い手の負担を軽減し生産性向上に寄与するソリューションの中には、空調や照明などの使用抑制を通してCO2 排出抑制に貢献するものがあると考えられる。また、遠隔診療などのソリューションでは、人の移動の削減効果が期待できる(図 3-10)。

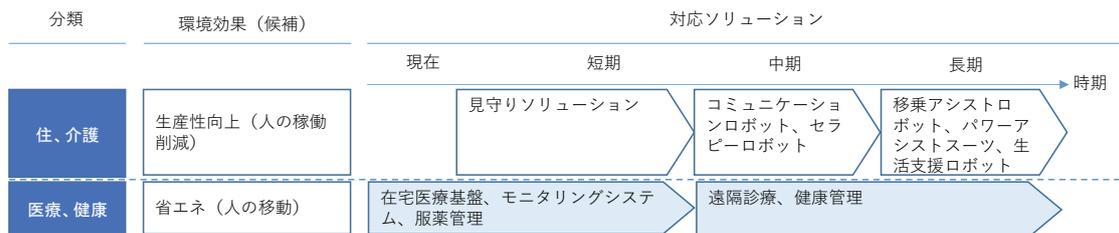


図 3-10： 「②健康寿命の延伸」における主要な環境効果

3.3.3 ③働き手不足対策

日本では、働き手不足が大きな課題となっている。その背景の一つに少子高齢化がある。生産年齢人口は、2025年に約600万人減少する。これに伴い、2025年には583万人の働き手が不足すると予測されている¹¹。2025年に働き手不足が深刻化すると予測されている業界は、「情報通信・サービス業」「卸売・小売」「農林水産業・鉱業」「運輸業」「建設業」「金融・保険・不動産業」等である。Society 5.0の戦略分野として直接的には取り上げられていないが、「働き手不足対策」は各分野に共通し、かつ、IT/IoTの今後の役割が大きいテーマである。

IT/IoTは、働き手不足に対して、生産性の向上や省力化・効率化の面で貢献すると考えられる（図3-11）。また今後、人にはできない／人がやりたがらない作業をIoT機器やロボットに担わせることも考えられる。さらに、技能やノウハウの暗黙知を形式知に転換するうえでも、IT/IoTが活用されると予想される。

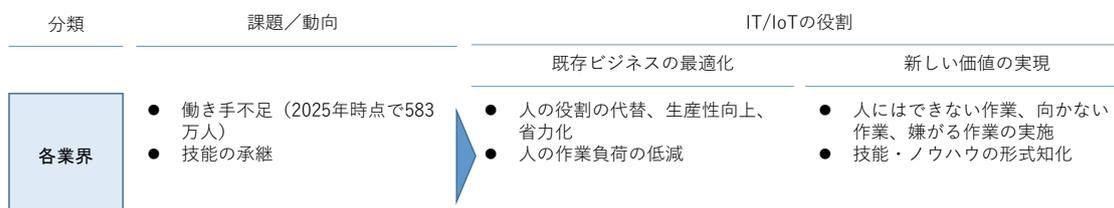


図 3-11： 「③働き手不足対策」における課題と IT/IoT の役割

働き手不足が深刻視されている業界を中心に、業務の省力化や生産性向上を目的とする IT/IoTソリューションを抽出した（表3-4）。ソリューションには、「①サプライチェーンの次世代化」「②健康寿命の延伸」と重複しているものが含まれる（表3-4 備考欄参照）。

抽出したソリューションには、（固定）センサー・ロボット・ドローンを用い、遠隔地からの無人モニタリングや可視化を行うものが含まれる。農場のモニタリング、インフラのモニタリング、在庫確認ロボット、介護分野の見守りソリューションなどである。これらのソリューションでは、遠隔地からモニタリングすることで、人が現地に赴いて監視する労力を軽減することができる。また、ロボットによる作業の代替もソリューションの主要な役割の一つである。受付などの顧客応答、物流におけるピッキングなどの倉庫作業、掃除などを少ない人数または無人で実行する。最後に、パワーアシストスーツのように、人間の能力をサポートすることで作業者の負荷を軽減するソリューションがみられる。

¹¹ 「機関紙 HITO 特別号 HITO REPORT Vol. 1」（パーソル総研）

表 3-4: 「③働き手不足対策」における主要なソリューション例

#	大分類	IoT ソリューション カテゴリー	適用対象/ 産業	センサー	ロボット	AI	普及時期	備考
1	農業	農地や環境・作物生体情報のモニタリング・作業自動化	農業	○			短期	
2	林業	ドローンによる森林資源調査	林業		○	○	短期	
3	漁業、水産業	AI による養殖魚数管理の自動化	漁業			○	短期	
4	建設業	自動建機	建設業	○	○	○	短期	
5		業務の見える化	建設業	○			短期	
6	物流・運輸	安全運転支援のための運転手モニタリング						サプライチェーンと重複
7		車両状況のモニタリング、運航管理						
8		輸送計画の最適化、共同配送						
9		倉庫のロボット化、自動化						
10		物流倉庫での作業指示						
11	インフラ	モニタリングによる安全管理	上下水道、橋梁、発電所	○			短期	
12		自動検針	家庭	○			短期	
13		危険作業へのロボット導入	発電所 工場、災害現場		○		中期	
14	小売業	接客ロボット	小売		○	○	中期	
15		無人店舗/接客の効率化	アパレル、コンビニ	○			中期	
16		掃除ロボット	小売		○		中期	
17		在庫確認ロボット	小売		○		中期	
18	金融業	受付ロボット	(受付を有するサービス業)		○	○	中期	
19	宿泊業	受付ロボット	宿泊業		○		中期	
20	飲食業	接客ロボット	飲食業(店舗)		○		中期	
21		調理ロボット	飲食業(店舗)		○		短期	
22		無人店舗	飲食業(店舗)	○		○	中期	
23		顧客ニーズデータの店員への提供	飲食業(店舗)	○			短期	
24	医療	遠隔医療						健康寿命と重複
25		医療機器・保管庫のモニタリング	医療施設	○			短期	
26		搬送ロボット	医療施設 介護施設		○		中期	
27	介護	見守りソリューション						健康寿命と重複
28		コミュニケーションロボット /セラピーロボット						
29		移乗アシストロボット						
30		パワーアシストスーツ						
31		生活支援ロボット						
32	保育	保育支援	保育園		○		中期	

これらのソリューションの主要な環境貢献に着目すると（図 3-12）、主として人の稼働削減の効果と、遠隔地からモニタリングできることによる移動の削減の効果が大きいと考えられる。

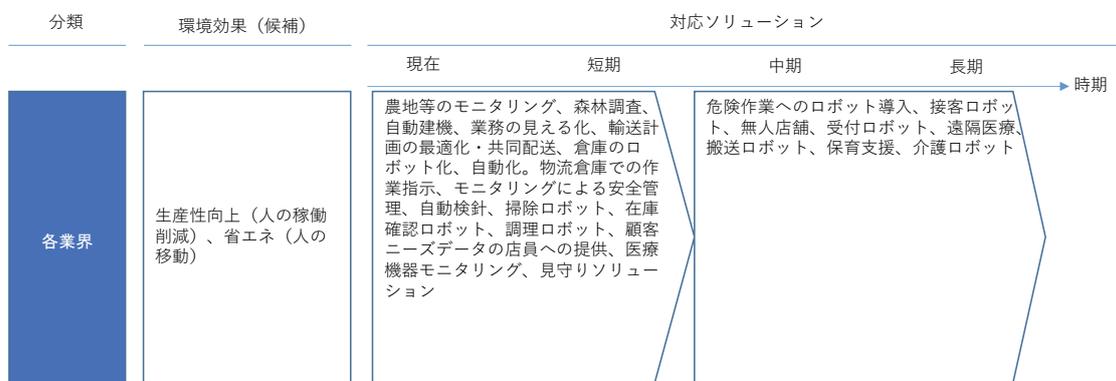


図 3-12： 「③働き手不足対策」における主要な環境効果

3.3.4 ④移動革命の実現

モビリティの分野も、今後大幅な変革が予想されている分野である。まず、自動車は、「シェアリング」「コネクティビティ」「自動運転」「電気自動車（EV）化」の4つのビッグトレンドによって、業界構造が大きく変化することが予測されている¹²。また、宅配の分野も、電子商取引（EC）の増加に伴うオムニチャネルへの対応や、オンデマンド型宅配、ラストワンマイルにおける配達員の不足への対応などが必要となっている（図 3-13）。

「未来投資戦略 2017」においては、IoT ソリューションにより、ヒト・モノの移動の効率化・高度化が進む将来像が描かれている。

分類	課題/動向	IT/IoTの役割	
		既存ビジネスの最適化	新しい価値の実現
自動車	<ul style="list-style-type: none"> ● シェアリング ● コネクティビティ ● 自動運転 ● EV化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 燃費向上、低環境負荷 ● 事故のリスク低減 ● 運転の負荷低減 	<ul style="list-style-type: none"> ● 保有から利用への変化 ● 自動車内で自宅と同じ環境をシームレスに利用 ● 移動時間の自由な使い方
パーソナルモビリティ	<ul style="list-style-type: none"> ● 自宅近隣の移動手段の確立 ● 交通弱者対策 	<ul style="list-style-type: none"> ● 通常の自動車より気軽に利用しやすい車両 	<ul style="list-style-type: none"> ● NA
宅配	<ul style="list-style-type: none"> ● ラストワンマイルの配達負荷が増大（ECによる荷物の個数増加、不在対応等） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 配達担当者の負荷低減 	<ul style="list-style-type: none"> ● 配達してほしいタイミングでの配達実現

図 3-13： 「④移動革命の実現」における課題と IT/IoT の役割

次に、移動革命が関連する IT/IoT ソリューションを、表 3-5 に示した。まず、モビリティのビッグトレンドに関連して、シェアリング、コネクテッドカー、自動運転車・運転支援システム・隊列走行、電気自動車などの開発が進められている。

また、近距離移動に特化した新しいモビリティとして、超小型モビリティや移動ロボットの開発や実証が進められている。

最後に、宅配のラストワンマイルの省力化のため、宅配ボックスやドローンによる配送、ロボット・自動運転車による配送などが検討されている。

¹² 「シリコンバレー-D-Lab プロジェクト レポート」

表 3-5： 「④移動革命の実現」における主要なソリューション例

#	大分類	IoTソリューション カテゴリー	適用対象/ 産業	センサー	ロボット	AI	普及時期	備考
1	シェアリング	カーシェアリング	自動車全般	○		○	短期	
2		オンデマンド交通	公共交通	○			短期	
3	コネクティビティ	コネクテッドカー	自動車全般	○		○	中期	
4	自動運転	運転支援システム	自動車全般	○			短期	
5		自動運転車	自動車全般	○	○	○	長期	
6		隊列走行	トラック等	○	○		長期	
7	電気自動車 (EV)	電気自動車 (EV)	自動車全般	○		○	中期	
8	パーソナルモビリティ	超小型モビリティ	個人向け車両	○			中期	
9		移動ロボット	個人向け車両	○	○		長期	
10	宅配	宅配ボックス	物流	○			短期	
11		ドローンによる輸送	物流	○	○		中期	
12		オンデマンド配送	飲食、物流	○			短期	
13		宅配ロボット	物流	○	○	○	長期	

これらのソリューションの環境貢献を、図 3-14 に示した。

まず、自動車のカーシェアリングやライドシェアリングは2つの側面でCO2 排出抑制に貢献すると考えられる。ひとつは車両製造に伴う資源利用の減少、もうひとつは運用の減少による移動の減少である。次に、電気自動車やパーソナルモビリティなどでは、燃費の向上による大幅なCO2 排出抑制貢献が期待できる。最後に、宅配領域では、宅配ボックスやドローン・ロボットによる再配達抑制が、CO2 排出抑制に寄与すると考えられる。

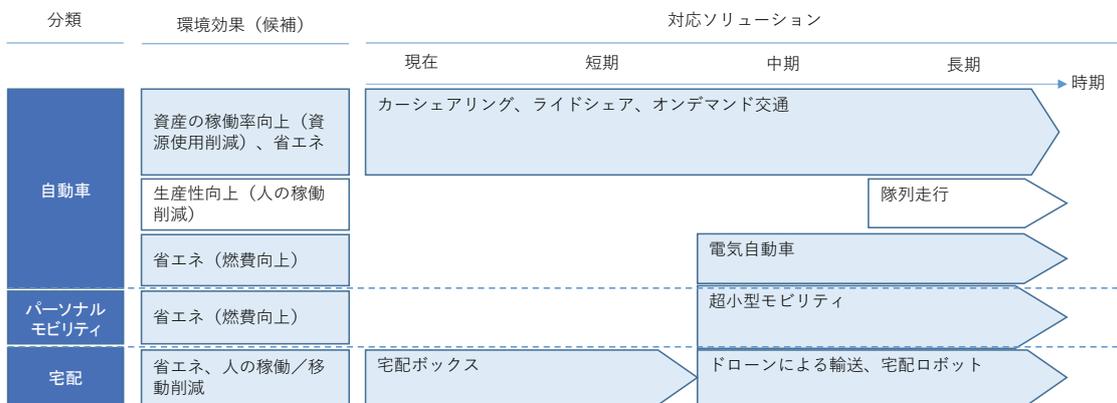


図 3-14： 「④移動革命の実現」における主要な環境効果

3.4 CO2 排出抑制貢献

Society 5.0 の戦略分野から抽出した 4 つの検討分野について、主要なソリューションと環境効果（CO2 排出抑制貢献）の定性的検討を行った結果を、表 3-6 にまとめた。

表 3-6： 分野ごとの CO2 排出抑制貢献まとめ

	サプライチェーンの次世代化	健康寿命の延伸	働き手不足対策	移動革命の実現
主なソリューション	<ul style="list-style-type: none"> 生産、物流、小売の各プロセスの効率化、コスト削減 需要に応じたプル型生産や個別生産／物流などの新しい生産／物流の実現 機器の個別使用状況にあわせたメンテナンス 	<ul style="list-style-type: none"> 見守りソリューションや介護ロボット 機能支援や生活支援ロボット 食や慢性疾患個別管理 在宅医療支援ソリューション 	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングや自動化により、人の役割の代替や人の苦手な作業の実施 	<ul style="list-style-type: none"> シェアリング、コネクティビティ、自動運転、電気自動車 パーソナルモビリティによる新しい交通手段 宅配の自動化
主な環境効果	<ul style="list-style-type: none"> 省エネ ロス削減（資源使用、廃棄物削減） 生産性向上（人の稼働削減） 	<ul style="list-style-type: none"> 生産性向上（人の稼働削減） （省エネ（人の稼働削減）） 	<ul style="list-style-type: none"> 生産性向上（人の稼働削減） （省エネ（人の稼働削減）） 	<ul style="list-style-type: none"> 省エネ（燃費向上） 生産性向上（人の稼働／移動削減）

4 つの IoT 検討分野のうち、「①サプライチェーンの次世代化」「④移動革命の実現」では、直接的な省エネ効果に加え、資源使用・廃棄物の削減、人の稼働／移動削減に伴う CO2 排出抑制など、幅広い効果が期待できる。一方、「②健康寿命の延伸」や「③働き手不足対策」は、効率化や価値創造の面で IoT が重要な役割を担っているが、CO2 排出抑制貢献は相対的に限定的と考えられる。

そこで、4 章では、「①サプライチェーンの次世代化」と「④移動革命の実現」について、CO2 排出抑制貢献量の推計を行うこととした。

4 CO2 排出抑制貢献量の推計

4.1 推計の進め方

「未来投資戦略 2017¹³」に示された Society 5.0 の 5 つの戦略分野のうち、「サプライチェーンの次世代化」「移動革命の実現」を対象として、2013 年を基準とした 2016 年、2020 年、2030 年の CO2 排出抑制貢献量の推計を行った。

(1) ソリューションの選択

まず、3 章の結果に基づき、「サプライチェーンの次世代化」「移動革命の実現」から、CO2 排出抑制貢献が期待できる 6 つの IT/IoT ソリューションを選択した(表 4-1)。予測を行ったソリューションは、「工場可視化(工場内省力化、連携省エネ)」「オンデマンド型製造・物流」「輸送計画の効率化、集中配送」「予知保全」「カーシェアリング(・ライドシェア・オンデマンド交通)」「宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配」である。

ここで、「輸送品質のモニタリング」「電気自動車」は、定量的な将来予測の対象には含めなかった。「輸送品質のモニタリング」は輸送品質の担保によるリスクの低減という側面が大きく、直接的な CO2 排出抑制量の評価が難しい面がある。また、「電気自動車」においては、充電インフラやコネクティビティなど IT/IoT が重要な役割を担うと考えられる。しかし、CO2 排出抑制への IT/IoT の寄与率の評価が難しいことから、参考として IT/IoT の役割の定性的な記述を行うにとどめた。

¹³ 「未来投資戦略 2017 —Society 5.0 の実現に向けた改革—」

表 4-1： 推計の対象 IT/IoT ソリューション

分野	抽出したソリューション	主な IT/IoT の導入効果	主な環境面の導入効果
サプライチェーンの次世代化	工場可視化 (工場内省力化、連携省エネ)	<ul style="list-style-type: none"> 生産性の向上 (工場単体、複数の工場・事業者間) 原価低減 トラブル、事故の減少 熱の融通による省エネ 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費効率向上、省エネ 資源利用・廃棄物の減少
	オンデマンド型製造・物流	<ul style="list-style-type: none"> 需要に対して輸送距離が最小となる在庫の最適な割り当て 効率的な輸送ルートを選択によるコスト低減、ドライバー不足対策 様々な流通チャネルに対応する「オムニチャンネル」対策 	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄ロス (食品ロス) 削減 輸送ルート最適化による車両移動量の低減
	輸送計画の効率化、集中配送	<ul style="list-style-type: none"> 共同配送による積載率・実車率向上 効率的な輸送ルートを選択によるコスト低減、ドライバー不足対策 	<ul style="list-style-type: none"> 輸送ルート最適化による車両移動量の低減
	予知保全	<ul style="list-style-type: none"> 個々の使用状況に応じたメンテナンス (故障の発生とそれに伴う機会ロスの回避、メンテナンスコストの低減) 稼働の効率化 	<ul style="list-style-type: none"> 省エネ 資源利用 (交換部品、在庫) の減少
	(参考) 輸送品質のモニタリング	<ul style="list-style-type: none"> 輸送品質の向上 効率的な輸送ルートを選択によるコスト低減、ドライバー不足対策 	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄ロス (食品ロス) 削減 輸送ルート最適化による車両移動量の低減
移動革命の実現	カーシェアリング (・ライドシェア・オンデマンド交通)	<ul style="list-style-type: none"> 利用頻度が少ない世帯でも、利用したい時に自動車を利用可能 出先でも気軽に自動車を利用可能 自動車の稼働率向上 	<ul style="list-style-type: none"> 自動車の保有減少/稼働率向上による資源の効率的利用 自動車の利用減によるエネルギー消費抑制
	宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配	<ul style="list-style-type: none"> 欲しいときに荷物を受け取れるオンデマンド配達 ラストワンマイルの配達手段確保 配達担当者不足への対応 不在再配達の減少 日時指定配達の提供による顧客満足向上 	<ul style="list-style-type: none"> 不在再配達の減少による省エネ
	(参考) 電気自動車	<ul style="list-style-type: none"> 円滑な電気自動車利用の実現 	<ul style="list-style-type: none"> 省エネ (燃費の向上)

(2) 貢献量の算定式

次に、ソリューションごとに CO2 排出抑制貢献量の推計を行った。ソリューション導入前の CO2 排出量（日本／世界）、事例から推定したソリューションによる CO2 排出削減率、ソリューションの普及率（現状、将来シナリオ）、IT 寄与率を考慮した（図 4-1）。

IT 寄与率は、CO2 排出抑制貢献への IT/IoT の寄与度を示す。例えば、空調の省エネは、IT/IoT を用いた制御による省エネ、部品の改善による省エネ等の合計と考えられる。このように、ソリューション導入による CO2 排出抑制の全てが IT/IoT の貢献とは言えない場合がある。IT/IoT の貢献比率を厳密に算定することは困難であるため、不確定度を考慮し幅を持たせた値を設定した。

同様に、普及率と削減率等にも幅を持たせて値を設定した。得られる貢献量も幅を持たせ、推定幅の最大値と最小値を推定結果として示した。

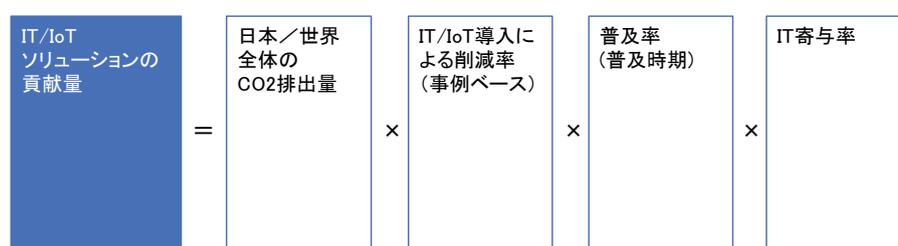


図 4-1 : CO2 排出抑制効果の推計式

(3) 結果のとりまとめ

4.2 節では、推計を行う前提となった各ソリューションの「①ソリューションの概要」「②具体的事例」「③環境効果の検討」「④普及の動向」「⑤貢献量の推計」を記述する。

「①ソリューションの概要」では、それぞれのソリューションの仕組み、ソリューションの効果や役割、環境面の効果について、概要を示す。「②具体的事例」では、具体的なソリューション導入事例や、事例を基にした CO2 排出抑制貢献の検討例について、既存の文献に示された結果をとりまとめる。「③環境効果の検討」では、「②具体的事例」を踏まえて、それぞれのソリューションでどのような環境貢献の要素を考慮する必要があるか検討する。最後に「④普及の動向」では、それぞれのソリューションの普及の現状と将来シナリオについてとりまとめる。「⑤貢献量の推計」に推計結果を示した。

推計においては、「②具体的事例」及び「③環境効果の検討」は、IT/IoT 導入による削減率を算出するのに用いた。また、「④普及の動向」は、「日本／世界全体の CO2 排出量」「普及率（普及時期）」の設定に用いた。4.3 節では、ソリューションごとの前提の概要をとりまとめる（表 4-9）と共に、推計結果を示した（図 4-32、図 4-33）。

4.2 対象ソリューションの概要と環境貢献

【①サプライチェーンの次世代化】

4.2.1 工場可視化（工場内省力化、連携省エネ）

工場における IT/IoT 活用は、単独の工場を対象としたソリューションと、工場間・事業者間連携によるソリューションの両方が考えられる。4.2.1.1 節では単独の工場を対象とした「工場内省力化」、4.2.1.2 節では工場間・事業者間の「連携省エネ」をとりあげる。環境貢献総量は、4.2.1.2 節⑤に「工場内省力化」と「連携省エネ」の合計を示した。

4.2.1.1 工場内省力化

①ソリューションの概要

工場内における IT/IoT 活用は、主として、生産性の向上・原価低減・品質管理・設備保全・作業者の労働安全確保などの目的を持つ。

工場内には、従来から、販売管理・生産計画・在庫管理・工程管理などを担う生産管理システムが導入されている。また、製造現場の各工程は、製造実行管理システム（MES）によって管理され、個々の生産設備はプログラムプログラマブル・ロジック・コントローラ（PLC）等を通じて連携されている。しかし、これらの個別機器やシステム間のデータ接続や連携が十分ではない場合があった。

IoT を用いた「スマートマニュファクチャリング」は、これらを担う工場内設備機器の垂直統合、または、工場間・企業間連携を担う水平統合の両方を目指している¹⁴。工場内の垂直統合では、工場内の生産を担う産業用ロボットや機械に対し、制御を実施する PLC、MES、基幹業務システム（ERP）などの統合を行う。これによって生産ラインの情報を収集し、不良品削減・ライン停止削減・在庫削減などの生産性向上、設備管理などを進める（図 4-2）。

また、現実の（アナログの）工場に対してデジタルのシミュレーションによる「デジタルツイン」と呼ばれる仮想工場を構築し、製造工程の最適化を図るソリューションや、センサーを用いて作業者をモニタリングすることで事故防止や労働安全の確保を図るソリューションもある。

¹⁴ 「平成 28 年度特許出願技術動向調査報告書 スマートマニュファクチャリング技術」

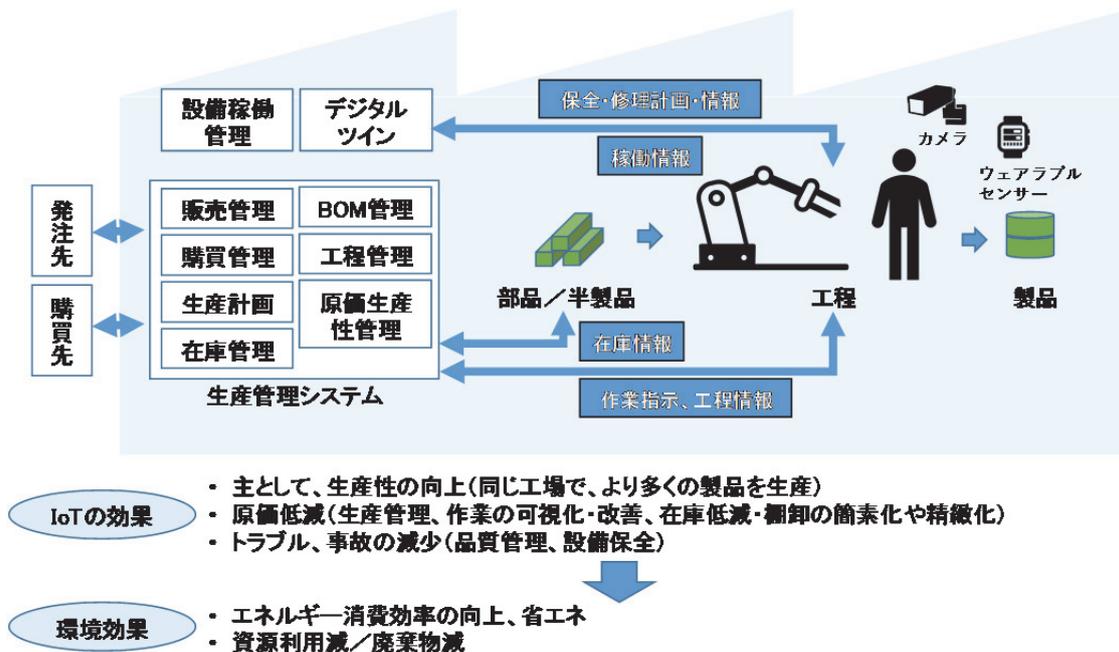


図 4-2： 「工場内省力化」ソリューションの概要

② 具体的事例

まず、製造ラインの高度化事例をとりあげる。

島津製作所／富士通の事例¹⁵では、製造ラインの各設備のログデータ、既存システムの計画・実績データ、現場の映像などを可視化することにより、対象製造ラインの15%の生産性向上を実現している。この事例では、IoTを導入し、工程間の空き時間の解消、稼働停止の予防、タクトタイムの低減、設備稼働平準化などに用いている。既存の生産管理システムや製造ラインから、PLC、センサー、ログデータ経由等で生産データ、機器の個体データを収集し、製造現場の状況を一目で確認できるようグラフ化している(図 4-3)。これによって、従来認識されていなかった生産効率の悪い時間帯やエラーの発生を把握できるようになった。

¹⁵ 富士通 HP (<http://www.fujitsu.com/jp/about/resources/case-studies/cs-201705-shimadzu-corporation.html>)

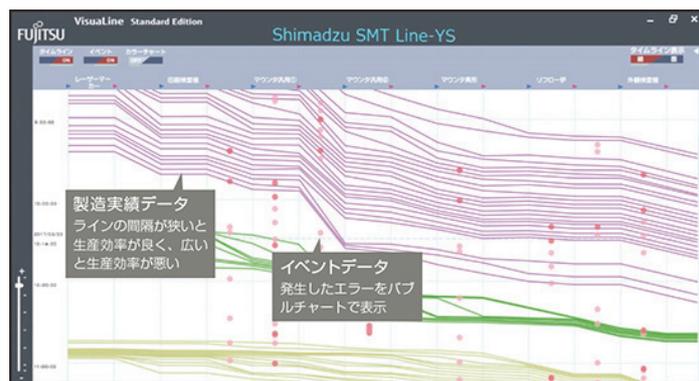


図 4-3： 製造実績データの可視化事例

次に、中央電子／日立システムズの実証¹⁶は、収集した製造実績データ、製品・作業員に関するデータを、機械学習を用いて分析した事例である。統計ツール、機械学習などのツールを用いて、人手では分析しにくい細部の工程まで網羅的に分析を行った結果、生産性 30%向上につながる改善ポイントを発見できた（図 4-4）。

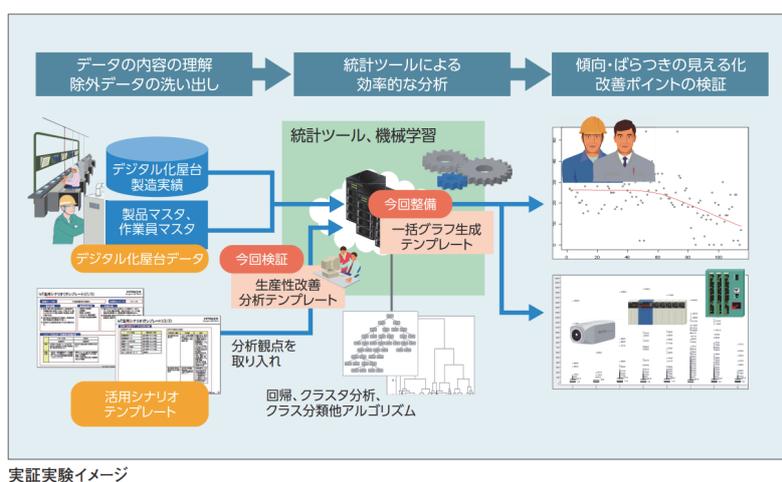


図 4-4： 機械学習を用いた製造現場データの分析事例

この他、IoT を用いた製造ラインの高度化事例として、情報を経営ダッシュボードに紐付け一気通貫の情報連携を構築する事例、設備保全を目的とするソリューション事例、品質管理を目的とするソリューション事例などが存在する。

一方、製造ラインと工場の空調・照明・エネルギー供給設備を連携させることによる省エネも進められている。空調・照明・エネルギー供給の必要量は、製造の生産状況によって変化する。そこで、生産状況に応じて、工場の空調・照明設備・エネルギー供給を動的に変化させることで無駄を削減し、省エネを実現する。一例として、JEITA にて検討されている「連携制御」の考え方¹⁷を、図 4-5 に示した。

¹⁶ 日立システムズプレスリリース (<https://www.hitachi-systems.com/news/2017/20170921.html>)

¹⁷ 「省エネ実現に必要な連携制御について」、「連携制御ガイドブック」(JEITA)

連携制御の概念図

- 供給側の設備群を連携する供給連携、需要側と供給側を連携する需給連携、需要側同士を連携する需需連携

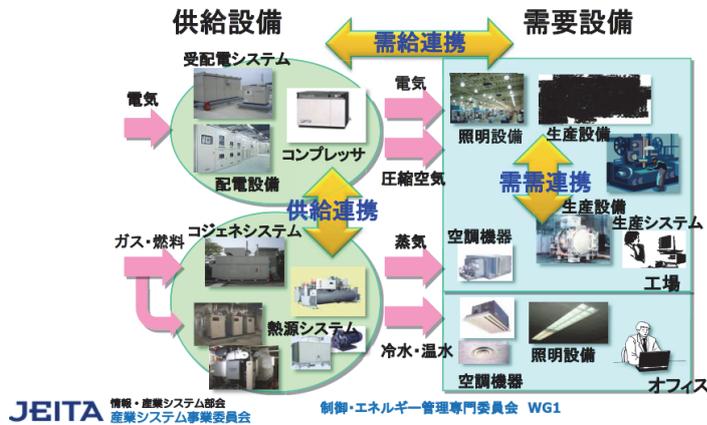


図 4-5： 連携制御の考え方

③ 環境効果の検討

工場内の製造ライン省力化・最適化では、生産性の向上を進めるため、工程の無駄の発見や作業の改善、不稼働時間の可視化などが進められる。同時に、在庫の低減やロスの削減、品質管理や設備管理、労働安全上のリスクの低減も目的とされる。工場におけるエネルギー消費量は通常生産量と完全に比例しているわけではないので、生産性の向上は、単位生産量あたりのエネルギー効率向上に寄与すると考えられる。また、在庫やロスの削減、事故の低減は、資源利用・廃棄物発生抑制につながると考えられる。

また、工場内の空調・照明・エネルギー供給を製造ラインと連動させる取り組みは、余分なエネルギー消費の削減につながる。

このように、IoT ソリューションは、工場内の不良ロスや在庫削減、エネルギー消費効率の向上（省エネ）に寄与していると考えられる（図 4-6）。

一方で、IoT ソリューションの導入に伴い、IoT 機器の製造や廃棄による CO2 排出、ソリューションのシステム運用に必要な人の稼働（オフィススペース維持）、IoT 機器自体のエネルギー消費、ネットワーク通信によるエネルギー消費など、CO2 排出量の増加要因が考えられる。

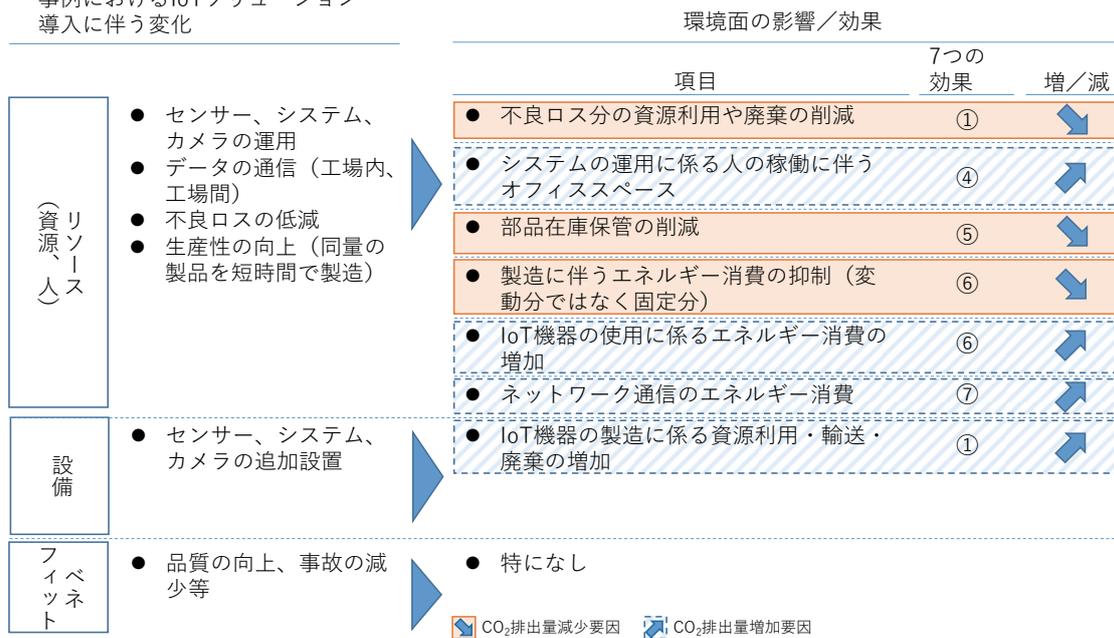


図 4-6： 「工場内省力化」ソリューションの環境効果詳細

④ 普及の動向

工場内の生産プロセスにおける IoT 普及状況について、経済産業省が調査を実施している¹⁸。2016年時点で、何らかの形で工場内のデータ収集を実施している工場が約6割にのぼる。ただし、個別工程の機械の稼働状況「見える化」を行いプロセス改善等に取り組む割合は15.5%、製造工程全般の稼働状況「見える化」によりプロセス改善に取り組む割合は13.9%、人員の稼働状況も「見える化」する割合は9.1%となっている。今後可能であれば実施したいとする利用意向は約5割にのぼる。

一方で、別途調査¹⁹では、データ収集機能の不在や費用対効果がIoTソリューション導入のハードルと指摘されている。

⑤ 貢献量の推計

CO₂ 排出抑制貢献量の推計結果は、「連携省エネ」とまとめて、4.2.1.2⑤に示した。

4.2.1.2 連携省エネ

① ソリューションの概要

工場単体の省エネや生産性向上は、これまで既に長年の努力が続けてこられた領域である。このため、さらなる成果を得るハードルが年々高まる傾向にある。そこで、次の段階として、工場間・事業者間の連携による省エネや生産性向上の加速が模索されている。

¹⁸ 「製造業を巡る現状と政策課題」（経済産業省）

¹⁹ 「調査：「データ分析は必要」9割以上だが、収集に難あり」（日経テクノロジーオンライン）

連携省エネは、複数工場間で生産を最適化し効率の高い生産を行う、熱の融通により省エネを進める、などの方法により、全体でのエネルギー消費の最適化を行う取り組みである（図 4-7）。

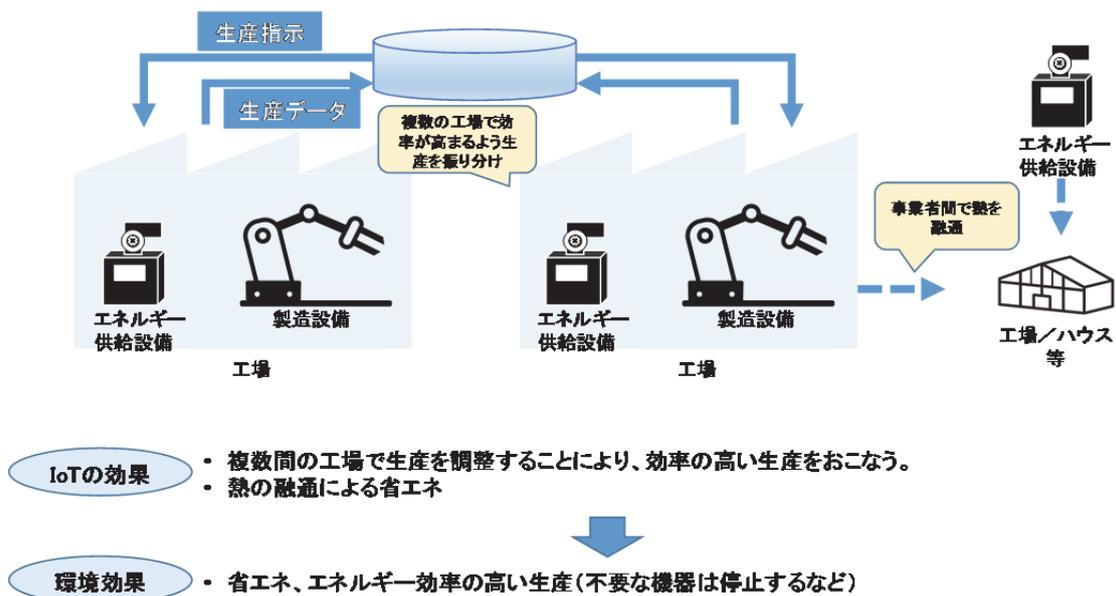


図 4-7： 「連携省エネ」ソリューションの概要

省エネルギー小委員会中間とりまとめ²⁰では、連携省エネの 2 つのタイプが示されている（図 4-8）。ひとつは、工程の一部集約による省エネである。複数の事業者が協力し、工程の一部を特定の事業者を集約することで、全体の生産性を向上させ、省エネを実現する。個々の事業者では小規模にとどまるエネルギー需要を束ね、大型で高効率なコージェネレーションシステムを導入する場合も考えられる。もうひとつは、グループ会社単位での省エネ取り組みである。持ち株会社傘下のグループ会社全体で一体的にエネルギー管理を行うことで、トータルでの省エネを実現する。

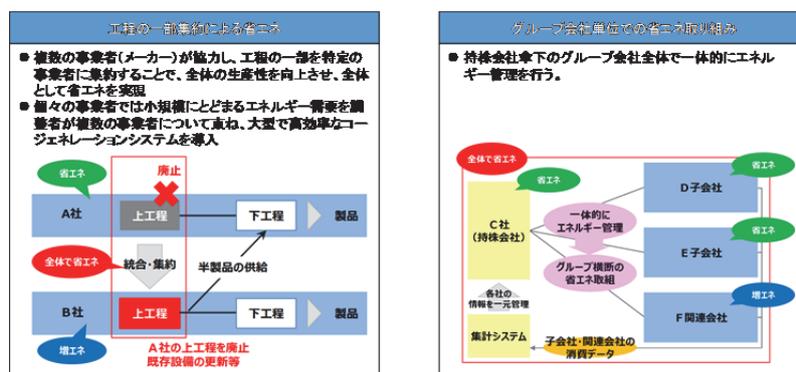


図 4-8： 連携省エネの考え方²¹

²⁰ 「省エネルギー小委員会中間とりまとめ」 http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20170131001_01.pdf

²¹ 省エネルギー小委員会中間とりまとめに基づき作成

② 具体的事例

複数事業者間でエネルギー供給を集約した事例として、横浜市内における日産自動車・J-オイルミルズ間の事例²²がある。自動車工場に大型コージェネレーションシステムを設置し、工場内で電力と熱を利用する。加えて隣接する工場の蒸気を利用する製造ライン向けに、蒸気配管と給水配管経由で蒸気を供給する。大型コージェネレーションシステム利用による効率化のおかげで、約 20%の CO2 排出抑制を実現した。

また、産業部門で熱利用が多い業種は、化学工業、石油工業、パルプ・紙製造業、鉄鋼業などの素材産業である²³。これらが立地する大規模なコンビナートにおける熱融通が検討されている。千葉・水島・鹿島の 3 か所のコンビナートにおける連携省エネの理論値は、原油換算で年間約 260 万 kL と試算されている²⁴。

③ 環境効果の検討

連携省エネは、さらなる省エネの高度化を目的とした取り組みである。熱供給をとりまとめる、生産量を調整するなどの方法によりエネルギー供給の効率化や熱のリユースを進める。エネルギー供給の効率化（省エネ）は、直接的に CO2 排出抑制につながっている（図 4-9）。

一方で、CO2 排出量の増加につながる要因としては、IoT システムの製造や運用に伴う資源使用や廃棄、オフィススペースの利用、ネットワーク利用等が考えられる。例えば、小型のコージェネレーションシステム集約の場合、コージェネレーションシステムの製造に伴う CO2 排出量の変化を評価する必要があると考えられる。

また、連携省エネ自体が複数の事業者の協力による取り組みであるため、CO2 排出抑制は、単独の事業者だけではなく、参加する全事業者の合計で評価する必要があると考えられる。

²² 平成 28 年度 エネルギー使用合理化シンポジウム資料

(http://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/shoene/data/20170127sympo_shiryo4.pdf)

²³ 「平成 24 年度新エネルギー等導入促進基礎調査（省エネルギー・再生可能エネルギーに関連する熱の有効利用促進施策に関する調査）報告書」

²⁴ NEDO HP (<http://www.nedo.go.jp/hyoukabu/articles/201315chiyoda-corp/index.html>)

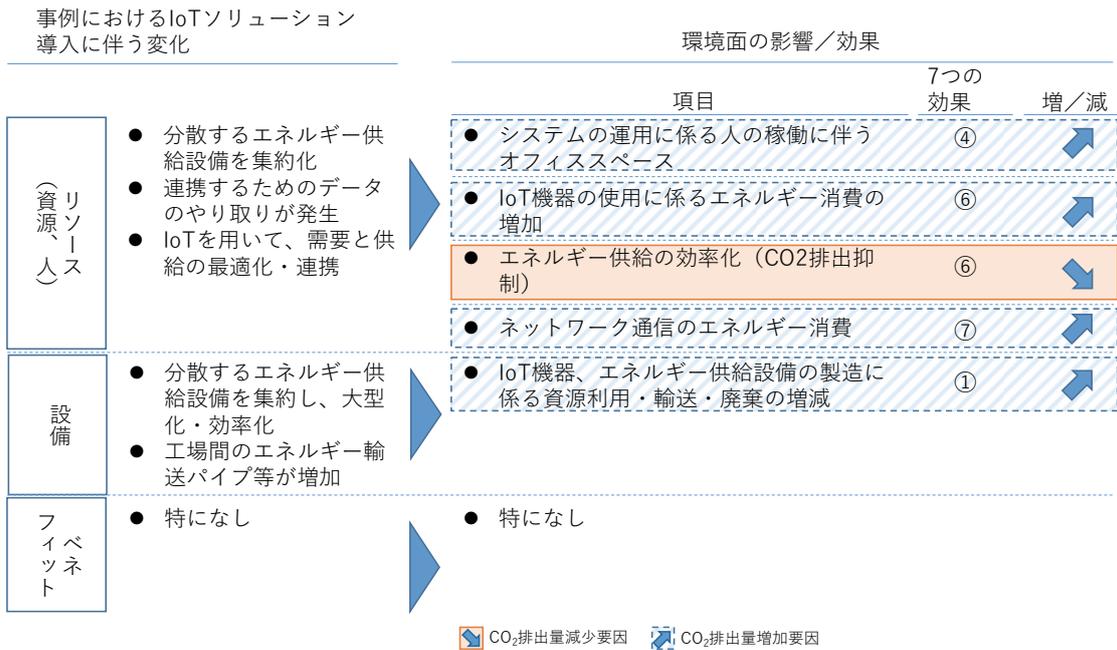


図 4-9: 「連携省エネ」ソリューションの環境効果詳細

④ 普及の動向

日本の工場のエネルギー消費量は、化学工業・鉄鋼業などの素材系が全体の約 85%を占める。連携省エネは、素材系・非素材系の両者に適用できるが、ここではエネルギー消費量に占める割合が高い素材系の動向を検討する。

素材系産業が集積している石油コンビナートは全国約 10 か所に存在する。「②具体的事例」に示したとおり、そのうち 3 か所で、年間約 260 万 kL の省エネ効果が期待できるとの理論的試算がある。

一方、日本の石油化学製品の製造は、いくつかの要因から今後縮小傾向となる可能性が指摘されている。供給面ではシェール革命や海外化学産業の投資拡大による海外製品の増加、需要面では国内需要や近隣需要地である中国の化学製品需要の減退のため、日本での生産量は将来的に 50～85%の規模になる可能性がある」と試算されている²⁵。

このような状況に対応し、コンビナートにおける IoT を活用した生産革新が検討されている²⁶。IoT を活用して複数設備の最適化、共同運用、共同情報システム構築などを進めることで、地域内コンビナートの全体最適化を進め、強いコンビナートを構築することが期待されている。

⑤ 貢献量の推計

これらを踏まえて、「工場内省力化 (4.2.1.1 節)」と「連携省エネ (4.2.1.2 節)」の CO2 排出抑制貢献量の合計を、「工場可視化」として推計した (表 4-2)。試算では、生産性の向上とエネルギー使用効率の向上効果を環境貢献要素として評価した。

²⁵ 「石油化学産業の市場構造に関する調査報告」(経済産業省)

²⁶ 「石油コンビナートの連携・統合による生産性向上」(石油コンビナート高度統合運営技術研究組合)

表 4-2： 「工場可視化（工場内省力化、連携省エネ）」の CO2 排出抑制貢献量（推計）²⁷

		日本（万 tCO2/年）			世界（万 tCO2/年）		
		2016 年	2020 年	2030 年	2016 年	2020 年	2030 年
CO2 排出抑制 貢献量	（最小）	16	113	342	250	2,086	8,101
		～	～	～	～	～	～
	（最大）	31	384	1,091	500	5,907	22,742

²⁷ 各種資料に基づき（一社）資源循環ネットワーク推計

4.2.2 オンデマンド型製造・物流

① ソリューションの概要

「IoT、ビッグデータ、人工知能の進展による 2030 年の物流ビジョン 報告書²⁸」では、物流の役割を、「サプライチェーンを構成する各プレイヤーを有機的に結び、全体最適によって経営の効率化と環境負荷低減を図り、顧客と企業価値を最大化すること」としている。あらゆるモノの流れは需要情報から発生するが、その情報が上流に伝播される過程で歪められ、無駄な在庫や余分な輸配送を生じさせると指摘している。同報告書では、これらの無駄を解消するために、上流と下流の間で情報がシームレスに見える化されることが必要不可欠と指摘している。

「オンデマンド型製造・物流」は、需要予測を踏まえて製造・物流を最適化することで、在庫削減や輸送経路の短縮、積載率・実車率の改善などの効率化を進めるソリューションである（図 4-10）。発注に対して輸送コストが最小となる在庫を割り当てるオーダー管理システムの普及が進んでいる。また、小売業では EC の普及に対してオムニチャネル対策が進んでいる。トラックや配送車など物流の担い手不足が社会課題となっている点も、導入の背景となっている。

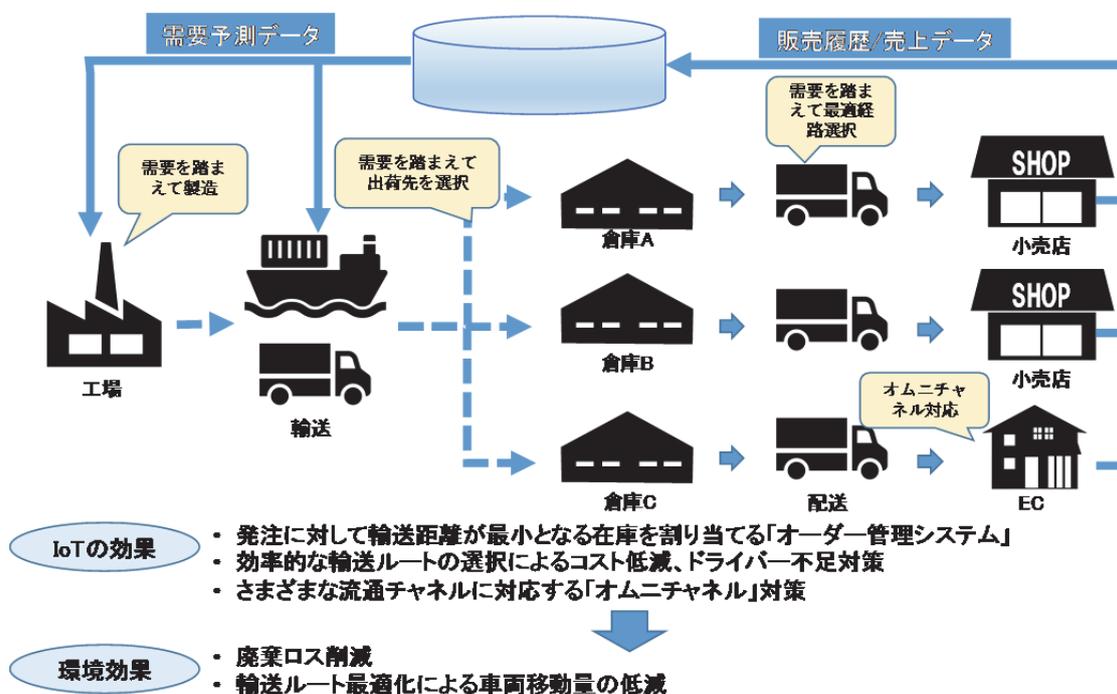


図 4-10： 「オンデマンド型製造・物流」ソリューションの概要

② 具体的事例

需要予測を踏まえた製造・物流の事例として、気象協会は気象データを用いた需要予測に基づく食品ロス削減・サプライチェーン最適化の実証を進めている（図 4-11）。食品の需要は気象条件に大きく左右され、食品ロスや販売機会損失が発生している。気象情報を取り入れた食品ロス削減の取り組みでは、気象予測に基づいた食品需要予測を用いることで、食品ロスの約 20～30%

²⁸ 「IoT、ビッグデータ、人工知能の進展による 2030 年の物流ビジョン 報告書」
http://www.logistics.or.jp/jils_news/2016/08/iot2030.html

が削減された。この事例では、気象庁及び海外（ヨーロッパ中期予報センター）の気象予測データと POS レジなどのデータを用いて分析した結果を事業者へ送信している。

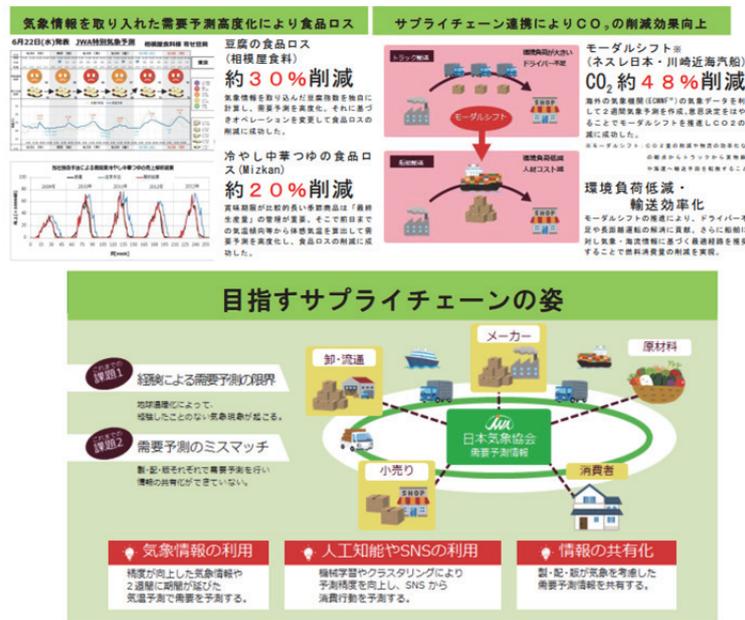


図 4-11： 気象情報に基づく需要予測を用いた食品ロス削減の事例²⁹

また、需要予測による日配品の廃棄ロス削減事例³⁰を、図 4-12 に示した。この事例では、クライアントである小売事業者から収集したデータに基づき、学習エンジンを用いて店舗・商品ごとの発注数を算出した。その結果、日配品の廃棄ロスを約 40%削減することができた。



図 4-12： 小売店舗における日用品廃棄の削減事例

²⁹ 「IoT 活用によるグリーン貢献に関する調査研究報告書 ～第一次報告 物流・農業～」(JEITA グリーン IT 委員会)

³⁰ NEC HP (<http://jpn.nec.com/profile/vision/report/04.html>)

さらに、アパレル分野では、需要予測に基づき製品の輸送ルートを最適化することでCO2排出を抑制した事例が存在する³¹。国外製造拠点から製品を発送する段階で、日本の店舗で得られた売り上げ情報を基に需要予測を行い、それに基づき日本国内で荷揚げする3つの港への輸送量配分を決定する。日本に到着後はそれぞれの港から最寄りの店舗へ配送を行う。結果、従来4,434 kmだった国内配送の走行距離が1,096 km（約4分の1）に短縮され、入荷に伴う作業時間や棚卸作業も大幅に削減されたとしている。

③ 環境効果の検討

オンデマンド型製造・物流は、需要予測に基づく製造量の決定や物流の最適化により、納期時間の短縮やコスト削減、在庫の削減、機会損失の低減を進める取り組みである。需要に基づく製品の製造・物流により、結果的に賞味期限切れ食品など製品の廃棄ロスを抑制することが可能である。また、物流の輸配送を最適化することにより、在庫の削減や荷物輸送距離の削減が実現する。このような廃棄ロスの削減や物流の最適化は、CO2排出量抑制に寄与すると考えられる。

一方、CO2排出量の増加要因としては、IoTシステムの構築や運営にかかわるCO2排出量が考えられる。特徴的な点として、外部データの利用をあげることができる。このような外部データをCO2排出抑制貢献の観点でどのように評価するべきか、今後の議論が必要である。

以上のCO2排出抑制貢献の要因を図4-13に示した。

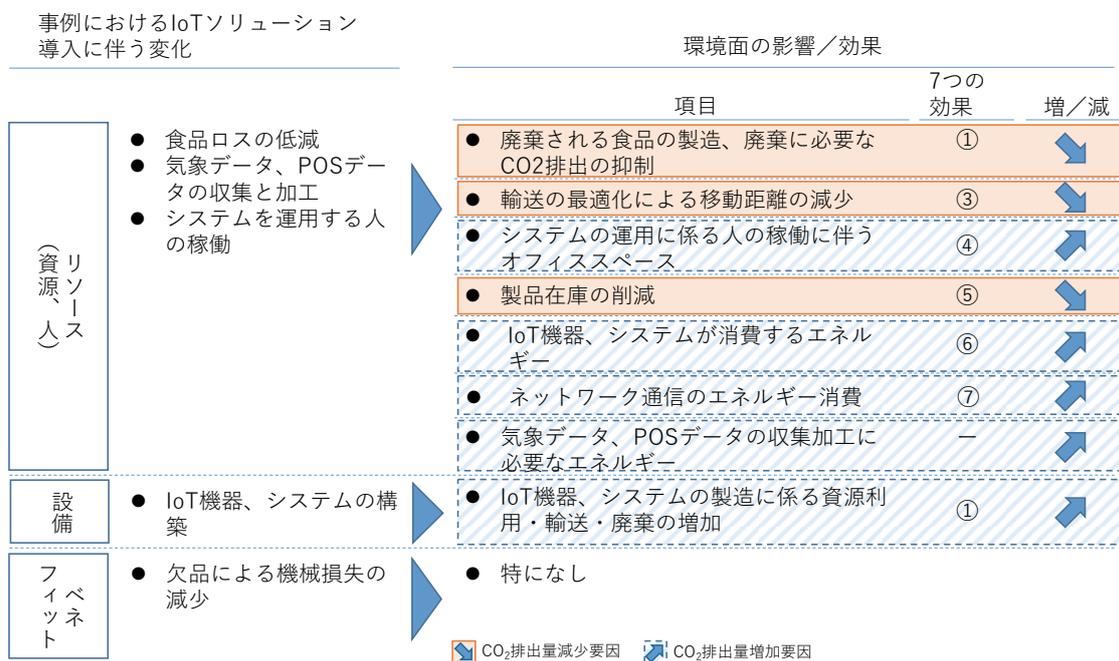


図 4-13： 「オンデマンド型製造・物流」ソリューションの環境効果詳細

³¹ 「平成28年度次世代物流システム構築事業実施報告書 ファッション産業版 高次IoTモデルによる商品供給構造の高度化と環境負担軽減施策」

④ 普及の動向

EC の普及により、物流に求められる配送スピードや在庫引き当ての要求水準が高まっている。増加する荷物を短い期限内で配送するため、物流倉庫の自動化、輸配送車両に積載する荷物や行先を最適化するためのデータ活用など、物流の高度化が進んでいる。物流に求められる機能が増える一方で人手不足が深刻なため、物流領域の投資額は増加を続けている。例えば、短納期の輸送を前提にした EC において、事前に時間的余裕をもって在庫を低コスト輸送することができれば、コスト低減分を利益増に結び付けることができる。このような、顧客からの注文を利益最大となる在庫に引き当てる「オーダー管理システム」も物流高度化の一例である³²。

また、需要予測を資源利用の効率化に結び付けることができる例の一つとして、食品ロス対策が考えられる。日本の年間食品廃棄量は約 1,700 万 t、国内及び海外から調達された農林水産物のうち食用に向けられた約 8,400 万 t の 2 割に相当すると言われており、削減への取り組みが進められている³³。食品産業全体の廃棄物量としては、食品ロス（可食部）が約 330 万 t、不可食部（野菜くず等）が 1,590 万 t である³⁴。賞味期限が廃棄の一因に挙げられている小売、卸、パン・菓子製造業、総菜製造業等の可食部と関連する不可食部の廃棄量を推計すると、約 210 万 t と考えられる。

⑤ 貢献量の推計

これらを踏まえて CO2 排出抑制貢献量の推計を行った結果を、表 4-3 に示した。

ここで、定量化の対象は、需要予測による食品ロスの削減効果に限定した。具体的には、需要量に応じて食品を製造・輸送することにより、賞味期限切れによる食品ロスの発生を抑制する効果である。

オンデマンド型物流では輸送の最適化によるエネルギー消費量抑制も CO2 排出抑制貢献として考えられるが、今回の試算には含んでいない。また、物流過程の品質劣化による食品ロス発生の抑制については、4.2.5 節に示した。

表 4-3： 「オンデマンド型製造・物流」の CO2 排出抑制貢献量（推計）³⁵

		日本（万 tCO2/年）			世界（万 tCO2/年）		
		2016 年	2020 年	2030 年	2016 年	2020 年	2030 年
CO2 排出抑制 貢献量	（最小）	0	18	75	0	347	1,657
	（最大）		37	150		694	3,314

³² 月刊ロジスティック・ビジネス 2017 年 1 月号

³³ 消費者庁 HP

³⁴ 「平成 26 年度食品産業リサイクル状況等調査委託事業 報告書」

³⁵ 各種資料に基づき（一社）資源循環ネットワーク推計

4.2.3 輸送計画の効率化、集中配送

① ソリューションの概要

現在、物流分野では、トラックなどの輸配送のリソースが不足している。その影響を回避すると共に、コストや環境負荷を低減するため、IT/IoT を活用して車両情報や積み荷情報を可視化し、輸配送ルートや車両計画を最適化・集約化する取り組みが進められてきた。

効率化を進める手法として、ミルクランや共同配送を挙げることができる。ミルクランは、複数のサプライヤーを順に回って集荷することで、集荷先ごとに毎回往復する場合よりも移動距離を削減する方法である。共同配送は、複数の集荷先・配送先の荷物をまとめて輸配送することで、トラックの積載率と実車率を向上させる取り組みである（図 4-14）。

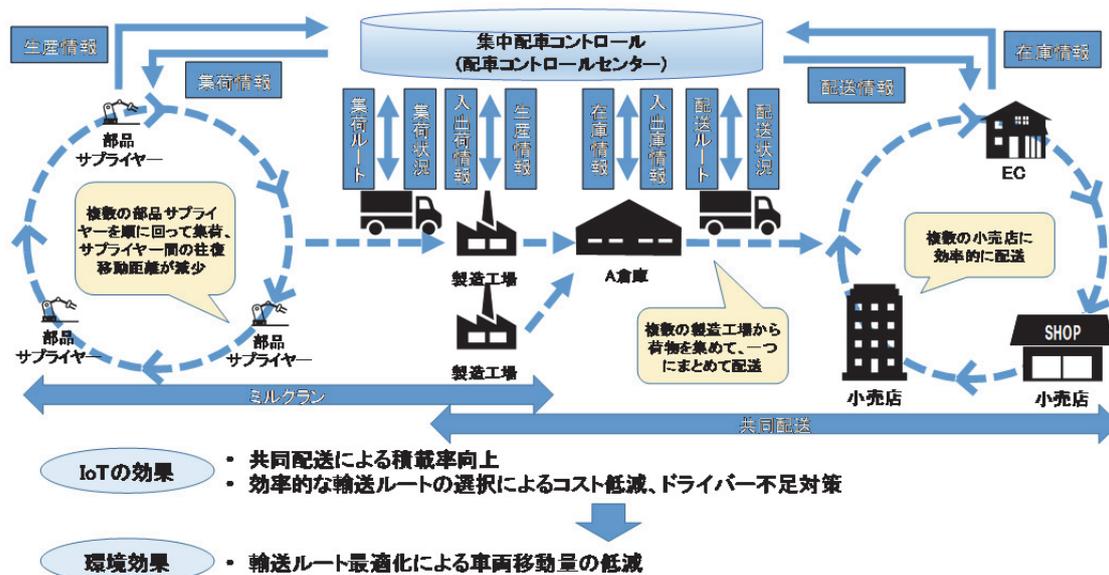


図 4-14: 「輸送計画の効率化、集中配送」ソリューションの概要

共同輸配送の形態は大きく3つに分かれる³⁶（表 4-4）。まず、「エリア配送」は、積載率を向上させるためにエリア内の共同配送を行う。次に、「幹線輸送」は、同じく積載率を向上させるために都市間の輸送を共同配送する。また、「帰り荷確保」は、実車率を高めるために帰りの積み荷を確保する方法である。

表 4-4: 共同輸配送の類型³⁷

	都市内（短距離）	都市間（中・長距離）
積載率対策	エリア配送	幹線輸送
実車率対策	帰り荷確保	

³⁶ 「2013 年度省エネ型ロジスティクス等推進事業補助金 輸送効率改善による省エネルギー方策の研究 報告書」

³⁷ 「2013 年度省エネ型ロジスティクス等推進事業補助金 輸送効率改善による省エネルギー方策の研究 報告書」に基づき（一社）資源循環ネットワーク作成

② 具体的事例

これまでのいくつかの共同配送・共同物流の事例では、約 20%程度の CO2 排出抑制効果を報告している³⁸。

共同物流の最近の事例のひとつに、H28 年グリーン物流パートナーシップ優良事業者表彰特別賞を受賞した複写機・印刷機の静脈物流回収システムがある³⁹。従来、使用済みの複写機・印刷機は個社が回収していたが、共同で回収を行う「回収機交換システム」の構築により、回収時の静脈物流の積載効率を高めることができる。これにより、輸送の効率化に限定しても、年間約 2.7 万 tCO2 の CO2 排出抑制が実現した。

また、IoT を用いたエリア配送効率化の参考例として、NEC によるスペインサンタナダール市のごみ収集サービス効率化を挙げることができる⁴⁰。市内のごみ収集容器にセンサーを取り付け、容器内に溜まったゴミの量や容器の設置場所などのビッグデータを収集・分析し、最適な収集ルートやタイミングをゴミ収集車に搭載されたモニタに表示する。これによって収集の効率化を進めることが可能となっている。

③ 環境効果の検討

共同配送やミルクランは、輸配送の積載率や実車率を向上させることを目的とした取り組みである。言い換えると、積み荷のないトラックの無駄な移動を削減することを目指している。この結果、輸送の効率化による CO2 排出抑制効果が期待できる。

逆に CO2 排出増加要因としては、他のソリューションと同様、IT/IoT システムを構築・運用するために必要な機器やオフィススペースの利用、エネルギー消費等が考えられる（

図 4-15）。

³⁸ 例えば「グリーン物流パートナーシップ会議事例集」

³⁹ 「回収機交換システムの確立による使用済み製品の輸送効率の改善」

⁴⁰ NEC HP (https://jpn.nec.com/press/201410/20141006_03.html)

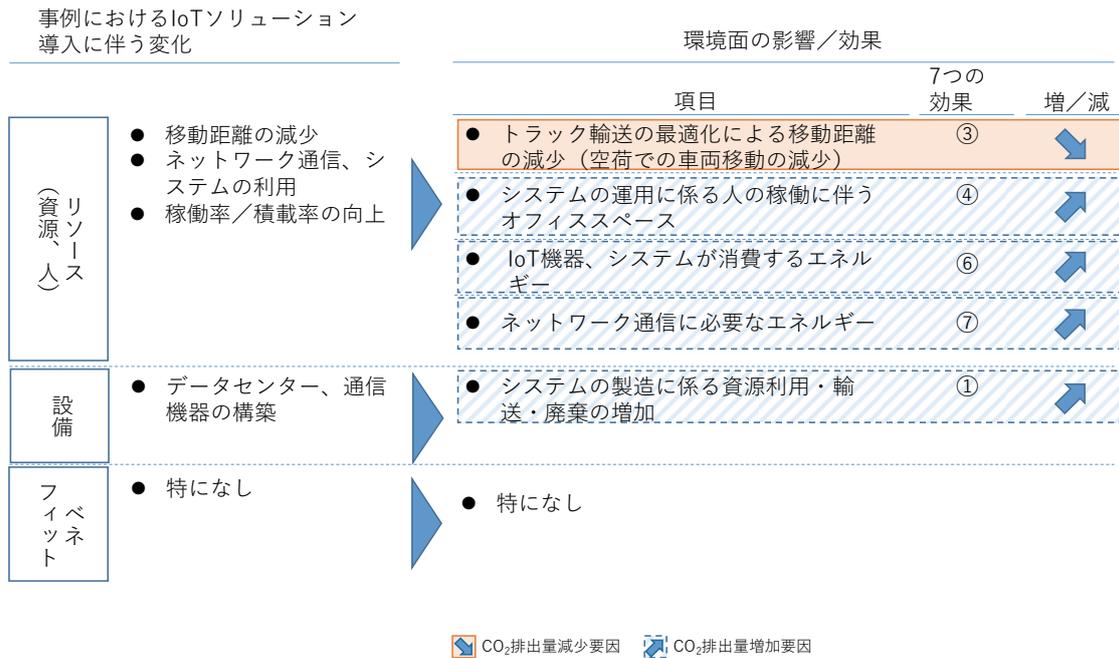


図 4-15： 「輸送計画の効率化、集中配送」ソリューションの環境効果詳細

④ 普及の動向

「2013年度省エネ型ロジスティクス等推進事業補助金 輸送効率改善による省エネルギー方策の研究 報告書⁴¹」では、共同配送の約 90 事例が分析されている。既存の共同配送事例では、地域を限定した共同輸配送事例（表 4-4 の「エリア配送」）が多い。食品や日用雑貨など、荷物が低価格でかさばり、かつデイリーの配送が要求される業界を中心に、地方部での配送共同化が多くみられる。数は少ないが、異業種による帰り便、往復輸送の事例も増えてきている。

現在の共同化の実施は、幹線輸送での共同化に取り組む事業者が約 25%、エリア輸送での積み合わせが約 45%である。また、今後新たな共同化を行いたい区間・エリアがあると回答した事業者の割合は約 20%であった。

⑤ 貢献量の推計

これらを踏まえて CO₂ 排出抑制貢献量の推計を行った結果を、表 4-5 に示した。

⁴¹ 「2013年度省エネ型ロジスティクス等推進事業補助金 輸送効率改善による省エネルギー方策の研究 報告書」
<http://www.meti.go.jp/policy/economy/distribution/pdf/H25chosa-1.pdf>

表 4-5 : 「輸送計画の効率化、集中配送」の CO2 排出抑制貢献量 (推計) ⁴²

		日本 (万 tCO2/年)			世界 (万 tCO2/年)		
		2016 年	2020 年	2030 年	2016 年	2020 年	2030 年
CO2 排出抑制 貢献量	(最小)	7	17	47	119	320	1,061
		～	～	～	～	～	～
	(最大)	19	45	124	318	854	2,829

⁴² 各種資料に基づき (一社) 資源循環ネットワーク推計

4.2.4 予知保全

① ソリューションの概要

インフラや設備の保全・メンテナンスは、第一世代の事後保全から、第二世代の予防保全、第三世代の予知保全に移行してきた。予知保全は、IT/IoT を用いて設備機器の状態を個別にモニタリングし、使用状況に応じてメンテナンスの時期や内容を決める方法である。

予知保全は、航空機エンジン・電車・風力発電・インフラなどの設備や機器を対象とする。これらの設備や機器は、使用状況によってメンテナンスを行うべきタイミングが異なる。IoT ソリューションを用いてモニタリングし、適切なタイミングでメンテナンスを行うことによって、設備機器の運営者側は、故障の発生とそれに伴う機会損失を回避し、同時に高いメンテナンスコストを低減することができる。また、設備機器ベンダーにとっても、単に製造した機器を納入するという通常のビジネスではなく、アフターサービスまで継続的な価値提供を行う新しいビジネスモデルでのサービス提供を進めることができる（図 4-16）。

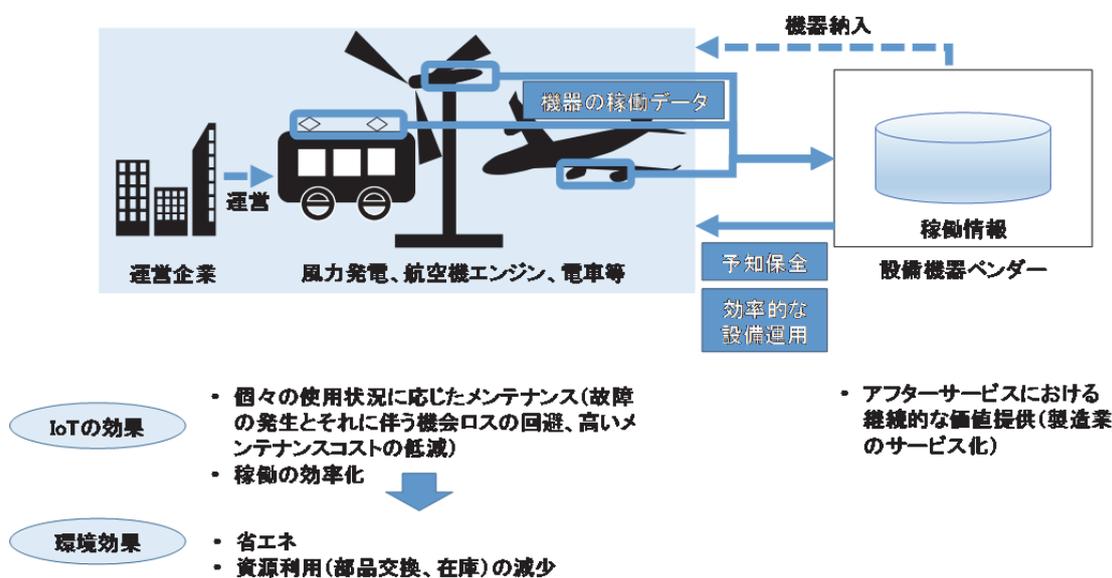


図 4-16： 「予知保全」ソリューションの概要

② 具体的事例

予知保全の著名な事例として、GE の事例を挙げることができる。製造した航空機エンジンのアフターサービスやリース提供を担うことで、事業領域を拡大している。サービスを委託するエアラインにとっては、整備コスト、在庫保有コストの削減、定額化というメリットにつながる⁴³。予知保全を提供するプラットフォームは、現地の測定機器、エッジコンピューティング、クラウドサービスなどから構成されている。

また、米軍の航空機保全の事例では、信頼性に基づく IoT を用いた個別メンテナンスを行うことで、保全に係る時間が 1/3 以下に短縮された⁴⁴。

⁴³ 「特集:米国の競争力の源泉を探る 今、米国の持続的成長から学ぶべきことは何か」(みずほ産業調査 Vol.45)

⁴⁴ 記事検索

③ 環境効果

予知保全は、メンテナンスコストの削減と整備の最適化が目的とされている。環境貢献の側面からは、保全に必要な部品在庫の削減や整備に必要な機器使用や移動、人の稼働に伴う CO2 排出の抑制が期待できる（図 4-17）。

一方で、予知保全に必要な IoT 機器は、現場の測定機器、エッジコンピューティング、クラウドサービス、現場との通信などから構成されている。IoT ソリューションの利用にあたっては、これらが CO2 排出量の増加要因となると考えられる。

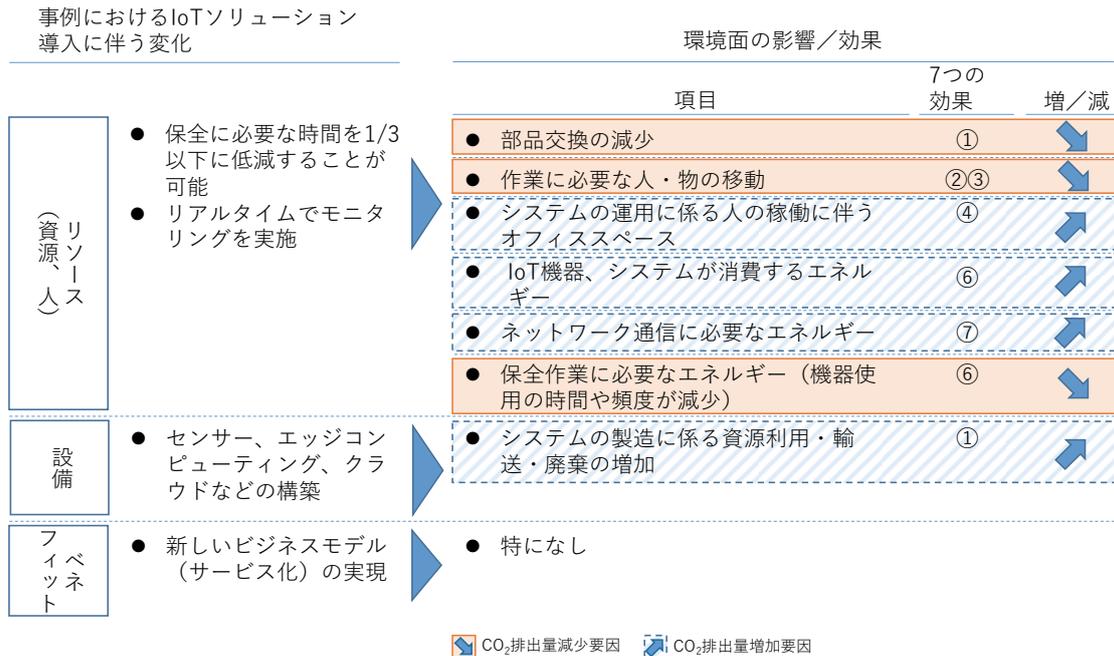


図 4-17： 「予知保全」ソリューションの環境効果詳細

④ 普及の動向

予知保全は、工場・建機・ビル・インフラ等の広範囲での活用が期待されている。

このうちインフラの保全に注目すると、日本では、生活インフラの老朽化が進んでおり、維持管理コストは年間約 3.5 兆円程度と予測されている。

保全マネジメント市場の市場規模は、市場範囲の定義によって異なる。道路・鉄道・空港・治水・生活インフラ等を対象としたインフラ維持管理の次世代技術・システム関連市場は、現在約 150 億円の市場が 2030 年に 2,200 億円に成長すると予測されている⁴⁵。一方、保全のより広い範囲を市場ととらえると、2013 年時点で約 2.2 兆円の市場規模が 2030 年に 2.9 兆円になると推計されている。こちらは、既に設備管理されているビル・商業施設関連設備や電力インフラなどが含まれる。ただし、工場のように、推計の範囲外の予知保全適用領域が存在すると考えられる。

⁴⁵ 富士経済プレスリリース

⑤ 貢献量の推計

これらを踏まえて CO2 排出抑制貢献量の推計を行った結果を、表 4-6 に示した。

予知保全は工場、重機・建機など広範囲な設備や機器が対象となりうるが、ここではデータの制約からインフラ分野における次世代保全を対象を限定して推計を行った。推計では、次世代保全の将来の市場規模に対して「機械修理」の排出原単位データベース⁴⁶を適用して CO2 排出量を計算した。

表 4-6： 「予知保全」の CO2 排出抑制貢献量（推計）⁴⁷

		日本（万 tCO2/年）			世界（万 tCO2/年）		
		2016 年	2020 年	2030 年	2016 年	2020 年	2030 年
CO2 排出抑制 貢献量	（最小）	1	6	17	25	112	387
		～	～	～	～	～	～
	（最大）	2	42	120	41	792	2,726

⁴⁶ 「サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出等の算定のための排出原単位データベース（ver2.2）」

⁴⁷ 各種資料に基づき（一社）資源循環ネットワーク推計

4.2.5 (参考) 輸送品質のモニタリング

① ソリューションの概要

食品や医薬品などの輸送では、一定の温度を維持した輸送が求められる場合がある。保冷車の温度管理を精密化することで、積み荷にダメージを与えるリスクを低減させることができる。また、輸送ルート最適化も同時に行うことで、移動距離の削減効果も期待できる。

このような目的に資する IoT ソリューションとして、保冷車や輸送コンテナの温度を記録するロガー、温度情報を管理センターとやりとりし制御を行う温度モニタリングソリューションを挙げることができる (図 4-18)。

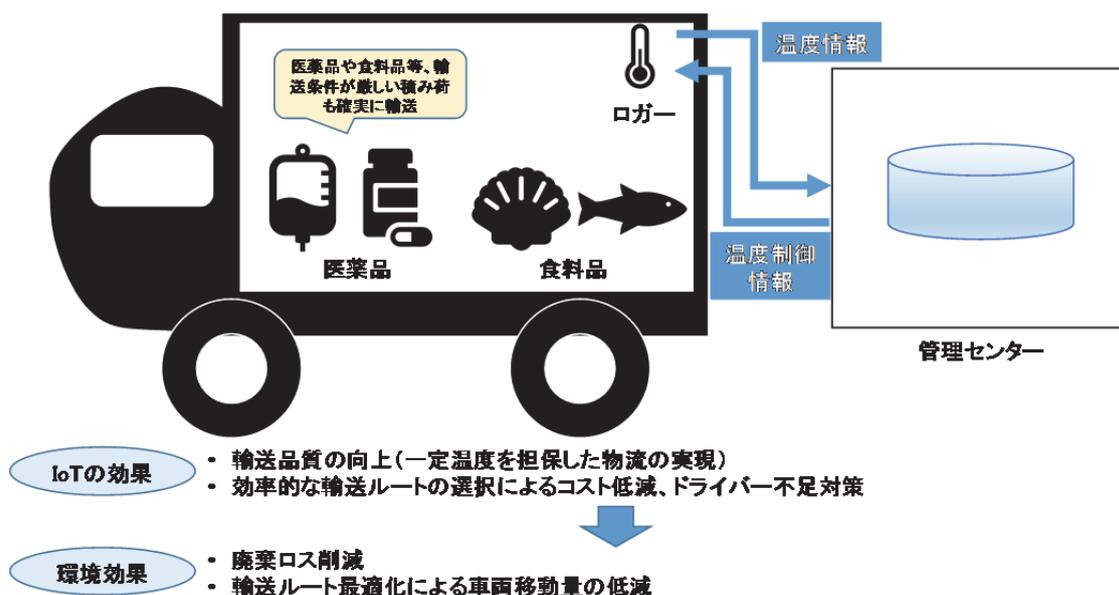


図 4-18: 「輸送品質のモニタリング」ソリューションの概要

② 具体的事例

昨年度 JEITA グリーン IT 委員会では、定温物流を対象とした IoT ソリューション事例について検討を行った⁴⁸。

まず、「センサーロガーによる輸送品質可視化・分析サービス」は、輸送品梱包内や輸送媒体にとりつけたセンサーロガーによって輸送品質データを取得、可視化した事例である。輸送時の走行データと突合することにより、輸送計画の効率化の効果も得られた (図 4-19)。

⁴⁸ 「IoT 活用によるグリーン貢献に関する調査研究報告書 ～第一次報告 物流・農業～」(JEITA グリーン IT 委員会)

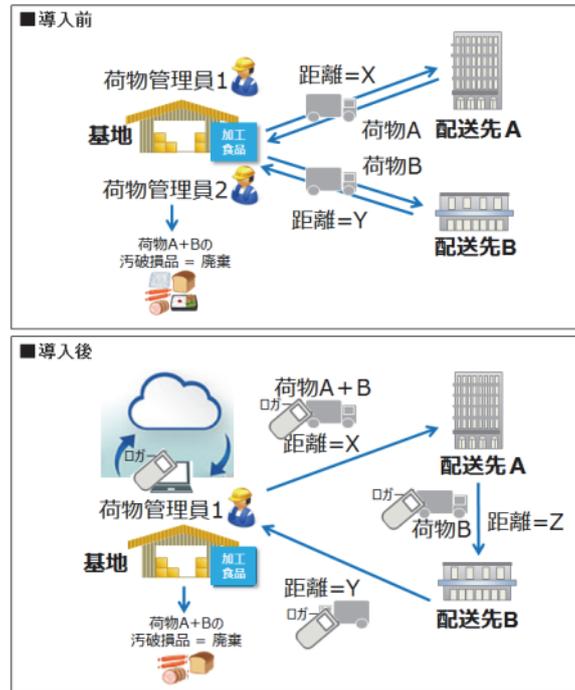


図 4-19： 「センサーロガーによる輸送品質可視化・分析サービス」の事例

一方、「冷凍・冷蔵輸送車向け遠隔での温度管理ソリューション」は、温度情報をインターネット経由で管理センターに送信し、輸送中の温度の管理・制御を行う事例である（図 4-20）。保冷库内の温度が異常を示す場合、制御情報を送信し温度を制御することが可能である。これにより、輸送食品の品質を確保、異常時の原因把握に資する情報を得られる。

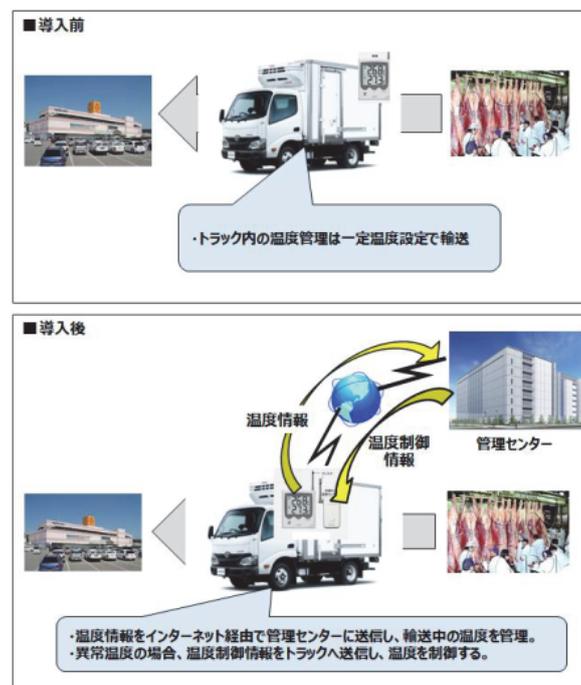


図 4-20： 「冷凍・冷蔵輸送車向け遠隔での温度管理ソリューション」の事例

③ 環境効果の検討

「②具体的事例」で示したとおり、IoT を用いた定温物流により、一定温度下での輸送を担保し、積み荷にダメージが生じるリスクを低減することができる。これは、食品ロスの減少（ロス分の食品の製造・廃棄に伴う CO2 排出抑制）につながる。ただし、食品ロスの発生は、通常賞味期限切れなどが主因と考えられる⁴⁹。物流過程のモニタリングは、潜在的な廃棄ロス発生リスクの低減が主目的で、直接的に CO2 排出抑制に換算しにくい面がある。

その他の CO2 排出抑制貢献の要素についても、昨年度検討した結果に基づき整理した結果を図 4-21 に示した。

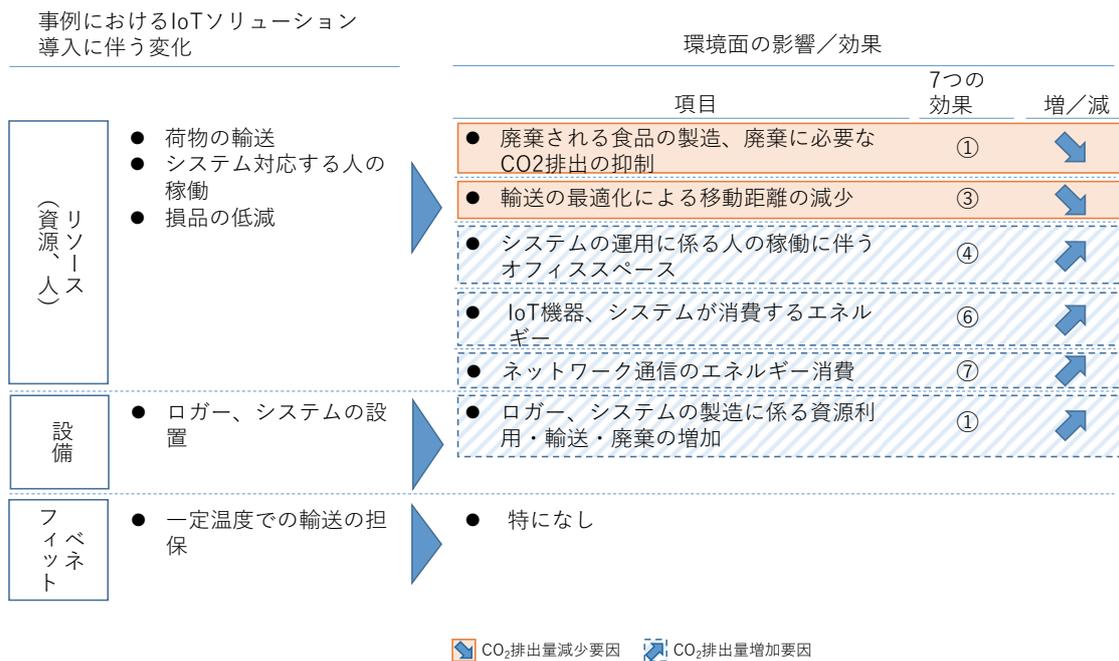


図 4-21： 「輸送品質のモニタリング」ソリューションの環境効果詳細

④ 普及の動向

食品を中心とした定温物流は、今後特に中国やタイなどアジア域での拡大が予想される。2013年時点の冷凍冷蔵食品の国別一人当たり市場規模を比較すると、日本が 119kg/人・年であるのに対し、タイと中国はそれぞれ 33kg/人・年、25kg/人・年にとどまっている⁵⁰。両国は近代的な食料品店の市場規模が近年急速に拡大している。近代的な食料品店を支える定温物流インフラは、今後これらの国で顕著に拡大すると予想される。

⁴⁹ 賞味期限切れによる食品ロスの抑制は、4.2.2 節「オンデマンド型製造・物流」で対象とした。

⁵⁰ 「拡大するアジアの低温／定温物流」（日本政策投資銀行）

【④移動革命の実現】

4.2.6 カーシェアリング（・ライドシェア・オンデマンド交通）

① ソリューションの概要

今後のモビリティのビッグトレンドの一つに「シェアリング」が挙げられる。

カーシェアリングを利用すると、利用頻度が少なく自動車購入が経済的に合理的ではない世帯でも自動車の利用が可能になる。自動車車両を共有するカーシェアリングに加えて、乗車ベースのライドシェアリング、公共交通機関のオンデマンド交通など、いくつかの類似形態がある。ここではカーシェアリングを中心に記述する。

カーシェアリングの概要を、図 4-22 に示した。自動車の利用頻度が少ない世帯でも、カーシェアリングによって、利用したい時に自動車を利用することができる。また、全国の出張先や旅行先でカーシェアリングを利用することで、気軽に出先での自動車利用が可能となる。

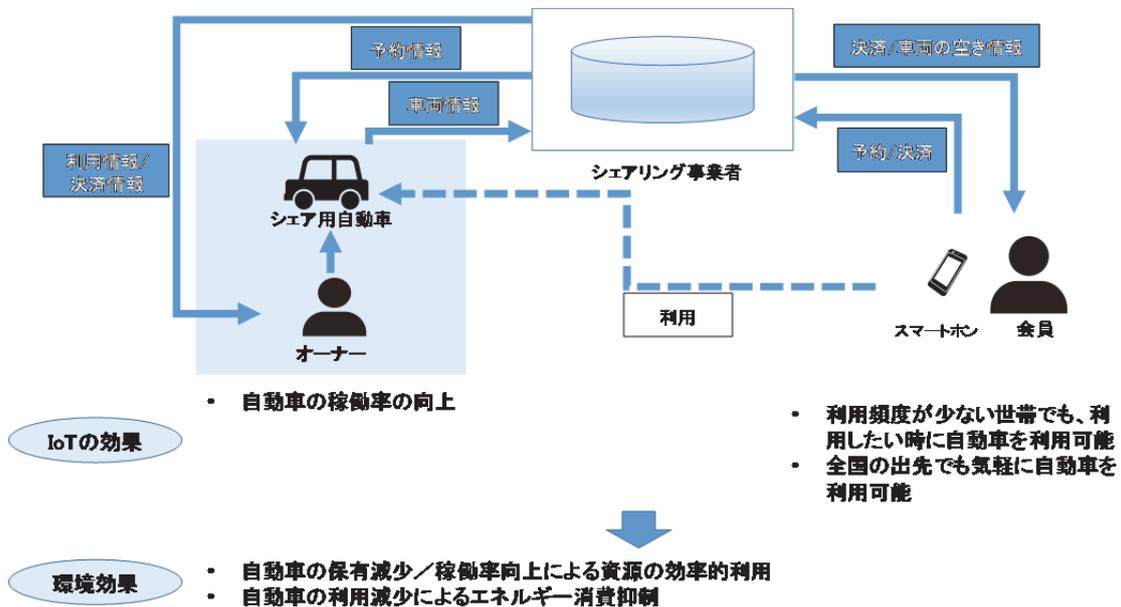


図 4-22： 「カーシェアリング」ソリューションの概要

② 具体的事例

図 4-23 は、カーシェアリングのシステム構成例である。カーシェアリングシステムは、主としてデータセンターにおけるサービスプラットフォームと車両端末から構成される。

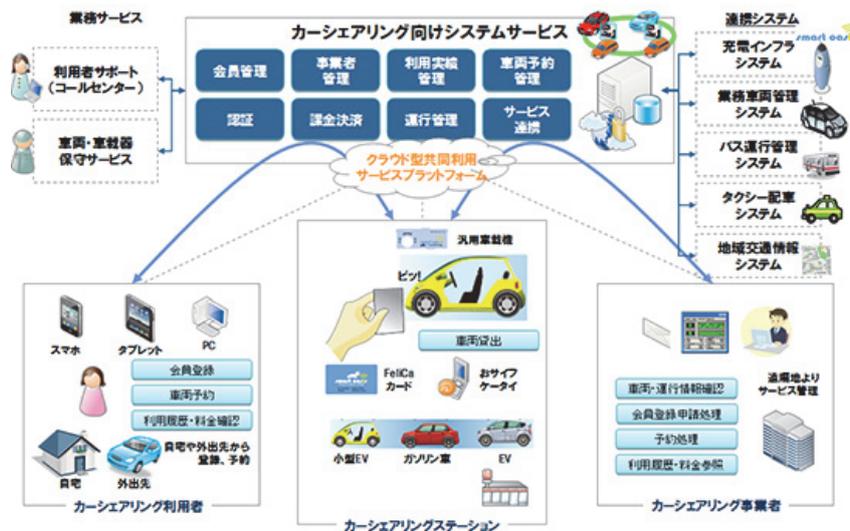


図 4-23 : カーシェアリングのシステム構成例⁵¹

③ 環境効果の検討

カーシェアリングの利用者は、使用したいタイミングでシェアリング用自動車を利用することが可能なため、自動車を保有する必要がなくなる。シェアリングエコノミーの環境貢献を分析したレポート⁵²によると、この結果、カーシェアリングの環境貢献は自動車の保有と利用の両面に現れる。

まず、自動車の保有の側面では、「新たに自動車を購入する必要がなくなる」「保有している自動車が不要になり売却する」ため、自動車の保有が抑制される。逆にカーシェアリング向け自動車販売が増える側面もあるが、1台のシェアリング車で3～8台の個人保有自動車置き換えられるため、結果として自動車台数は減少すると試算されている。

次に、自動車の利用の側面では、カーシェアリング導入前に公共交通機関などを利用していた層がシェアリングカーを利用することで自動車の利用が増加する面がある。一方で、自動車保有からカーシェアリングに移行した家庭では、自動車を保有していた時と比べ自動車の利用頻度が減少する。全体では自動車に乗る量が減少する効果のほうが多く、利用者当たり 130 ～ 980 kg CO₂/年の CO₂ 排出抑制になると試算されている。

逆に、CO₂ 排出量の増加をもたらす要因として、カーシェアリングシステムの構築に必要な資源利用や CO₂ 排出量増加、システム運用に必要な CO₂ 排出量増加等が考えられる (図 4-24)。

⁵¹ 日本ユニシス HP (https://www.unisys.co.jp/news/nr_140210_smart oasis.html)

⁵² “Environmental impacts and potential of the sharing economy”

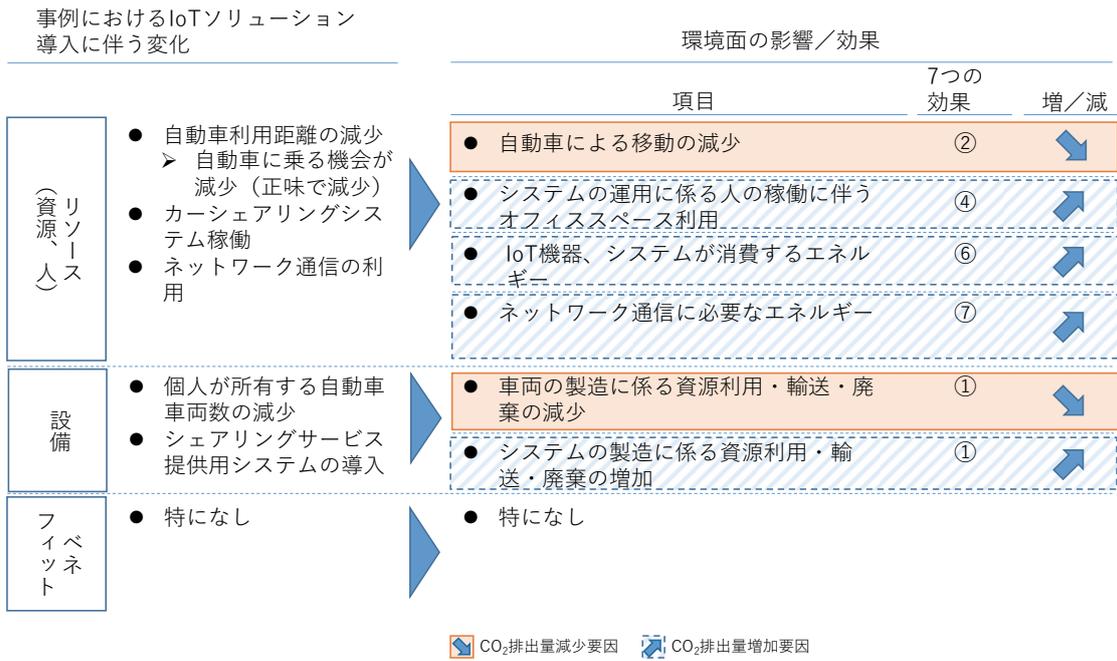


図 4-24： 「カーシェアリング」ソリューションの環境効果詳細

④ 普及の動向

自動車の保有とシェアリングサービスの利用を比較すると、年間走行距離が 12,500 km 以下のドライバーは、経済面からカーシェアリングを利用する可能性がある⁵³。

カーシェアリング車両数は、2016 年時点の日本では 19,700 台である。会員数・カーシェアリング車両台数ともに顕著な伸びを示している⁵⁴。また、世界では、カーシェアリング台数は、現在約 8 万台と推計されている⁵⁵。

カーシェアリングの市場は今後急拡大し、2030 年時点の世界全体では、会員世帯数 4,981 万世帯、カーシェアリング車両数 124.5 万台と予測されている⁵⁵。この予測では、カーシェアリング車両 1 台に対する会員世帯数は約 40 世帯とされている。

カーシェアリング普及の影響として、自動車販売台数の減少が指摘されている。自動車販売台数自体は新興国を中心とした需要の伸びによって、今後大幅に増加すると予測されているが、シェアリングエコノミー拡大による需要下押しが発生する。2015 年における世界の自動車販売台数が約 9,000 万台のところ、2030 年には世界の所得・人口増加によって 1.3 億台の自動車販売が予測されている。しかし、カーシェアリングへの移行による販売台数減少によって、約 1,000 万台の販売が抑制されると試算されている⁵⁶。

⁵³ “Whats Ahead for Car Sharing?” (The Boston Consulting Group)

⁵⁴ 「わが国のカーシェアリング車両台数と会員数の推移」(交通エコロジー・モビリティ財団 HP)

⁵⁵ 「シリコンバレーD-Lab プロジェクト レポート」

⁵⁶ 「2030 年に乗用車メーカーの利益は半減する!？」(日経テクノロジーオンライン)

⑤ 貢献量の推計

これらを踏まえて CO2 排出抑制貢献量の推計を行った結果を、表 4-7 に示した。推計した効果は、自動車の保有抑制に伴う CO2 排出抑制と利用の減少に伴う CO2 排出抑制の両方の効果を含んでいる。

表 4-7: 「カーシェアリング」の CO2 排出抑制貢献量 (推計) ⁵⁷

		日本 (万 tCO2/年)			世界 (万 tCO2/年)		
		2016 年	2020 年	2030 年	2016 年	2020 年	2030 年
CO2 排出抑制 貢献量	(最小)	6	12	31	31	171	511
		～	～	～	～	～	～
	(最大)	50	98	260	255	1,445	4,224

⁵⁷ 各種資料に基づき (一社) 資源循環ネットワーク推計

4.2.7 宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配

① ソリューションの概要

宅配ボックスやドローン/ロボット（自動運転車）による宅配が普及すると、再配達の配達スタッフの労働負荷を軽減できると共に、それに伴う環境負荷を軽減することができる。

「未来投資戦略 2017」では、ドローンや自動運転による宅配について、宅配便の個数増加への対応と、離島への荷物配送という二つの課題に対応するとしている。また、昨今では、配達スタッフの負担軽減が課題となり、宅配ボックスを用いた再配達の抑制が先行して検証されている。

図 4-25 に、宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配の概要を示した。物流事業者や EC 事業者などからの荷物の配送通知と受け取り者の受け取り希望などから受け取り日時が確定し、希望する日時にドローンやロボット・自動車をを用いて配達を行うか、宅配ボックスに配達する。結果、再配達が減少し、配達スタッフ不足対策となる。また、荷物を受け取る人にとっても、欲しい時に荷物を受け取れるオンデマンド配達を実現することになる。

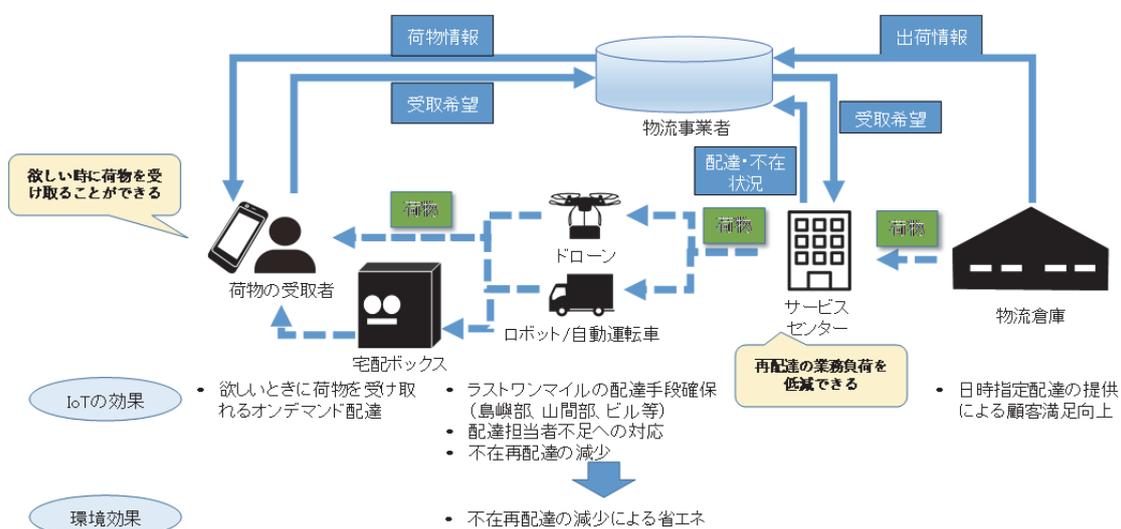


図 4-25: 「宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配」ソリューションの概要

② 具体的事例

(1) 宅配ボックス

宅配ボックスは、センサーを用いてリアルタイムに状態を監視する機能を備えるタイプと、電源の不要なシンプルタイプに分かれる。

リアルタイムに監視を行う宅配ボックスでは、ボックスに荷物が入れるとセンサーで感知し、コントロールセンター経由で受取者へ着荷通知が送信される。いたずら防止などの異常検知機能も備えている⁵⁸。また、駅など向けの宅配ボックスでは、監視センサー、通信機能、決済機能などが必要となると考えられる。

⁵⁸ セコム安心宅配ボックス HP (<https://www.secom.co.jp/homesecurity/goods/takuhaibox.html>)

電源の不要なタイプは、電源工事が不要となり、簡単に設置することができる⁵⁹。電源不要であるにもかかわらず、受け取りの押印を行う機能を持つ機器もある。

(2) ドローン

千葉市では、国家戦略特区を活用し、東京湾臨海部におけるドローンを用いた自動宅配の構想を検討している⁶⁰。一つ目の構想が超高層マンションへの宅配である。ドローンを用いて超高層マンション各戸への生活必需品などの宅配や侵入者等に対するセキュリティサービスを提供する。もうひとつが、遠隔診療と組み合わせた医薬品宅配である。幕張新都心内において遠隔での診療及び服薬指導を行い、地区内の薬局からドローンによる処方箋医薬品や要指導医薬品の配達を行う。

秋田県で実施されたドローンによる図書の配送実証試験では、ドローンの自動運航に成功した⁶¹。ドローン、地上局、図書室端末、配送管理端末、データサーバで構成されるシステムの通信に共通鍵暗号とワンタイムパッド暗号を適用することにより、制御の乗っ取りや情報漏えいを防御した環境で配送サービスを実施できることが示された。

(3) 自動配達車・配達ロボット

ヤマト運輸/DeNA は、自動運転自動車時代を見据えた「ロボネコヤマト」の開発を進めている⁶²。荷物受け取り時間指定 10 分単位、最短 40 分での配送を提供している。宅配に用いる自動車は、現時点では人が運転しているが、将来的には無人運転車両を用いた配送を視野に入れている。

他にも、小型宅配ロボットを用いた自動配送の開発を進めているスタートアップ企業が国内外に多数存在する。

③ 環境効果の検討

宅配ボックスを利用すると、荷物の受け取り者の利便性向上に加え、再配達が増え、配達スタッフの負担軽減につながると期待できる。また、ドローン/ロボットによる宅配は、ヤマト運輸/DeNA の事例が示唆するように、荷物受け取り者が希望する日時に配達するオンデマンド型の配達実現に資するため、やはり再配達の削減に貢献すると考えられる。したがって、宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配では、まず、再配達起因の荷物の移動に必要な CO2 排出量の抑制が期待できる (図 4-26)。

日本の再配達に伴う CO2 排出量は 2014 年時点で 42 万 tCO2/年と試算されている。戸建て住宅を対象とした宅配ボックスの実証事例⁶³では、宅配ボックス設置により再配達回数が月当たり回数換算で 84%減少した。

通常、宅配便の配達スタッフは、初回の配達、再配達、営業、荷物の収集などの業務を並行し

⁵⁹ 例えばパナソニック HP (<http://sumai.panasonic.jp/exterior/takuhai/combo/>)

⁶⁰ 千葉市 HP (https://www.city.chiba.jp/sogoseisaku/sogoseisaku/tokku/tokku_drone.html)

⁶¹ プロドローン HP (<https://www.prodrone.jp/archives/1558>)

⁶² ロボネコヤマト HP (<https://www.roboneko-yamato.com/>)

⁶³ パナソニック HP (<http://sumai.panasonic.jp/exterior/takuhai/combo/project/>)

を進めるため、再配達数がゼロになったからと言って移動距離がゼロになるわけではない。全体の移動距離のうち、再配達に伴う移動分が減少すると考えられる。

一方、従来の配送車両による配達にドローンやロボットに置き換わることによるCO2排出量の増減はケースバイケースと考えられる。ドローンによる配送と配送車両によるCO2排出量を比較した研究⁶⁴では、CO2排出量の増減はドローンの大小などによって異なるとの結果が示されている。

また、CO2排出量の増加要因として、特にドローンやロボットによる配送においては、「②具体的事例」で示したように、通常のITシステムに加えて、ドローンやロボット本体、それらの管制局などの利用に伴う資源・エネルギー消費を挙げることができる。

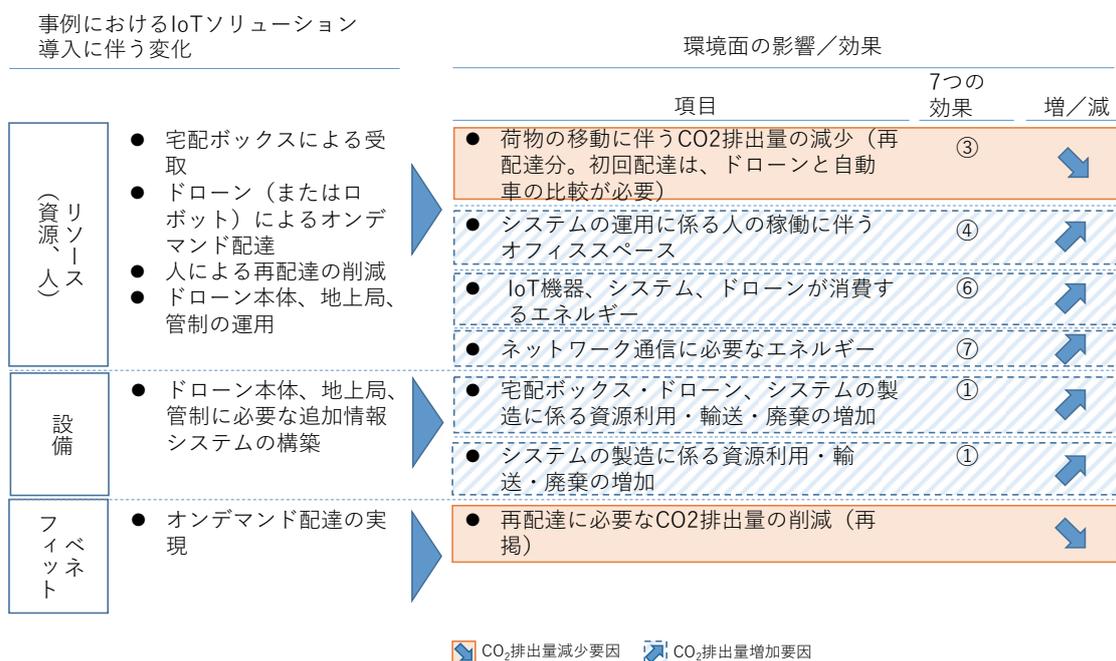


図 4-26： 「宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配」ソリューションの環境効果詳細

④ 普及の動向

現在、世界的にECの普及が進み、EC化率が継続的に上昇を続けている。2015年時点で世界のEC化率は7.4%だが、2019年には12.8%まで増加すると予測されている⁶⁵。日本では、家電や書籍、文具などからECの利用が進み、これらの分野ではEC化率は20~30%に達している。一方で、食品や衣類などのEC化率はまだ10%以下であり⁶⁶、今後さらにEC化が拡大する余地があると考えられる。

EC化率の上昇に伴って、宅配便の荷物数や再配達回数が増加している。日本では、再配達に伴

⁶⁴ “Energy use and life cycle greenhouse gas emissions of drones for commercial package delivery”

⁶⁵ 「平成28年版情報通信白書」

⁶⁶ 「平成27年度我が国経済社会の情報化・サービス化に係る基盤整備（電子商取引に関する市場調査）報告書」

う CO2 排出量は、2014 年時点で 42 万 tCO2/年と試算されている⁶⁷。今後さらに EC 化が進むと、ソリューション未導入時の再配達数とそれに伴う移動距離は大幅に増加すると予想される。一方海外でもやはり EC 化率の上昇によって宅配の配達数が増加していると考えられるが、配達不在時には置き配（ドアの前などに荷物を残置すること）する機会が多いようである。配達の信頼性は低く、トラブルの原因にもなっていると考えられる。

このような再配達の増加に対して、まず先行して宅配ボックスの普及が進められている。宅配ボックスは、マンションや戸建て住宅などの住居向け、駅などに設置されたもの、コンビニなどに設置されたものにわかれる。

このうち、住居向けの宅配ボックスとしては、マンション向けの設置が先行している。最近のマンションの約半数に宅配ボックスが設置されているとの分析があることから、2000 年以降に建築されたマンション（約 650 万戸⁶⁸）の約半数に設置されていると仮定すると、住宅約 5200 万戸のうち約 320 万戸で宅配ボックスを利用可能と考えられる。また、近年戸建て住宅を対象とした宅配ボックスの販売が加速していることから、今後戸建て住宅向け宅配ボックスも普及が進むと考えられる。

次に、ドローンを用いた宅配や、自動運転車・ロボットを用いた宅配は、現在、実証研究の段階にある。「②具体的事例」で示した事例も含め、国内外で、物流企業、EC 企業、IT 企業、ライドシェア企業などによる多数の研究開発が進められている。

しかし、ドローンやロボットを用いた宅配は、普及への課題が存在する。例えば、地方における自動配送車による配送では、荷下ろしの自動化ができないうちは、普及は限定的ではないかと指摘されている⁶⁹。また、ドローンの飛行やロボットの移動を法的・制度的に位置付ける必要がある。

再配達を行うドローンやロボットの開発は海外でも進められている。前述のとおり海外では置き配が多いもののトラブルの原因になりうることから、ドローンやロボットによる配達によって配達品質を向上させようとしていると考えられる。

⑤ 貢献量の推計

これらを踏まえて CO2 排出抑制貢献量の推計を行った結果を、表 4-8 に示した。ここで、車両による配達に伴う CO2 排出量とドローンやロボットによる CO2 排出量の比較は現時点ではデータの制約があることから、推計では再配達の減少による貢献だけを対象とした。

また、海外分は CO2 排出抑制量の推計を行わなかった。海外においても、宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配は必要とされていると考えられるが、現状で再配達が必ずしも一般的ではないことを考慮した。

⁶⁷ 「宅配の再配達の削減に向けた受け取り方法の多様化の促進等に関する検討会 報告書」

⁶⁸ 「H25 住宅・土地統計調査」

⁶⁹ 記事検索

表 4-8： 「宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配」の CO2 排出抑制貢献量（推計）⁷⁰

		日本（万 tCO2/年）			世界（万 tCO2/年）		
		2016 年	2020 年	2030 年	2016 年	2020 年	2030 年
CO2 排出抑制 貢献量	（最小）	1	12	95	NA	NA	NA
		～	～	～			
	（最大）	2	25	189			

⁷⁰ 各種資料に基づき（一社）資源循環ネットワーク推計

4.2.8 (参考) 電気自動車

① ソリューションの概要

今後自動車関連のビッグトレンドとして、「シェアリング」「コネクティビティ」「電気自動車 (EV)」「自動運転」の4つが予測されている⁷¹。このうち電気自動車 (EV) については、排ガスの低減による公害抑制や燃費の向上による CO2 排出抑制という環境側面の貢献に加え、内燃機関を用いる自動車と比べて構造がシンプルになる、ガソリンスタンドと比べて低コストで充電インフラの普及を加速できる、という効果が期待されている。電気自動車 (EV) 化は大きいトレンドであるが、IT/IoT の直接的な寄与 (IT 寄与率) を切り分けるのが困難なため、本調査では定性的な CO2 排出抑制貢献の検討を行う。

まず、電気自動車車両本体において、充電・放電などの電力マネジメント、自動車の制御などの多くの側面で、IoT 技術が重要な役割を担っている。また、IoT 技術を用いた充電インフラ等も重要である。当面電気自動車には航続距離の制約が存在する。そこで、電力消費・充電履歴やユーザーの使用パターンなどを踏まえた充電スポットやルートの提案を行い、円滑な電気自動車利用を促す役割を IoT が担う (図 4-27)。

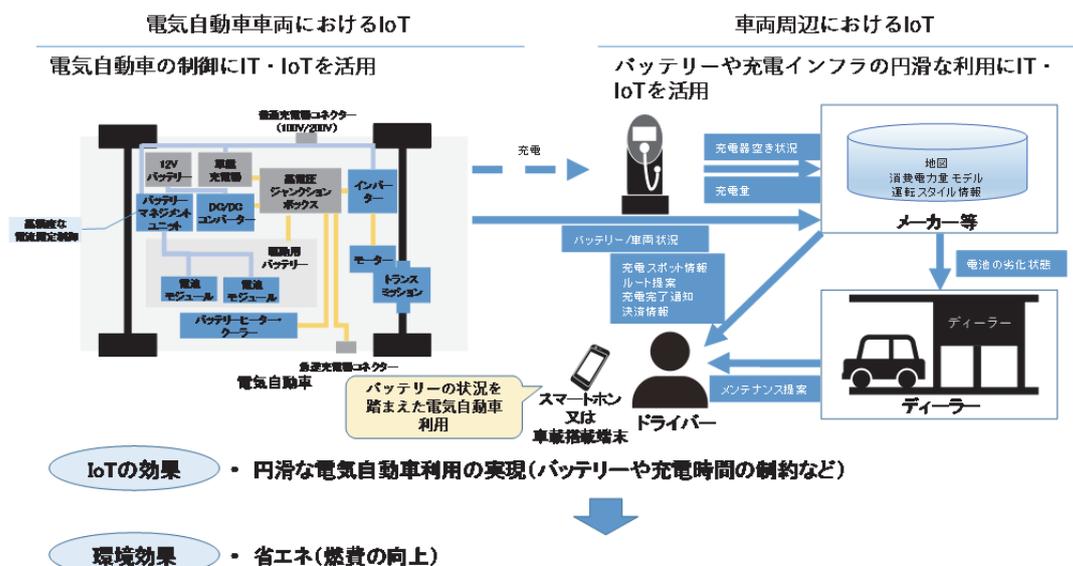


図 4-27: 「電気自動車」ソリューションの概要

また、新しい交通手段として、3人以下などの少人数による近距離の移動を目的としたパーソナルモビリティの開発が進められている。パーソナルモビリティには、二人乗りを基本とする超小型モビリティ、高齢者を対象とするシニアカー、1人での移動を行うロボットなどが存在する。1~2人で“自転車以上自動車未満”の近場を手軽に移動できる手段を提供し、高齢者や若年層の自由な移動に貢献する (図 4-28)。

⁷¹ 「シリコンバレー-D-Lab プロジェクト レポート」

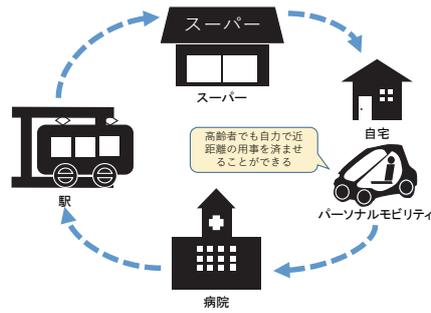


図 4-28： パーソナルモビリティの用途

② 具体的事例

電気自動車では、自動車単体だけではなく、周辺の充電スタンド／ディーラー等におけるデータ活用が必要となる。

充電インフラは、データセンター、充電スタンド、決済端末などから構成されている。充電インフラの位置情報や空き情報、利用者認証や利用情報、決済情報などがやりとりされる(図 4-29)。

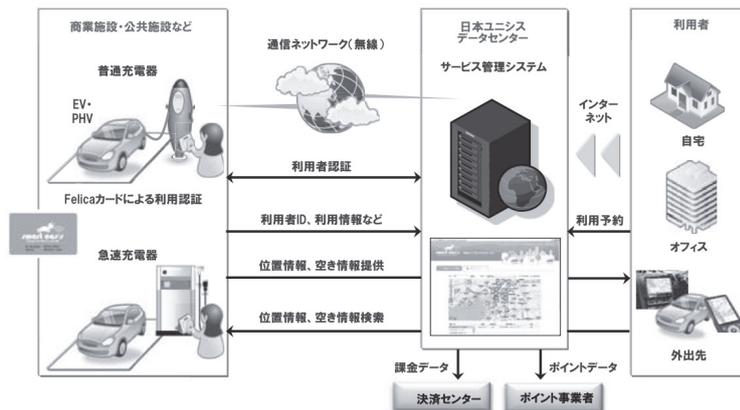


図 4-29： 充電インフラシステムの事例⁷²

また、消費電力と走行履歴を踏まえて走行可能距離を予測し、推奨充電スポットを提案する「EV充電ナビシステム」の開発も進められている(図 4-30)。

⁷² 日本ユニシス HP (http://www.unisys.co.jp/tec_info/tr112/11201.pdf)

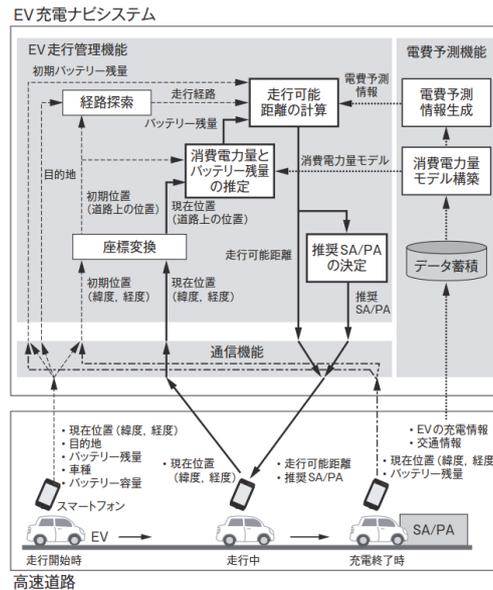


図 4-30： EV 充電ナビシステムの事例⁷³

これらのインフラでは、急速・普通充電器などの機器、データセンターインフラ、携帯網通信などが用いられている。

③ 環境効果の検討

電気自動車／パーソナルモビリティによる CO₂ 排出抑制効果を要素ごとに検討した結果を図 4-31 に示した。

電気自動車と通常のカソリン車の CO₂ 排出量を比較した調査⁷⁴によると、ガソリン車による CO₂ 排出量が 147 gCO₂/km であるのに対し、2009 年度の電源構成における発電所の CO₂ 排出も考慮に入れた電気自動車の CO₂ 排出量は 55 gCO₂/km である。また、小型軽量のパーソナルモビリティは、さらに CO₂ 排出量が少ない。

一方で、電気自動車では電池など、車両製造に伴う CO₂ 排出量がガソリン車よりも高くなる傾向がある。テスラモデル S、BMW 7 シリーズ、三菱ミラージュを比較した調査では、ライフサイクルベースの CO₂ 排出量は、それぞれ 226 gCO₂/km、385 gCO₂/km、192 gCO₂/km と試算されている⁷⁵。

また、車両製造時・廃棄時の CO₂ 排出抑制量に加え、充電インフラ（ガソリンスタンド）や IoT システムの製造運営に伴う CO₂ 排出量増加も考慮に入れる必要があると考えられる。

⁷³ 「EV の高速道路走行を支援する EV 充電ナビシステムとその性能向上を目指した AI の活用」

⁷⁴ 「総合効率と GHG 排出の分析報告書」

⁷⁵ Financial Times 電子版 2017 年 11 月 8 日

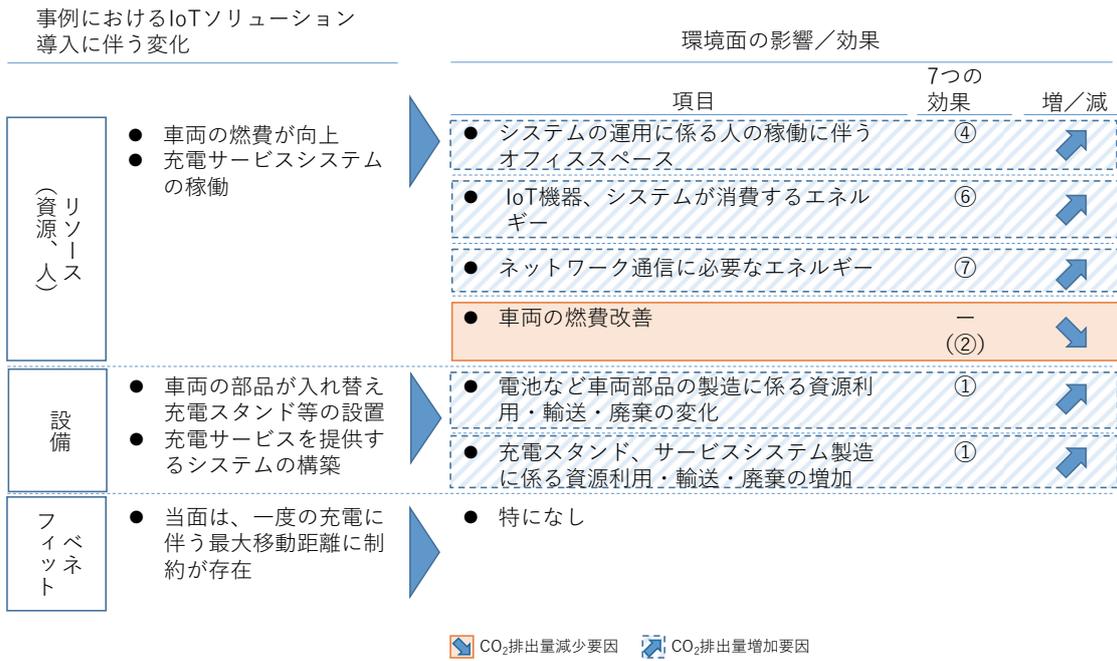


図 4-31： 「電気自動車」ソリューションの環境効果詳細

④ 普及の動向

現在、中国やヨーロッパを中心に、電気自動車を普及させる政策を強力に進める動きがみられる。しかし、2030年時点では、電気自動車が自動車全体に占める割合は10~20%程度という予測が主流である⁷⁶。

一方、パーソナルモビリティは、現時点ではそれほど大幅な普及拡大は期待されていない。次世代モビリティの普及率は、ヨーロッパの状況を踏まえて最大0.3~0.4%程度と予想されている⁷⁷。

⁷⁶ 例えば「シリコンバレーD-Labプロジェクト レポート」等

⁷⁷ 富士経済プレスリリース

4.3 CO2 排出抑制貢献量の推計結果まとめ

(1) 試算の前提

4.2 節で示した CO2 排出抑制貢献量推計の前提を表 4-9 に示した。推計にあたっては、具体的な導入事例とソリューション普及の動向を踏まえて、ソリューションによる CO2 排出抑制貢献と将来の普及のシナリオを設定した。IoT ソリューションは導入形態のばらつきが大きいのが通常だが、単純化のため代表的な削減効果と普及シナリオを設定して予測を行った。

表 4-9： CO2 排出抑制効果試算に用いた主な仮定

	ソリューション	削減率に関する仮定	普及率に関する仮定
① サプライチェーンの次世代化	工場可視化 (工場内省力化、連携省エネ)	(工場内可視化) ・ 10~20%の CO2 排出抑制率 (連携省エネ) ・ 事例の理論的省エネポテンシャルが実現すると仮定 (260 万 kL/3 か所)	(工場内可視化) ・ 2013 年の普及率 12%、2030 に 50% (コンビニートにおける連携省エネ) ・ 2030 年に生産量 65.7%。設置後 50~60 年のプラントがリノベーションと仮定 ・ うち 50~100%で IoT 活用
	オンデマンド型製造・物流	・ 小売、卸、一部製造業の食品ロスが 20~40%削減されると仮定	・ 対象食品小売、卸、製造業の食品廃棄物が削減されると仮定 ・ 2030 年までに 100%普及と仮定
	輸送計画の効率化、集中配送	・ 共同配送実現時に、15~25% 排出抑制と仮定	・ 共同配送のポテンシャルを物流全体の 10%と仮定。ポテンシャルのうち、現在約 25%の共同配送実施が 2030 年に 45~65%になると仮定。
	予知保全	・ 保全作業に伴う CO2 排出量が 40~65%削減すると仮定	・ 2030 年にインフラ保全市場の 5~20%に予知保全が普及すると仮定 (工場等は含まれていない)
④ 移動革命の実現	カーシェアリング (・ライドシェア・オンデマンド交通)	・ 車両保有減少 (800~2800 kgCO2/年・台) と運用減少(1 世帯メンバーあたり 90~840 kgCO2/年)の排出抑制	・ 日本のカーシェアリングは 2030 年に約 7 万台増加と仮定
	宅配ボックス、ドローン/ロボットによる宅配	・ 再配達抑制により 84%の CO2 排出抑制と仮定	・ 日本の再配達は現在 42 万 tCO2/年 ・ 今後 EC 化率が 30%になると仮定

ここで、IoT ソリューションは現時点で実証段階のものが多く、環境負荷低減の観点から詳細な定量的検討を行った事例が少ないため、削減率や普及率は事例を参考として仮定した値を用いている。また、6つのソリューションのうち「オンデマンド型製造・物流」は、食品ロスの削減が主要な効果となる。このため、食品ロス推計量から換算係数を用いてCO₂排出抑制量を計算している。さらに、「予知保全」では、保全市場規模から排出原単位データベースを用いてCO₂排出量を推定している。これらのソリューションでは推計したCO₂排出抑制貢献量がLCA的なスコープとなっており、他のソリューションとの差異が生じている。

(2) 分野別の貢献量

図 4-32 (表 4-10) は、戦略分野別の IoT ソリューションによる CO₂ 排出抑制貢献量である。2016年、2020年、2030年について、最小ケースと最大ケースの両方を示している。

日本では、2030年に「サプライチェーンの次世代化」「移動革命の実現」の両分野(表 4-9 に示した6ソリューション)で、約600万~1,900万tCO₂/年のCO₂排出抑制貢献が期待できる。また、世界では、2030年に約1.2億~3.6億tCO₂/年のCO₂排出抑制貢献が期待できるという結果が得られた。

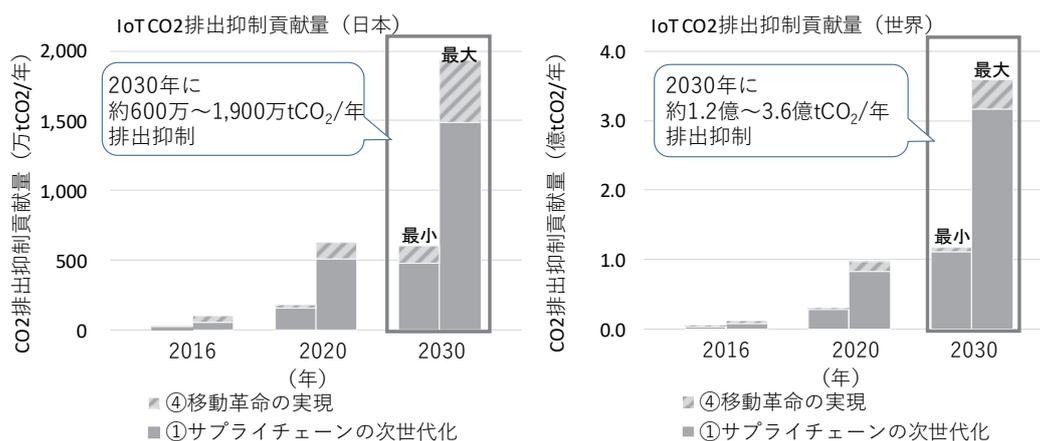


図 4-32 : IoT による CO₂ 排出抑制貢献量予測 分野別 (左) 日本、(右) 世界⁷⁸

⁷⁸ 各種資料に基づき (一社) 資源循環ネットワーク推計

表 4-10： IoT による CO2 排出抑制貢献量予測 分野別数値

日本	分類	2016 年	2020 年	2030 年
	①サプライチェーンの次世代化	24～52	155～508	481～1,486
④移動革命の実現	7～52	24～123	126～449	
合計		31～105	179～630	606～1,935
世界	分類	2016 年	2020 年	2030 年
	①サプライチェーンの次世代化	395～859	2,866～8,247	11,206～31,611
④移動革命の実現	31～255	171～1,445	511～4,224	
合計		426～1,115	3,036～9,692	11,718～35,835

(単位：万 tCO2/年)

(3) 特性格の貢献量

一方、図 4-33 (表 4-11) は、ソリューションの特性格に分類した CO2 排出抑制効果である。対象とするソリューションを、主として省力化・効率化に寄与するものと、新しい価値創造を主目的とすると考えられるものに簡易的に分類した。

直近の 2016 年、2020 年には、省力化・効率化を目的とするソリューションと新しい価値創造を目的とするソリューションの両方が CO2 排出抑制貢献に寄与する。2030 年には、さらに新しい価値創造を目的とするソリューションの寄与が増大すると考えられる。

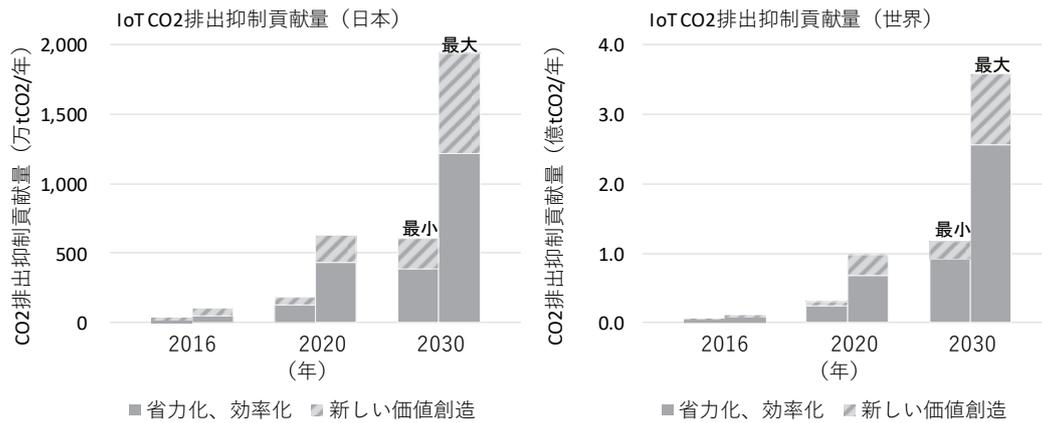


図 4-33： IoTによるCO2排出抑制貢献量予測 ソリューション特性別
(左) 日本、(右) 世界⁷⁹

表 4-11： IoTによるCO2排出抑制貢献量予測 ソリューション特性別数値

地域	分類	2016年	2020年	2030年
	日本	省力化、効率化	23~50	130~429
日本	新しい価値創造	9~55	49~201	218~719
日本	合計	31~105	179~630	606~1,935
世界	分類	2016年	2020年	2030年
	省力化、効率化	369~818	2,406~6,761	9,162~25,571
	新しい価値創造	57~297	630~2,931	2,556~10,264
	合計	426~1,115	3,036~9,692	11,718~35,835

(単位：万 tCO2/年)

⁷⁹ 各種資料に基づき (一社) 資源循環ネットワーク推計

5 今後の CO2 排出抑制貢献量の算定に向けて

5.1 「連携」評価の重要性

今回の検討で定量化を行ったソリューションは、ほとんどが異なる主体間の情報連携によって最適化や価値創造を実現している。

例えば、「連携省エネ」は複数の工場間、「オンデマンド型製造・物流」はサプライチェーンの上流と下流、「輸送計画の効率化、集中配送」は複数の物流ルート間、「カーシェアリング（・ライドシェア・オンデマンド交通）」はユーザーとサービス提供事業者、「宅配ボックス、ドローン／ロボットによる宅配」は荷物受け取り者と宅配事業者の間等での情報連携を行っている。

IoT ソリューション導入に関係する主体が複数の場合、環境負荷低減の貢献を複数主体間トータルで評価することが必要となってくる。例えば、オンデマンド物流では、物流事業者が用いる IoT 機器により局所的にエネルギー消費量（CO2 排出量）が増加するが、小売事業者の食品ロスが抑制される効果を期待できる。環境負荷低減全体を一体として評価する必要がある。

また、社会の広範囲にソリューションの関係者が分散し情報をやり取りすることから、セキュリティ確保や標準化も重要と考えられる。

5.2 透明性確保に向けた定量化手法の明確化

本調査の CO2 排出抑制量推計は、日本・世界全体の総量を対象としている。このため、個別導入事例を評価する場合は、個別に CO2 排出抑制貢献を定量化する手法が別途必要となる。IT ソリューションの CO2 排出抑制貢献の定量化手法はこれまでも検討されてきたが、IoT ソリューションでは、従来の IT ソリューションと比べて新しい以下の要素が加わる（5.2.1 節～5.2.2 節）と考えられる。

5.2.1 新たに考慮が必要な効果

図 5-1 は、本調査で検討したソリューションの CO2 排出抑制貢献のマッピングである。例えば、工場内可視化においては、CO2 排出量を減少させる要因として「不良品ロスの減少」、「在庫削減」、「エネルギー消費抑制」が考えられる（実線枠）。一方で、IoT ソリューションを用いることによる CO2 排出量の増加要因として、「システムの製造に係る資源利用・廃棄」、「オフィススペース」、「IoT 機器のエネルギー消費」、「ネットワーク通信のエネルギー消費」が考えられる（破線枠）。

従来の IT ソリューションと比較すると、IoT ソリューションでは、まず、エネルギー以外の資源利用効率化や廃棄物処理削減を主な貢献とするソリューションが見られた。例えば、食品ロスの削減に貢献するオンデマンド製造・物流などである。

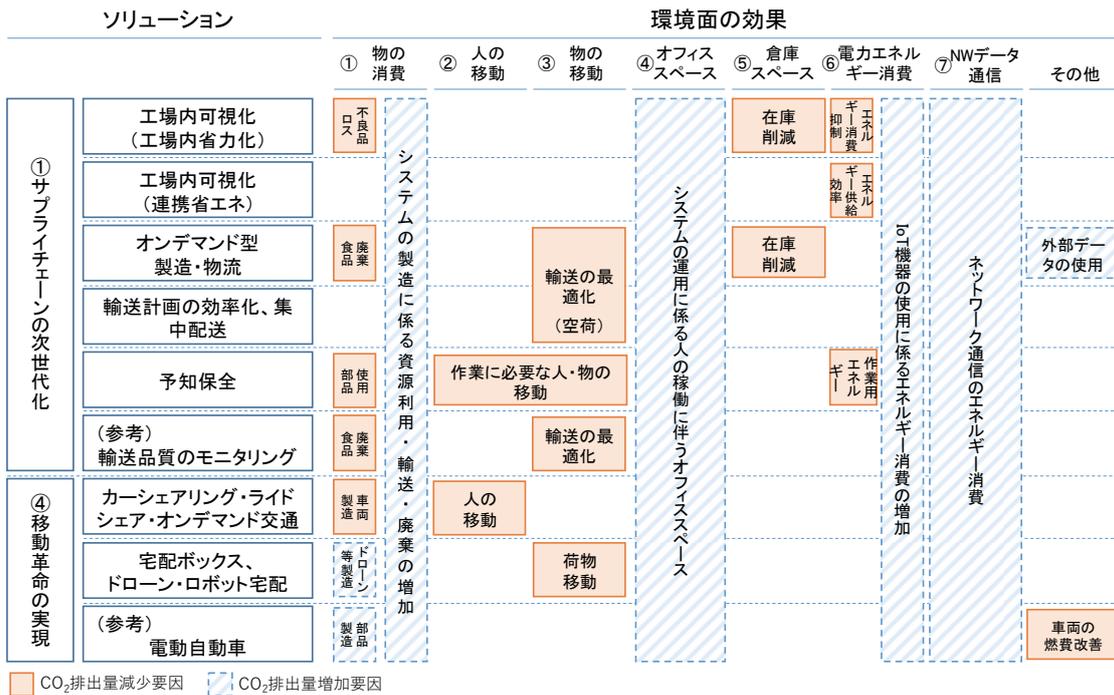


図 5-1： ソリューションごとの環境効果マッピング

5.2.2 ソリューション導入対象の拡大

IoT ソリューションではこれまで IT ソリューションで用いられていなかった機器が使用される。このため、個別導入ケースに適用する定量化手法において考慮が必要な範囲も拡大すると考えられる。

例えば、データの使用に用いるセンサーやカメラ、制御に用いるアクチュエーター、広域通信に用いる通信機器や現場でのエッジコンピューティング機器などである。さらに、電気自動車における充電機器やドローンの制御に必要な基地局などの機器も新たに加わる。

従来の IT ソリューション導入による省力化では、人が稼働するオフィススペースの空調や照明のエネルギー消費量が減少する効果を考慮してきた。しかし、IoT ソリューションでは、屋外やトラックなど、オフィス以外の場所でも導入される場面が増加する。このような場面での CO₂ 排出抑制貢献の精査が必要である。

また、個別導入事例の厳密な定量化には、これらの機器による CO₂ 排出量を評価する必要がある。さらに、ソリューション利用者が直接制御していない機器やデータ利用、例えば、外部のデータ（気象データ等）の利用やデータセンター（クラウド）利用なども考慮する必要がある。

これまで IT ソリューションの CO₂ 排出抑制貢献定量化手法の議論において、ソリューションの CO₂ 排出抑制効果を厳密に計算する場合、算出に必要な原単位や活動量のデータが多岐にわたり、考慮すべき CO₂ 排出過程も広範囲となるため、計算に必要な手間が大きいことが課題とされてきた。IoT ではさらに対象やプレイヤーが拡大することから、今後これらの新しい要素の扱いを検討することが必要と考えられる。

6 まとめ

本調査では、Society 5.0 を念頭に置き、革新的な IT/IoT ソリューションによる CO2 排出抑制貢献について検討を行った。まず、Society 5.0 の戦略分野から、CO2 排出抑制貢献に寄与するソリューションを抽出した。次に、それらの CO2 排出抑制貢献量を、2013 年を基準年とし、2016 年、2020 年、2030 年について定量的に推計した。

「サプライチェーンの次世代化」「移動革命の実現」から、主要な 6 種のソリューションの CO2 排出抑制効果を予測したところ、CO2 排出抑制貢献量は、2030 年に日本で約 600 万～1,900 万 tCO2/年、世界で約 1.2 億～3.6 億 tCO2/年が期待できるとの結果が得られた。

最後に、IT/IoT ソリューションによる CO2 排出抑制を進めるための課題を検討した。

IoT ソリューションは、オンデマンド型物流や連携省エネなど、複数の事業者間をつなぐことによって効果を発揮するソリューションが多い。このため、IT/IoT ソリューションの活用促進には、複数の主体（事業者等）の連携を総合的に評価することが重要である。

また、今回の検討では、IT/IoT ソリューションによる新しい CO2 排出抑制にも着目した。例えば、食品ロス削減は、従来の IT ソリューションによる環境貢献評価ではあまり注目されてこなかった。このような新しい領域についても、今後さらに検討を進める必要があると考えられる。

2017年度 IT/IoT グリーン貢献専門委員会 名簿

(敬称略・順不同)

委員長	並河 治	株式会社 日立製作所
副委員長	上野原 望	東芝デジタルソリューションズ株式会社
委員	中山 憲幸	日本電気株式会社
	近藤 良子	日本ユニシス株式会社
	市川 宏	パナソニック株式会社
	山崎 誠也	富士通株式会社
オブザーバ 事務局	吉識 宗佳	一般社団法人 資源循環ネットワーク
	金子 俊明	一般社団法人 電子情報技術産業協会
	渡部 由香	一般社団法人 電子情報技術産業協会

**IT/IoT ソリューションにおける
CO2 排出抑制貢献総量算定に関する調査報告書**

2018 年(平成 30 年)3 月発行

編 集 IT/IoT グリーン貢献専門委員会

事務局 一般社団法人 電子情報技術産業協会 環境部
〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-1-3
TEL:03-5218-1054

印 刷 株式会社 オガタ印刷

許可なく、複写、引用、転載を禁じる。