

# 除去土壌等の輸送計画調整による 輸送車両の通行台数の平準化と PDCA 管理

土井 麻記子<sup>1</sup>・高橋 孝治<sup>2</sup>・塚本 祐樹<sup>3</sup>・五十嵐 徹也<sup>4</sup>・細島 豪人<sup>5</sup>  
佐野 薫<sup>6</sup>・海老原 寛人<sup>7</sup>・阿久津 正浩<sup>8</sup>・矢野 康明<sup>9</sup>

1 非会員 株式会社エックス都市研究所 SD 事業本部 (〒160-0004 東京都豊島区高田二丁目 17 番地 22)  
E-mail: doi@exri.co.jp

2 非会員 株式会社ケー・シー・エス社会政策グループ (〒980-0014 仙台市青葉区本町一丁目 11 番 2)  
E-mail: k-takahasi@kcsweb.co.jp

3 非会員 アジア航測株式会社環境部 (〒215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺一丁目 2 番 2)  
E-mail: yuk.tsukamoto@ajiko.co.jp

4 正会員 株式会社復建技術コンサルタント (〒980-0012 仙台市青葉区錦町一丁目 7 番 25)  
E-mail: itetsuya@sendai.fgc.co.jp

5 非会員 株式会社 オリエンタルコンサルタンツ (〒151-0071 東京都渋谷区本町三丁目 12 番地 1)  
E-mail: hosojima@orientalconsult.com

6 正会員 株式会社建設技術研究所東北支社 (〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町 4-1-25)  
E-mail: kr-sano@ctie.co.jp

7 非会員 株式会社建設技術研究所東京本社 (〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町 3-21-1)  
E-mail: h-ebihara@ctie.co.jp

8 非会員 国立研究開発法人 国立環境研究所 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16 番地 2)  
E-mail: akutsu.masahiro@nies.go.jp

9 非会員 環境省 環境再生・資源循環局 (〒100-8975 東京都千代田区霞が関一丁目 2 番地 2)  
E-mail: KOMEI\_YANO@env.go.jp

環境省では、2011 年の東京電力福島第一原子力発電所事故により環境中に放出された放射性物質の除染後に福島県内各地に仮置されている大量の除去土壌等を中間貯蔵施設に輸送する事業を実施した。早期に福島県の復興を成し遂げるため、ピーク時には年間 400 万 m<sup>3</sup> の除去土壌等を輸送し、1 日当たりの最多で 1,700 台程度 (延べ 3,200 往復程度) の大型ダンプトラックが稼働する必要があったが、道路混雑・渋滞発生等による一般車両への影響が懸念された。この輸送事業は、復興事業等に伴う道路状況や受け入れ施設の設備状況等刻一刻と変化する状況に対応しつつ、円滑かつ安全・安心な輸送を確保することで地元の理解を得ながら遂行する必要があった。そのため、輸送管理にデータサイエンス手法を導入し、PDCA サイクルによる輸送車両台数の平準化をするとともに、ETC2.0 一般プローブ、トラフィックカウンターデータ、GPS 車両位置情報の活用による交通解析を行って、輸送車両に起因する道路混雑・滞留発生等により一般交通に著しい影響が生じていないか確認しながら輸送マネジメントを実施した。本稿では、現場実装した PDCA サイクルの仕組みと、交通解析事例を紹介する。結果、輸送ピークの 2 年間でそれぞれ約 400 万 m<sup>3</sup> の輸送を実現することができた。

**Key Words:** interim storage Facility, transportation of removed soil, leveling adjustment, Traffic analysis

## 1. はじめに

### (1) 輸送計画とマネジメント要点

環境省の中間貯蔵施設事業では、福島県内に仮置きされた除去土壌等を一定期間保管するために、平成 28 年より中間貯蔵施設の施工及び除去土壌等の輸送を開始し

た。中間貯蔵施設等への除去土壌等の搬入状況について (令和 4 年 2 月末時点)<sup>1)</sup> は、令和 3 年度末までに帰還困難区域を除いた福島県内に仮置きされている除去土壌等を中間貯蔵施設へおおむね搬入完了する目標を掲げている。平成 30 年 10 月時点における輸送対象物量推定約

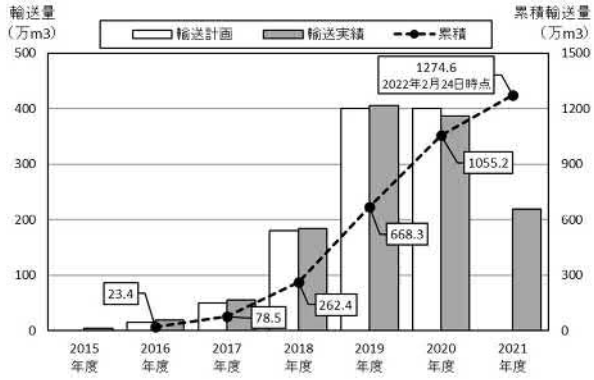


図 1-1 各年度における搬入量の推移

1,400 万<sup>3</sup>のうち、令和 4 年 2 月 24 日時点で、中間貯蔵施設や仮設焼却施設への搬入量は約 1,275 万<sup>3</sup>となっている。最大で令和元年度には 405.9 万<sup>3</sup>輸送が実施された(図 1-1)。

除去土壌等の輸送は、複数の輸送工事受注者により実施されるが、ピーク時にはのべ約 1.7 千台/日(約 3.2 千台/日)のダンプトラックが福島県内で稼働する。その規模は決して小さくない。そのため、輸送車両が通行する各所での混雑・滞留発生等により、一般車両への影響が生じないように管理する必要があった。施設及び道路整備によりハード面の態勢を整えつつ、ソフト面では輸

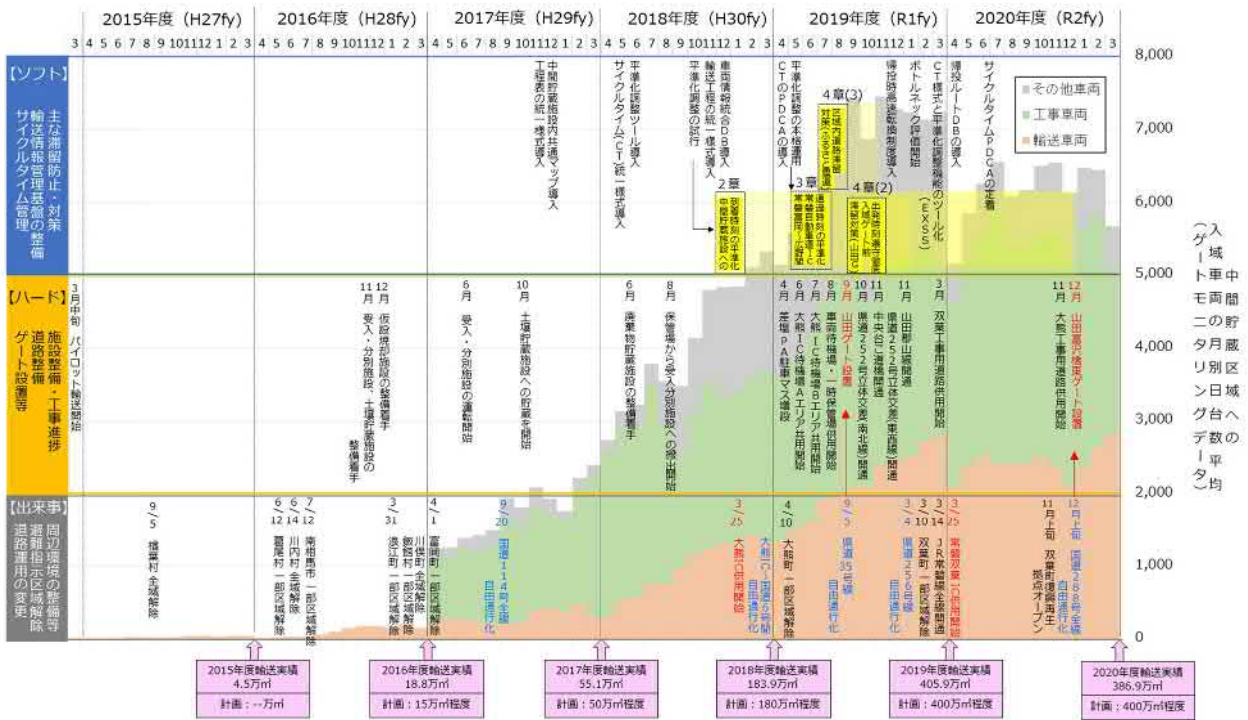


図 1-2 除去土壌等の輸送を取り巻くハード・ソフト対応を整理した年表及び車種別の月別日台数平均)



図 1-3 令和元年 10 月から令和 2 年 3 月までのルート及びゲート変更内容の変遷  
除去土壌等の輸送ピーク時で、道路整備等により輸送ルートと周辺環境の変化が激しかった令和元年以降の変遷を整理

送計画調整を行い、輸送の円滑性及び地元住民の安全・安心を担保した。輸送の実施に当たっては、全輸送工事受注者の輸送車両の運行予定を一括管理するために時間単位での予定調整ツールを導入し、予定と実績を基にした PDCA マネジメント手法の構築と現場への実装に取り組んだ。また、NEXCO 東日本、国交省東北地方整備局の協力による ETC2.0 一般プローブ、トラフィックカウンター（以下、トラカン）の提供情報や、輸送車両の GPS 車両位置情報を活用した交通解析を行い、一般交通に著しい影響が生じていないか確認し、影響が発生した場合には原因の解析と改善ができるように、輸送マネジメントを実施した。以上の対応により、時間単位での輸送車両管理による事前の混雑・滞留箇所予測と解消ができ、事業目標達成の一端を担うことができた。

本稿では、道路整備や中間貯蔵施設整備と同時進行で実施した輸送における、輸送マネジメント手法、データ活用による交通解析事例及び、輸送マネジメント導入効果を紹介する。

## (2) 輸送規模と輸送環境条件の変遷

中間貯蔵事業では、輸送規模の拡大と共にハード面としての施設整備が進行していく。その中で、ソフト面の体制も行っていく必要がある。具体的にどのような変化に準備する必要があったかを以下に説明する。

除去土壌等の輸送を取り巻くハード・ソフト対応を整理した年表を図 1-2 に示す。道路整備施策の効果確認を行う対象事象を選定するために、中間貯蔵施設事業及び社会の出来事をあわせて年表に記載した。年表作成のための情報として道路混雑・滞留発生に影響を与える要素である、避難指示区域の解除状況、自由通行化、道路・施設の供用、ゲート設置を取り上げ、ソフト面の体制構築や輸送マネジメント課題への対応期間を併記した。輸送車両台数は、総合管理システムから取得した日ごとの延べ台数を用いて、月別日台数平均を算出した。工事車両等、その他車両は JESCO 作成のゲートモニタリングデータから、日ごとの延べ台数を用いて月別日台数平均を算出した。なお、工事車両等は運搬・除染・減容化車両を含み、その他車両は通勤、周辺住民車両などを示す。

また、復興の進捗に伴う、令和元年 10 月から令和 2 年 3 月までのルート及びゲート変更内容の変遷を図 1-3 に示す。年間輸送量の推移を見ると、輸送開始した平成 27 年度（2015 年度）の 4.5 万  $\text{m}^3$ /年から、4 年間かけて 18.8 万  $\text{m}^3$ /年、55.1 万  $\text{m}^3$ /年、183.9 万  $\text{m}^3$ /年へと段階的に輸送量を増加させた後、405.9 万  $\text{m}^3$ /年となる令和元年度（2019 年度）に至っている。中間貯蔵区域内の施設整備は、用地取得された範囲より平成 28 年度（2016 年度）から 3 年間かけて段階的に着工された。中間貯蔵区域内

では、受入・分別施設及び、土壌貯蔵施設の建設と稼働が徐々に施工され、工事車両や工事に伴う通勤車両が増加していく。周辺の一般交通量増加の要素としては、避難指示区域の解除状況により車両が増えていくことが挙げられる。道路整備は、令和元年度の当初には大熊インターチェンジ（IC）が開通し、その他の施設として輸送車両が中間貯蔵施設に到着するまでの間での車両のバッファ施設として、大熊 IC 横の車両待機場、中間貯蔵区域内の車両待機場・一時保管場が設置された。一般道では主用幹線道路である県道 35 号線の自由通行化と、国道 6 号や福島第一原子力発電所に向かう県道 252 号線の混雑防止のためのこ道橋など、大量輸送に必要な環境が徐々に整備完了していった。これらに伴って中間貯蔵区域への入域ゲートの位置も変化していくことになる。

本事業では、このように輸送の段階的な規模拡大に並行して道路整備、施設の工事進捗と輸送工事の進捗が相互に影響し合う、つまり、道路復興の進捗にあわせて管理対象とするボトルネックが変化することに留意する必要がある。

## 2. 輸送マネジメントの仕組み導入

変化する情勢のなか、中間貯蔵施設までの輸送ルートだけでなく、中間貯蔵施設区域内での輸送車両による道路混雑・滞留発生防止や滞留対策を行うために、輸送車両が通行するルートの交通量を精緻にシミュレーションして、各ルートの輸送車両交通量の配分を調整する必要があった。そこで、平成 30 年度当初に大量輸送に備えるために、データサイエンス手法を導入した輸送に関する基盤情報の整備を行い、サイクルタイム管理を行うこととした。サイクルタイム（以下、CT と略す）とは、輸送車両が仮置場から中間貯蔵施設へ輸送し、また仮置場へ戻り輸送を繰り返す、運行時刻スケジュールを指している。サイクルタイム管理とは、データソース（以下、DS と略す）の統一、データベース（以下、DB と略す）化により、輸送車両の運行スケジュールについて通過場所等の各断面で予定と実績の差異を確認して、実績に合うように新たな予定を見直したり予定に合わせた現場作業を確実に実行したりするなど調整する（予実管理すること）で、運行の正確さを担保する作業である。これにより、各道路混雑・滞留発生懸念箇所の日交通量をより正確に予測して混雑・滞留が発生しないよう輸送車両のルート配分を道路整備の進捗にあわせて事前に調整するとともに、各ルートの時間当たりの輸送車両交通量の平準化調整を行った。これらのプロセスの PDCA サイクルを回すことにより道路混雑・滞留対策の精度を高めた。輸送の時間平準化調整を実施するため、平成 29 年頃から CT ベースの輸送調整の在り方について検討を進め、令

和元年には輸送マネジメントについて指針を示し、CT ベースの輸送管理を進めることとなった。そのために、CT 管理をベースとした輸送マネジメントの仕組みとして、(1)データサイエンス手法を導入した基盤情報の整備、(2)平準化調整の要領作成、(3)CT 管理ツールの構築、(4)CT 遵守の PDCA サイクルの体制構築、そして(5)共有サイトの運用を整備したので、それぞれの要点を紹介する。

## (1) データサイエンス手法を導入した基盤情報の整備

### a) データサイエンス手法の導入

輸送管理にあたっては、データサイエンスを取り入れたマネジメントを行った。データサイエンス手法を導入した基盤情報の整備とは、エクセルファイルで作った統一様式で DS を集め、DS を全受注者分統合して DB を作り、ツールにより分析を行うことである。

仮置場別の日輸送量、サイクルタイム等の予定と実績の DS を全輸送工事受注者の共通フォームにより整備し、それらを統合した DB を構築し、各ルートの日当たり通行量配分調整と時間当たり通行量平準化調整に必要な情報を整理して紐づけるとともに、それらを恒常的に維持するための環境省と輸送統括管理等を受託している中間貯蔵・環境安全事業株式会社（以下 JESCO と称す）そして各種コンサルタントから組織される中間貯蔵工事支援共同実施体（以下、チーム EX と称す）での課室間での情報連携が取れるよう、実施担当者を特定しつつ、その情報を要領として残す等、関係者間でオーソライズが容易となる形で進めた。DS の選定にあたっては、その種類、深度、頻度、形式も含めた設定が必要である。本事業の命題である、安全で安心な輸送を実現するために、分析すべき事項を理解し、それに対して必要なデータを把握し、整備の優先順位を踏まえることを基本とした。その上で、保有しているデータを確認した上で、不足しているデータを補う方針で進めた。多くの関係者が関わる事業においては、特に部署間調整も必要となり調整コストがかかることから、「既存データ」のみを基に分析が行われがちである。しかし、そのデータのとり方によっては、似て非なるデータとなり、必要な精度が保てない場合が多い。目的が異なるため、必要なデータが当初から揃っていることの方が珍しい。初期労力はかかって、後の管理コスト削減や成果提示の効果が大きく期待できることから、不足するデータを得る体制を作って、必要なデータを補う。これがデータサイエンスにおけるプラットフォームの役割と考えた（図 2-1）。

ツールに関しては、リーンスタートアップ方式で進めた。リーンスタートアップとは、必要最小限の機能を備え状態で運用を始め、日常の中に改良プロセスを導入するものである。運用初期に改良、周知、説明の PDCA サ

イクルを高速で回し、現場への早期実装に努めた。リーンスタートアップによるツール構築の考え方を図 2-2 に示す。

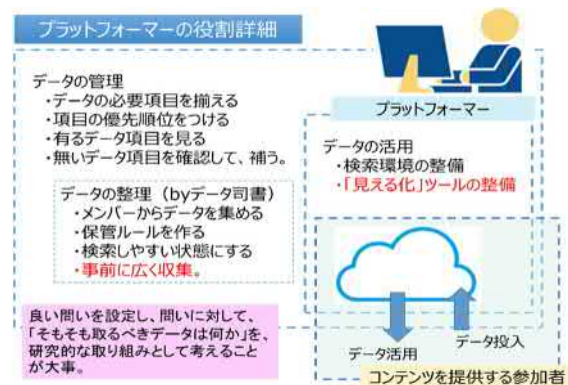


図 2-1 データサイエンス上のプラットフォームの役割



図 2-2 リーンスタートアップによるツール構築の考え方

### b) 基盤情報の整理

輸送マネジメントで主要な基盤情報として、実績ベースで情報を扱う総合管理システムと、予定ベース情報を収集する仕組みについて説明する。

総合管理システム<sup>1)</sup>：総合管理システムとは、大量の除去土壌等を安全かつ確実に輸送するため、輸送車両の運行状況の常時把握、輸送対象物の全数管理等を行って、除去土壌のトレーサビリティ確保を主な目的とした運行管理ツールである。実績ベース管理、及び GPS 追跡機能を生かしたリアルタイム指示を可能とする。一 $\text{m}^3$ の漏れも無いよう、精緻なデータ管理が行われ、実績データの一括出力等ができるシステムである。予定データとして、運行車両の事前登録機能があるが、運行前日までに輸送工事受注者による登録が求められるシステムであり、数日から数カ月先の輸送数予定把握ができるシステムとはなっていない。

統一フォーム：総合管理システムでは収集対象としていない予定情報を得るため、輸送工事受注者から別途収集することとした。輸送が比較的小規模であった平成 28 年度までは受注者別に個別輸送管理で日々の運行は機能していたが、この仕組みでは一元管理できず、大規模輸送に対応するソフト対策を担保できない。このため、

年間輸送量 50 万<sup>3</sup> m<sup>3</sup>を目指した平成 29 年度時点より、全工事受注者の統一工程表の整備、施設名称の一元管理体制、共通施設マップの導入等を平行して進め、基盤情報の収集体制を整えていった。平成 30 年秋頃、年間の輸送工程を日単位の袋数として予定を入力する進捗確認表を、全ての輸送工事受注者に配布し、環境省へ毎週報告する共通の統一フォームとし、予実確認を行う様式として利用を開始した。当時の輸送工事受注者数は、10 事業者、その後合計 12 事業者となった。毎週受領後、記載状況を確認するとともに誤記載をメンテナンスし、利用者の要望やアイデアを受け入れて必要なバージョンアップを行った。袋数から換算した台数データに各仮置場の基本情報（回転数、積載袋数、輸送期間、ルート、その変更履歴等）の各種データを紐づけて車両情報統合 DB 化することとし、ルート配分シミュレーションや計画の妥当性確認等に使えるようにした。また、時間単位データは、当初は各社様式の PDF で提出されていたが、Excel の統一フォームを定め、毎週提出することとなった。これらを手作業で統合し、標準機能の関数で到着時刻分布を集計するツールを作成し、データ整備を進めながら改良を進めた。これにより、「何をどうシステム化するか」の要件定義に繋がり、システム化できるように運用体制のマニュアルな部分や曖昧性を明確化して CT 作成ルールを詳細化する合意形成を行いつつ、マクロ機能を使った輸送計画策定支援ツール「EXSS」としてツール化した。詳細は後述する。

### c) データマートの構築

輸送に関する基盤情報はデータマートを構築して管理することとした。これは、業務におけるデータ司書機能の設置を意味すると考える。データマートは、輸送に関する各種解析に利用するために、キーとなる情報を収集・整理したものは、前述の各コンテンツを指す。それらを活用しやすいように規則性をもって格納する場がデータマートである。チーム EX では、データマートを構築・管理した。JESCO で活用される DB は、共有サイトで共有した。

データ整備上の課題設定と遂行のポイントを以下に示す。一元管理を行うためには、DS、DB の管理がしやすく、成果物のアーカイブが体系的に整理されており、取り出しやすく格納しやすいことが必要であった。作業迅速化に向けて、主に以下の 5 つの課題に取り組んだ。

一丁目、情報と情報をつなぐための指標を仕込むこと：新たに作成した DB は、既存の管理に利用していた別の DB との連携性を担保することで、より活用が広がる。例えば、別の部署で作成されていた別の項目を収載する計画情報に、新たな DB で作成した情報を連動させようとする場合、両 DB に共通となるオリジナルなデータであることを識別するための固有の番号を付与すると

よい。そこで、仮置場の計画 ID（発注単位の固有番号）を新たな DB にも取り込むことでデータの紐づけを行った。何を固有情報として設定するかを、作業現場でよく観察して見出すことが重要となる。

二丁目、情報のステータスを明らかにするルールを作り、文書やデータ間の相違を生じさせないこと：現場での相談ベースの情報が、環境省と輸送工事受注者との間でオーソライズされた情報に先行して情報伝達される場合がある。週一で共通データを同期更新する仕組みを運用し、それを周知し、個々のデータステータスを明確にした。例として、確定ルートデータ、輸送予定量データ、出発時刻データ等

三丁目、基盤情報がルール通りに格納され、ルーティンに従って安定運用されていること：データマートでデータを取得する際、あるはずのデータがなかったり、整備不良であったりする場合、運用体制の信頼性が低下し利用者側のストレスとなることや確認作業により時間が浪費される。それを防止するためチーム EX 内にデータ運用専門のチームを設置した。これをバックオフィス機能と呼ぶ。バックオフィスにて、必要なデータメンテナンス等のルーティン安定性を担保しデータ運用専門のチームとした。これにより、現場側の人員が、問題発見や課題抽出を行って方針を決定したり、対外交渉したりすることに専念出来るようになる。現場側の人員のことを、バックオフィスに対してフロントオフィス機能として位置付け、組織内で役割分担した。各データには作成責任の担当者を当て、個々の担当がコンスタントにそれぞれで格納するスタイルとした。なお、この仕組みが自立して定着するまでに、司書側でかなりの作業負荷がかかる。

四丁目、関係者間で周知・共有すること：関係者間のコミュニケーションを確保し、各情報の時点を明確にするなど各情報の信頼性を高めると共に、情報開示を進めてセクターの異なる関係者間での、お互いのデータを活用促進するオープンデータマインドで業務を実施した。

五丁目、これら基盤情報をベースに輸送の予定と実績の情報の収集ルールを整備すること：DB を使った予測手法を確立し予実管理に用いた。その際、データの収集元機関が多岐にわたっているが、それらの情報を一元的に管理し、アウトプット資料も様式化して各作成者からの自律的な提出がなされるように管理した。

以上の工夫で各コンテンツをデータマートで管理した。これらをモジュール統合的に連携させて各種対策検討に利用した。構築段階から徐々に改良を続け、安定稼働時期には必要データ特定され、安定運用できた。各アウトプット資料とエビデンスの関係を図 2-3 に示す。

(2) 平準化調整の要領作成

基盤情報と CT 遵守の PDCA サイクルを構築した上で、CT の運用要領（輸送車両の運行サイクルタイム表の作成・運用要領）を定めた。整備目的は「輸送車両の運行に関するサイクルタイム表について、各工事受注者が統一様式で作成することにより、それらの集計を可能とし、時間帯毎の輸送ルート上のポイントや中間貯蔵施設内の車両の集中状況を事前に把握し、調整できるように

すること」である。この要領で、運用ルールと統一様式と記載ルールを定義した。平準化調整手順を表 2-1 に示す。日単位情報と時間単位情報を組み合わせて各到着断面での台数を集計する。CT ベースの輸送マネジメントシステムのイメージを図 2-4 に示す。

表 2-1 サイクルタイム作成等にかかる留意事項及び実施者等

| 滞留防止措置     | 対応内容   | 実施、対応主体   |                                      |
|------------|--|---|--------------------------------------|
| サイクルタイムの作成 | 制約条件の範囲で、現実的かつ平準化を図るためのサイクルタイム案の作成                             | 【実施】<br>工事受注者   |                                      |
| サイクルタイムの遵守 | サイクルタイムどおりの運行、管理<br>・一斉出発の禁止<br>・1回で2〜3台のタンデム出発<br>・10分間隔での出発等 | 【実施・管理】<br>工事受注者<br>【指導・管理】<br>環境省  |                                      |
| 平準化調整      | 出発時刻調整   | 自治体（仮置場）別の制約時間の調整<br>主要交差点進入時間の確認<br>仮置場内や仮置場周辺での待機場所確保<br>仮置場での作業プロセスの変更<br>ゲート開閉時間の調整 | 環境省<br>工事受注者・環境省<br>工事受注者・環境省<br>環境省 |
|            | 待機場所の活用  | トラック運転手の負担軽減<br>利用予定の確認及びフロー調整  | 工事受注者                                |
|            | ルート変更  | 同一ルートへの車両集中を防止する。<br>下車 IC の変更、入りゲートの変更など。  | 環境省                                  |
|            | 滞留状況等予測（未来推計）  | 滞留状況等が予測できるよう、予定と実績の乖離を解消（推計値の精緻化）<br>滞留状況等の予測  | 工事受注者<br>環境省                         |

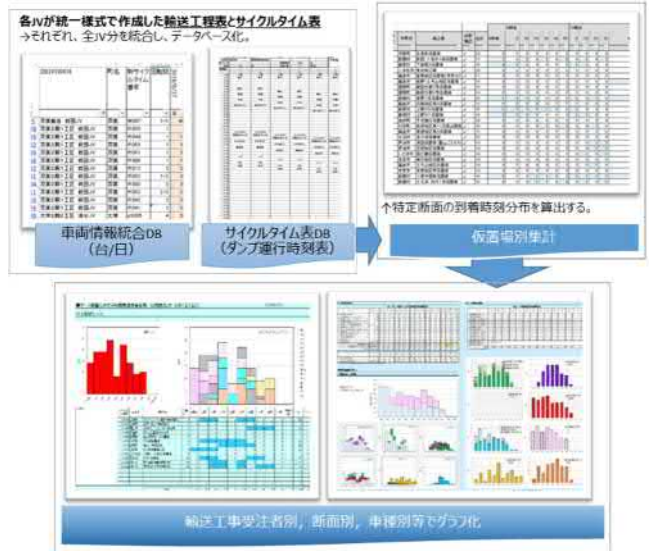


図 2-4 CT ベースの輸送マネジメントシステムのイメージ

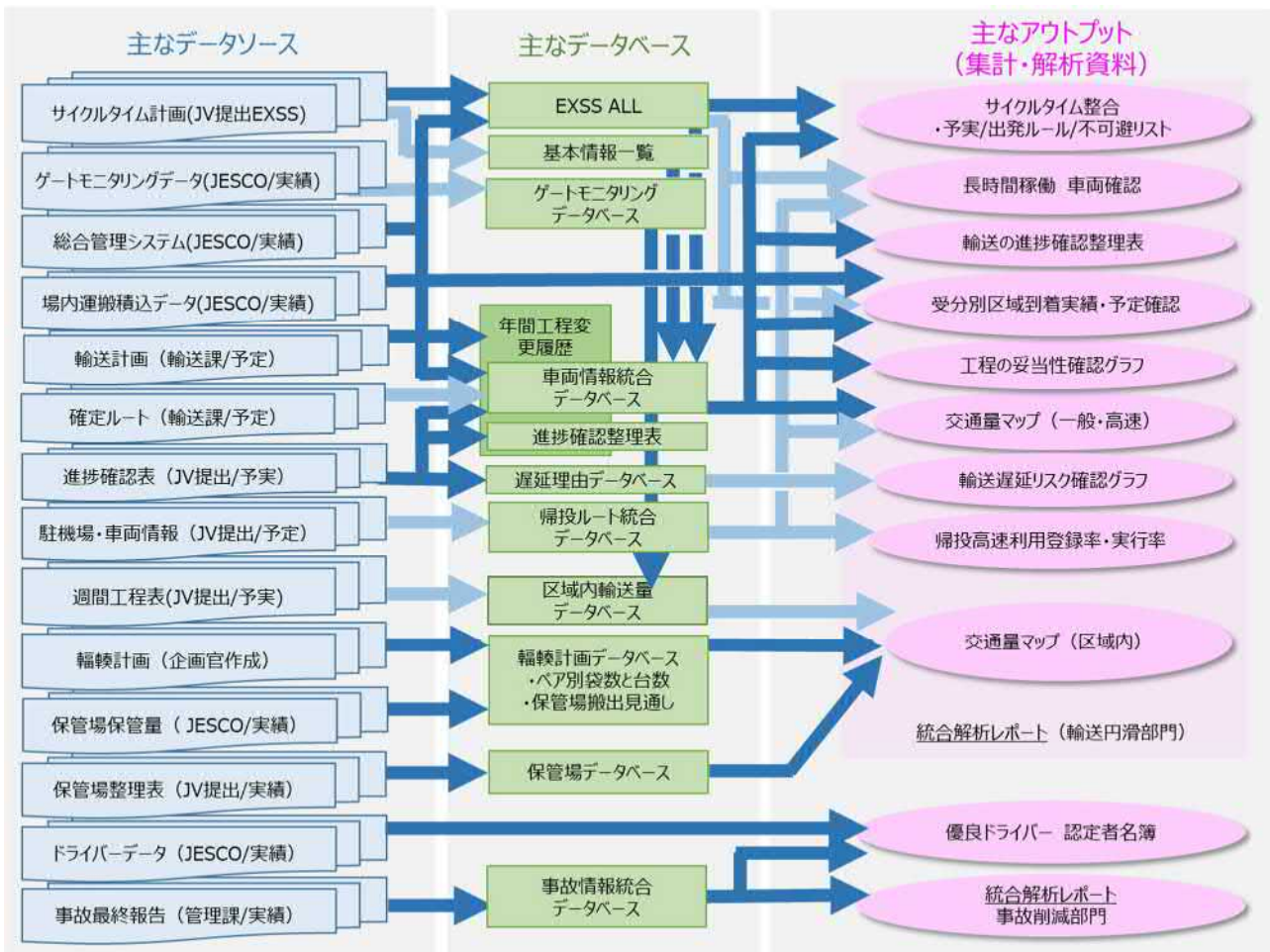


図 2-3 各アウトプット資料とエビデンスの関係

(3) CT 管理ツールの構築

a) ツール開発の経緯と目的

除去土壌等の輸送工程計画を作成するにあたり、各工事受注者において試走を行うなど、輸送時間の予測精度を高める取り組みを行っているものの、予定と実績の比較を行った結果では、乖離が生じていたため仮置場出発から保管場到着までの時間（移動時間）は実績データを基に計算することで、精度を高めた。なお、本ツールの前身として、エクセル標準機能を用いて CT データの手作業での取込みや、到着時刻分布の計算や関係者データのメンテナンスを行っていた経緯があり、それらの知見をもとに、要件定義を作り込むこととし、輸送工事受注者の入力負担軽減を目的として輸送計画支援ツールの開発を行った。

b) インプットデータ

メンテナンス実施側（チーム EX）でインプット作業を行うデータは、高速道路の利用 IC と所要時間、仮置場毎の日別輸送車両台数（実績・予定）、別システムにて輸送車両の GPS 位置情報から取得した輸送車両の運行実績となる。輸送工事受注者側で作業するインプットデータ（図 2-5）は、仮置場名、回転番号、入場時間、仮置場出発時間、輸送台数、同時輸送台数、出発時刻間隔、単独車両輸送可否、入場間隔有無、復路有無、走行経路上・中貯内待機場での待機時間、計画情報のステイタス、進入ゲート、利用する中貯内待機場、利用するスクリーニング施設、退出ゲート、搬入先施設種別である。

c) アウトプットデータ

仮置場を切替えて計画と実績の輸送工程を色で確認できる輸送工程図、各断面（中貯到着・ならば PA 通過・各ゲート）における受注者別の時間台数集計グラフと一覧表、各待機場における輸送工事受注者別の時間台数集計グラフと一覧表である（図 2-6）。

d) 計画の所要時間反映

一般道経由の輸送：運行実績のうち、最短時間を計画の所要時間として用いる。最短時間とした理由は、最大時間、平均時間では、事故やトラブルによる輸送時間の増大した場合に、その時間が反映されてしまうためである。高速道路と一般道経由の輸送：輸送の全体時間は運行実績の最短時間を用いるが、高速道路の入場 IC 到達、PA 到達、出場 IC 到達時刻はデータとして取得できないため、H27 道路交通センサスの平常時旅行速度を用いて入場 IC・PA・出場 IC のペア毎に算出・適用させた。

e) ツール導入の成果

輸送計画の精度向上：導入前は現場感覚で所要時間が入力されていたが、実績ベースで計画の所要時間が自動取得されるため、実態との乖離が小さくなった。つまり、道路混雑・滞留を発生させないようにする調整手段としては、シンプルに「仮置場からの出発時刻の調整」と

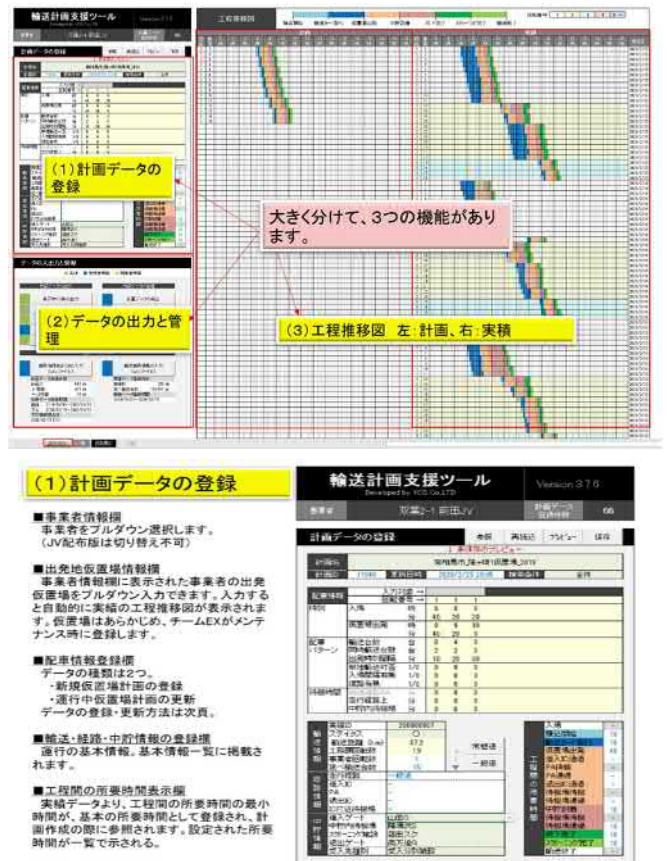


図 2-5 輸送計画支援ツールの基本操作シート



図 2-6 各断面における到着時刻分布のグラフ・集計出力機能

「待機場の活用による調整」の2択に絞ることができた。さらに、従前は予定と実績の乖離がある状態では仮置場の出発時刻の調整等をしようとしても、どの程度調整すれば混雑・滞留の防止につながるか不明であり、環境省側で統合情報の作成と共有が必要であったが、EXSSにより全輸送工事受注者での各断面での通過台数を把握することができるため輸送工事受注者自らで全体の統合情報を確認することができ、CT 策定の際の参考とすることができるようになった。輸送計画策定・修正の簡略化：導入前は EXCEL シートのマスに「仮置場出発」、「IC 入場」、「IC 退場」、「中貯到着」等の情報を手入力していたが、導入後は仮置場を選択し、必要なインプットデータを入力するだけで済むようになり、輸送工事受注者からは計画作成が格段に楽になり、輸送の円滑化調整に役立ったと評価された。中間貯蔵施設到着時間の平準化：各輸送工事受注者において、能動的に週単位で計画の修正が行われた。

(4) CT 遵守の PDCA サイクルの体制構築

PDCA サイクル体制は役割分担による横連携を構築することによって形成された。PDCA を回す原動力となるデータの扱いが重要である。当初は中間貯蔵施設に入域するまでの輸送を中心に運用していたが、中間貯蔵施設に先行して保管されている土壌等の場内運搬車両や、受入れ施設の混雑を緩和するための一時保管場利用の条件を踏まえた施設区域内の渋滞対策の対応ができなければ適切な対策がとれないことから、輸送と施設を含めた関係者が関わる形での運用体制となった。CT 遵守の PDCA サイクルの体制を図 2-7 に、CT 遵守の PDCA サイクルの確認で使用する資料例を図 2-8 に示す。

(5) 共有サイトの運用

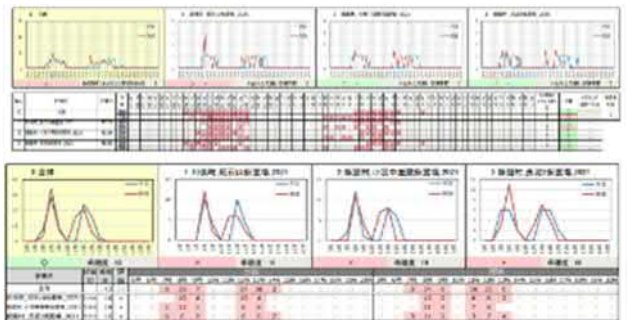
関係者間の情報共有を円滑にするため、コピーデータの授受を目的としてクラウドを用いた共有サイトを設置

し、関係者間で利用した。時点の明確な情報を、共有サイトで共有することで、メールの配信労力や誤送信・宛先漏れのリスク等を削減し、保有データのサイトマップで体系的に関係者間に示した。



A. 車両別の区域内待機時間集計シート

帰投時間も推計し、待機時間を車両単位推計し特定した。10 時間以上の拘束を抽出しつつ、13 時間以上の稼働車両を赤色で示す。時間がかかっているプロセスを明示できる。



B. 仮置場出発時刻の予実比較

- (上) 出発ルール順守状況の確認：10分間に出発3台以内か？
- (下) 出発台数の予実比較：時間当たりの運行台数が予定通りか？



D. 各断面での実績と今後の推移

各月のピーク時間における車種別車両台数 (PCU) と設定した閾値とで比較。実績と予定を推移で確認する。予定は、日台数にピーク率を乗じて時間最大値を算出している。

図 2-8 CT 遵守の PDCA サイクルの確認で使用する資料例

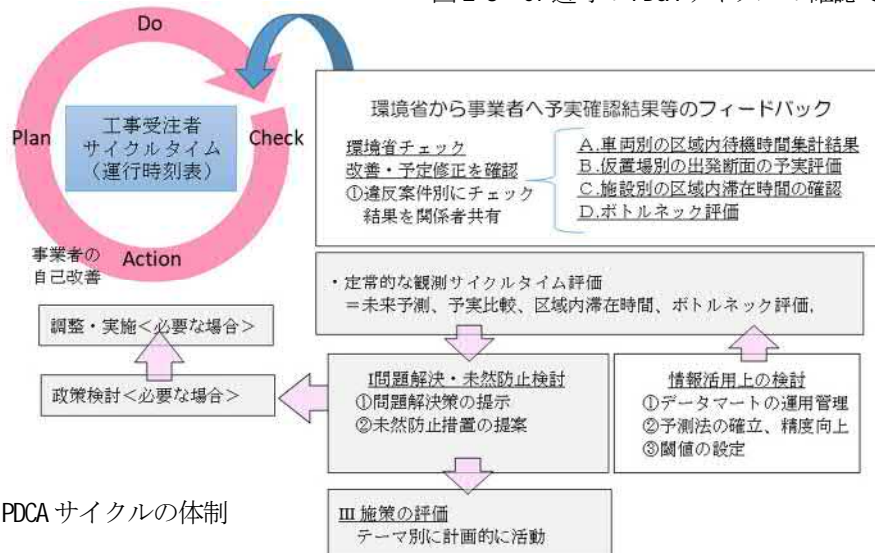


図 2-7 CT 遵守の PDCA サイクルの体制

### 3. 交通データを用いた評価分析例

#### (1) 評価の背景・目的

除去土壌等の中間貯蔵施設までの輸送は、「中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る実施計画」(毎年更新)で予め設定されている常磐自動車道(以下、「常磐道」という)をはじめとした高速道路を積極的に利用する輸送ルートを使って実施している(図 3-1)。

常磐道は全線開通後も付加車線、4 車線化工事が進められ利便性を高められて来たが、輸送車両が集中する常磐自動車道は、暫定二車線区間が多いため、国土交通省東北地方整備局から ETC2.0 一般プローブデータ、NEXCO 東日本東北支社からトラフィックカウンターのデータを定期的に提供していただき、輸送車両の GPS データによる走行履歴から、一般交通と輸送車両の交通量を識別し、速度低下への影響を把握した。

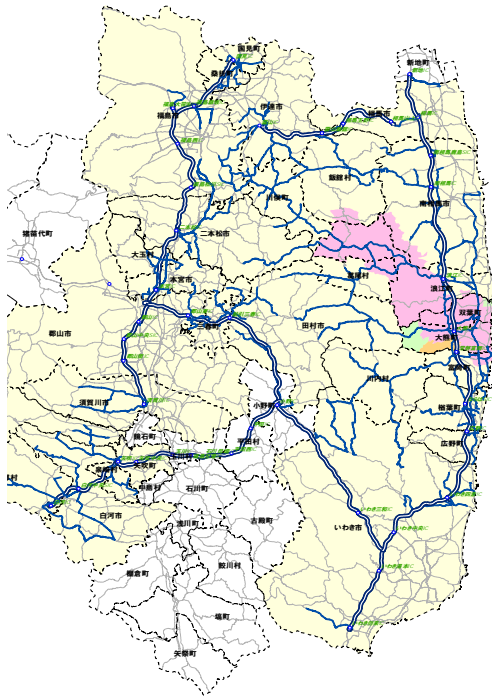


図 3-1 輸送ルート

#### (2) 輸送評価の視点

輸送車両が一般車両へもたらす影響の評価は、「通常時」と「通行止め時」の2つのケースで行った。通常時は、常磐道を走行する輸送車両が特定の時間帯への集中にすることにより、一般車両の速度低下を引き起こさないことが重要である。そのため、輸送車両の実績をモニタリングして客観評価し、速度低下を招く要因があれば緩和に向けた方策を提案することを目的とした。災害や一般車両の事故等により常磐道が通行止めとなり、並行する一般道路への迂回が生ずる場合がある。そのような場合でも、輸送車両の影響で一般車両の交通混雑を引き起こさないように努めることが重要である。通行止め時の迂回状況やその影響をモニタリングし、交通混雑を招

く要因があれば、再発防止の提案を目的とした。

#### (3) 評価区間の設定

評価区間は、輸送ルート上での交通混雑が懸念される常磐道暫定2車線区間を対象に、下記3区間を設定した(図 3-2)。

下り: いわき四倉 IC~広野 IC, 広野 IC~常磐富岡 IC  
上り: 浪江 IC~南相馬 IC

なお、評価する方向は、輸送車両が中間貯蔵施設へ向かう方向とした。



図 3-2 評価区間

#### (4) 目標値の設定

モニタリングの実施にあたり、輸送車両の目標値は、一般車両の交通混雑を引き起こさないようにするための目標値「時間当たりの輸送車両台数: 500pcu/h (250 台/時)」を設定した。

目標値は、常磐道暫定 2 車線区間の片側交通容量 (1,062pcu/h) から大型車両と小型車両を合計した一般交通量 (300~400pch/日: 2019 年 3 月以降実績値) を差し引いた交通容量の余剰 (約 600~700pcu/h) を参考に設定した(図 3-3)。

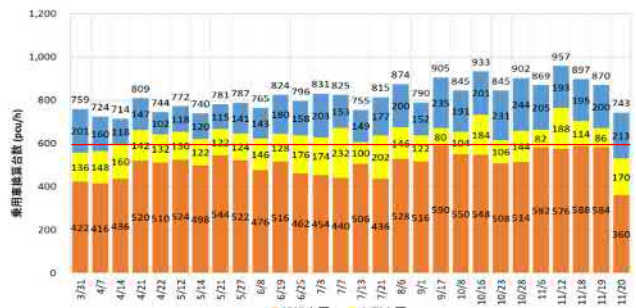


図 3-3 ピーク時間当たりの PCU 換算台数の推移 (常磐道 広野 IC~常磐富岡 IC, 2019.3~2020.12)

(5) 評価指標の設定

評価指標は、以下の3指標とした。

a) 時間帯別旅行速度・交通量

当該指標は、評価区間を走行する輸送車両台数と一般車両の平均旅行速度の因果関係を確認することを目的とした。評価区間は、暫定2車線であること、②サグ部を有すること、の2つの特徴がある。前者は速度の遅い車両がコントロールとなって区間全体の速度低下を招くこと、後者は輸送車両を含む大型車の速度低下が混雑を助長することが懸念されるため、その状況を確認した。

表 3-1 評価指標と使用データの関係

| 状況    | 評価指標                  | 使用データ |           |        |               |                 |           |            |         |        |
|-------|-----------------------|-------|-----------|--------|---------------|-----------------|-----------|------------|---------|--------|
|       |                       | 詳細データ | 車両走行状況データ | 輸送車両情報 | 輸送車両走行台数予定データ | 輸送車両走行台数カウンタデータ | トラフィックデータ | 常磐道渋滞状況データ | プロンプデータ | プロンプ一般 |
| 通常時   | a) 時間帯別旅行速度・交通量       | ●     |           |        |               | ●               |           |            | ●       |        |
|       | b) 輸送車両の予定・実績評価       | ●     | ●         | ●      |               |                 |           |            |         |        |
| 通行止め時 | c) 常磐道通行止め時の一般道への交通影響 |       |           |        |               |                 |           | ●          | ●       | ●      |

b) 輸送車両の予定・実績評価

当該指標は、輸送車両が計画どおり運行しているかを確認することを目的とした。輸送車両台数を時間帯別・輸送受注者別に分類し、予定と実績の乖離を確認した。

c) 常磐道通行止め時の一般道への交通影響

当該指標は、常磐道の通行止め時における一般道路への迂回状況を確認することを目的とした。国道6号は常磐道と並行しているため、通行止めによる迂回が生じた場合は代替機能を担うことになる。そのため、「通行止め前」、「通行止め時」、「通行止め解除後」の3時点について、常磐道と国道6号を対象に、交通転換の様子や混雑状況を確認した。

(6) 使用データと取得方法

使用データは、既述の評価指標を算出するため、7つを選定した。評価指標と使用データの関係を表3-1、使

用データと取得方法と頻度を表3-2に示す。

使用データの選定にあたって特筆すべきことは、環境省が整備した「総合管理システム」により取得される輸送車両情報を、トラフィックカウンタデータ、ETC2.0プローブデータと融合させたことである。

NEXCO 東日本や国土交通省が管理する交通情報は、車種を「小型車」と「大型車」に判別しているが、「大型車」をさらに「輸送車両」と「輸送車両を除く車両」に分けることは困難である。そのため、本分析では「大型車」を「輸送車両」と「輸送車両を除く車両」に区分するため、全輸送車両の位置情報を取得している「総合管理システム」の輸送車両情報を援用した。

(7) 評価結果

既述の評価指標に基づいた分析結果を以下に示す。

a) 時間帯別旅行速度・交通量

常磐道（いわき四倉 IC～常磐富岡 IC 間）は暫定二車線であり、追い越しが出来ないことから、速度の遅い車両により区間全体の速度低下を招く恐れがある。前述したとおり、当該区間にはサグ部があり、輸送車両を含む大型車の速度低下が混雑を助長する恐れがある。実際に、規制速度を順守する輸送車両の混入率が高まると、常磐道の平均旅行速度が徐々に低下することが確認されたものの、特定の時間帯への過度に集中をしないよう時間調整が図られた結果、規制速度 70km/h に対して約 68km/h までの速度低下に抑えられ渋滞発生を防止した（図 3-4、図 3-5）。

b) サイクルタイム通りの運行 PDCA 管理の徹底

常磐自動車道の下り常磐富岡 IC 手前で輸送車両の通行台数が最大となる。輸送車両の運行により渋滞を生じないようにするため、交通容量 1,062pcu/h を超過させないための輸送車両の時間通行台数の限界値を 300 台/時、目標値を 250 台/時と設定し、平準化管理を実施した。この値は、前年のトラフィックカウンタデータから一般車の通行特性を評価して算定した。設定した時間当たりの輸送車両台数（300 台/時以下）に調整するため、常

表 3-2 使用データ・取得方法と頻度

| No | 使用データ            | 主な収録項目                          | 提供元機関         | 取得方法     |
|----|------------------|---------------------------------|---------------|----------|
| 1  | 車両走行状況詳細データ      | 車両 ID, 位置情報 (15 分単位), 輸送ステータス   | JESCO         | 毎週メール    |
| 2  | 輸送車両情報データ        | 車両 ID, 輸送事業者 ID, 搬出元 ID, 搬出先 ID | 総合管理システム      | 適宜ダウンロード |
| 3  | 輸送車両走行台数予定データ    | 輸送車両の CT, 断面別時間帯別交通量            | 環境省 (システム EX) | 適宜ダウンロード |
| 4  | トラフィックカウンタデータ    | 車種別時間帯別交通量                      | NEXCO 東日本     | 毎週メール    |
| 5  | 常磐道渋滞状況データ       | 渋滞の発生日・時分, 発生場所 (KP), 渋滞要因      | NEXCO 東日本     | 毎週メール    |
| 6  | ETC2.0 一般プローブデータ | 15 分単位平均旅行時間・旅行速度               | 国土交通省         | 隔週メール    |
| 7  | 輸送管理業務日報         | 輸送事業者別搬出元別の計画・実績台数              | 環境省・JESCO     | 毎日メール    |

磐道下り「広野 IC～常磐富岡 IC」断面における輸送受注者別の輸送車両台数の予定と実績を整理した（図 3-6）。仮置場ごとの詳細な分析を行い、特定の時間帯への輸送車両の集中、予定とは異なる時間帯に輸送車両が仮置場を出発するなどの予実乖離がある場合には、輸送受注者へ予実乖離の分析結果を提示するとともに、サイクルタイム通りの運行の徹底を呼び掛けた。

当初、サイクルタイム通りの運行に対する、現場と管理側でのサイクルタイムに対する緻密さの認識相違があった。仕組みを作った上で、環境省職員が仮置場現場で説明・指導を丁寧に実施したことや、例外とする仮置場を明確化したことなど透明性を担保した情報整理を行っ



図 3-4 常磐道を車両走行状況

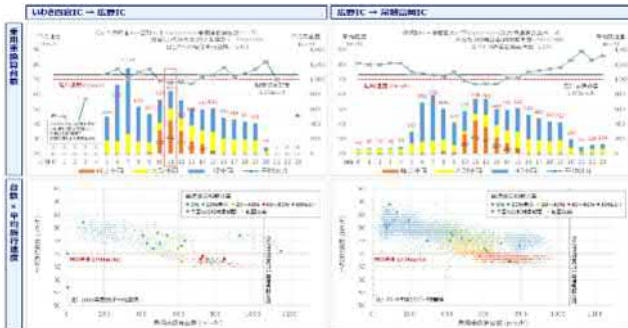


図 3-5 いわき四倉 IC～広野 IC～常磐富岡 IC の交通状況

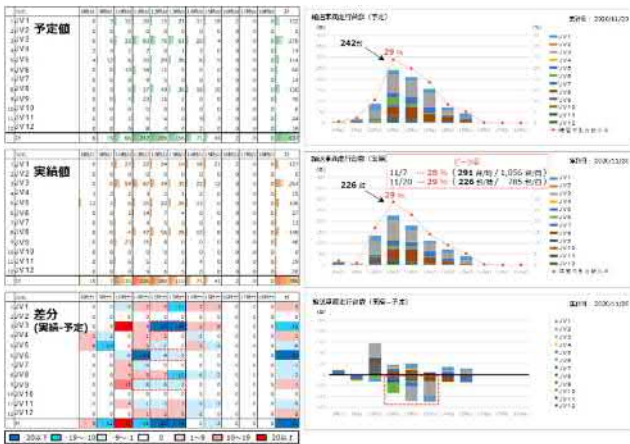


図 3-6 広野 IC～常磐富岡 IC での予実比較（EXSS から予定情報、トラカンデータから実績情報を取得して利用）

たことにより、平準化の意義を仮置場側と共有でき、受注者の理解・協力が得られ、PDCAの管理徹底に繋がった。また、輸送の2か月前の段階で、ピーク時間帯の輸送車両台数が集中する時期と時間帯に通過する仮置場を特定した、調整可能な仮置場の条件として、①ダンプトラックの待機が可能なスペースを有すること、②朝礼の時刻を2班に分けて待機時間を無くして総労働時間を短縮するなど柔軟な現場管理ができること、③仮置場付近の道路利用時間帯に制約が少ないことが挙げられた。

c) 常磐道行止め時の一般道への交通影響

令和2年4月から令和3年2月まで、事故渋滞は36回発生した。これらの事後解析を行い、その後の運用改善情報として提供した。一例として、磐越道の複数地点で事故が発生した際、早朝から通行止めが生じ、お昼前に輸送が再開された（図 3-7）。この影響で、通行止め

時間帯に出発予定だった輸送車両が後ろ倒しとなり、解除後に一斉に仮置場を出発してしまうことがあった。これにより、常磐道下り（いわき四倉 IC～常磐富岡 IC）で一時的に交通容量を超える交通量となり、65km/hに速度低下を招いたが渋滞には至らなかった事例がある。このような事例を、モザイク図、トラカン、QV 図とセットで解析を行い、対策検討に役立てた。通行止め発生日における常磐道の走行状況を図 3-8 に示す。

通行止めが生じた場合は、輸送中の車両は迂回ルートを走行すること、待機中の輸送車両は平常時と同様の発車間隔を遵守することが指導され、後の滞留防止につながった。



図 3-7 常磐道 通行止め時状況事実確認の報告

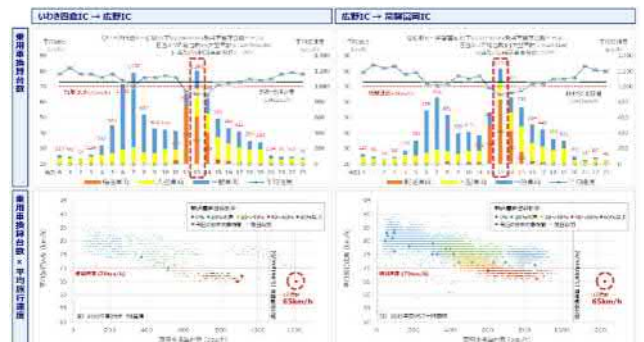


図 3-8 常磐道 通行止めにおけるいわき四倉 IC～広野 IC～常磐富岡 IC 走行状況の報告例

#### 4. 滞留防止・解消対策とその評価

住民帰還や復興・再生の加速化，緊急時における避難路の確保等に加え，中間貯蔵施設への除去土壌等の安全かつ効率的な輸送や県内の復興への寄与を目的として，大熊 IC（平成 31 年 3 月），常磐双葉 IC（令和 2 年 3 月）が新設された．一般車両の利用が多い主要道路（国道 6

号，国道 114 号，県道 35 号線など）への交通負荷の軽減を目的としたものである．また，県道 252 号線に立体交差やこ道橋がかけられ一般道から中間貯蔵区域への入域に国道 6 号への影響の低減化が図られる．

高速道路大熊 IC，常磐双葉 IC 開通による輸送ルートの切り替えと輸送車両比率の変化を図 4-1 に示す．新設 IC が利用されることにより，一般道への負荷が低下することが分かる．



図 4-1 高速道路大熊 IC，常磐双葉 IC 開通による輸送ルートの切り替えと輸送車両比率の変化



図 4-2 滞留懸念箇所及び車両のバッファゾーン

また、滞留を回避するための輸送車両の待機場や受入別施設への入場待ちや荷下ろしのための待機場・一時保管場をバッファゾーンとして設けた。滞留懸念箇所及び車両のバッファゾーンの地図を図 4-2 に示す。

こういった復興の進捗にあわせて管理対象とするボトルネックが変化することに留意する必要がある。前述の輸送マネジメントシステムを活用し、ルート配分調整や、ボトルネック箇所の予測と事前評価、平準化調整の PDCA を実施した。以下に効果を紹介する。

(1) 入域ゲート前の滞留対策（山田ゲート）

道路整備に伴い帰還困難区域内の道路が順次通行許可証、身分所の確認を要しない特別通過交通(以下、自由通行と称す)となり、これに応じたルート切替えの一環で、帰還困難区域管理ゲートの再配置が行われ、県道 35 号線と 288 号線が合流する地点でゲートが新設された（山田ゲート）。令和元年 9 月 5 日のゲート新設時点では、ゲート処理能力を超える流入台数は無いと推計していたが、自由通行化に伴い、入退域する対象車両が増加し、ゲート手前 400m 程度の区間で速度が低下する渋滞滞留が発生したことから、滞留解消を行う必要があった。JESCO による引き込み位置でのゲートチェックで応急措置を行いつつ、工事受注者別のゲート利用台数を確認したところ、予定より早く到着する車両が主要因であったことが分かり、ゲート運用の工夫と集中出発への指導を行い、滞留報告は少なくなった。当時のサイクルタイム予実乖離状況を図 4-3 に示す。この措置により滞留は記録されなくなったが、同時期に、大熊 IC 降車へのルート変更や、両町への流入量調整のためのルート変更が行われたことにより、ゲートへの負荷が低減化されるに至った。施策の実施経緯と山田ゲート周辺の混雑緩和状況及び山田ゲート手前 400m 区間の通過時間の変化を図 4-4 に示す。

CT 通りの運行の徹底については、常盤道下り断面を対象に実施していた経緯があり、全体の輸送工事受注者に浸透していると考えていたが、常盤道下りルートを利用しない輸送工事受注者での認識醸成が課題であることが分かった。そのため、PDCA サイクルによる管理を、ボトルネック箇所を通行する車両だけでなく、全体へと管理対象に広げ、遵守徹底を図ることへと繋がった。

(2) 中間貯蔵施設区域内道路（ふるさと農道周辺）の滞留緩和

双葉工区と大熊工区の間には、東京電力福島第一原子力発電所に向かう県道 252 号線が多くの廃炉関係車両等に利用されており、両工区を跨ぐ通行のため、バイパスとなる県道 252 号線立体交差工事が計画された。その供用開始よりも輸送量の増加が先行し、双葉工区と大熊工

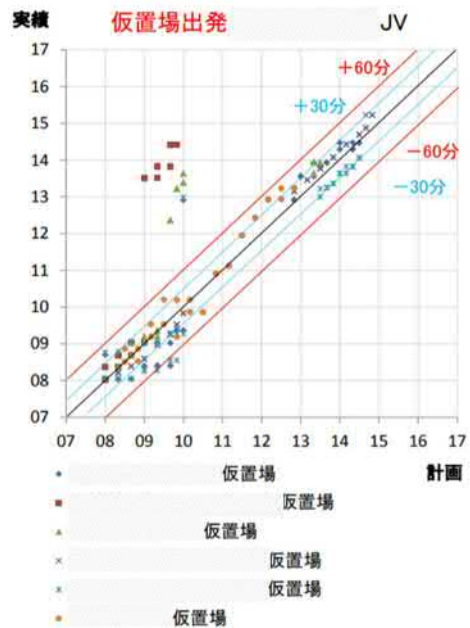


図 4-3 仮置場別サイクルタイム予実乖離状況の理恵（中心線から離れるほど予実が乖離している）

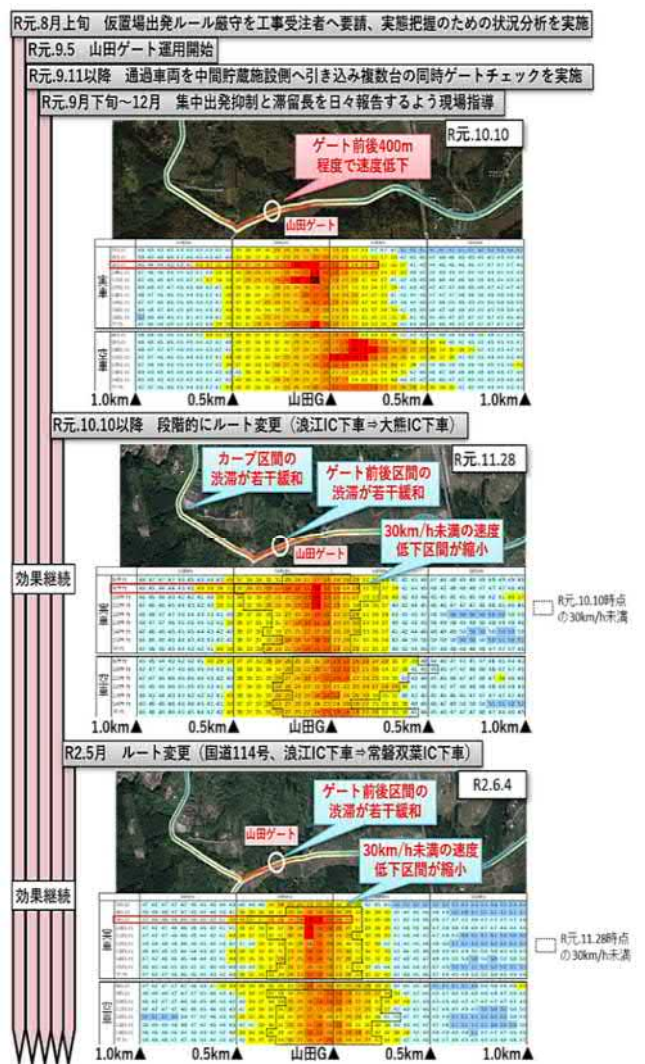


図 4-4 施策の実施経緯と山田ゲート周辺の混雑緩和状況及び山田ゲート手前 400m 区間の通過時間の変化



図 4-5 ふるさと農道における渋滞緩和効果の発現状況

区を移動する南北ルートで滞留が発生したため、緩和させる施策の実施が課題となった。道路補修や交差点改良などのハード整備の工程と輸送工程のギャップをカバーするため、効果的なソフト施策の実施による輸送車両の通過時間の分散を行った。まず、東電関係車両へ協力を依頼し、県道 252 号線の車両規制による相互通行を実施した。これにより、県道 391 号線及び町道東 8 号線の滞留は解消したものの、その先の町道東 17 号線との交差点部で先詰まりが生じ、その先のふるさと農道まで滞留が伸延した。

次に、ふるさと農道における車両の集中・滞留緩和に向けた到着時間の調整方策として、全ての受注者と環境省の調整会議にて、大熊 IC 付近に設置された大熊 IC 待機場の積極活用を依頼した。また、中間貯蔵施設到着時刻の予実の乖離が著しい輸送工事受注者について関係者の会議を通じて予定情報または実際のオペレーションの修正の必要性を説明し、仮置場や待機場からの出発時刻調整を促した。この2つの取組みにより、到着時刻の平準化を図った。最後に、令和元年 10 月 10 日県道 252 号線立体交差の暫定供用に合わせた双葉からの輸送ルート変更、及び令和元年 11 月 11 日県道 252 号線立体交差及び中央台こ道橋の供用開始をもって、輸送ルートの切り替えが完了した。以上から、令和元年 7 月上旬以降に実施したソフト施策や令和元年 11 月の県道 252 号線立体

交差、中央台こ道橋が開通したことにより、大熊 IC から大熊工区への経路が分散し、令和元年 11 月 28 日時点でふるさと農道の混雑が大幅に緩和した。効果の発現状況を図 4-5 に示す。

### 5. おわりに

本稿では、輸送ピーク時（令和元年）年間 400 万<sup>m</sup>の輸送マネジメントに用いたデータ体系やデータ解析の事例を紹介した。道路基盤が十分とはいえない地域に約 1,700 千台/日のダンプトラックが輸送稼働することは稀有なことと考えられるが、環境省・JESCO・輸送工事受注者・各コンサルタント・チーム EX が連携・協働することにより、大幅な工期遅延等を生じずに事業遂行することができた。データ解析にあたっては、NEXCO 東日本及び国土交通省から提供いただいたトラフィックカウンターデータや ETC2.0 一般プローブデータ等が活用し実績モニタリングを行うとともに、施策効果を確認することができたことも、付記しておく。

1) 中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る実施計画 2016 年 3 月（2018 年 12 月 更新）環境省

(Received March 6, 2022)

## LEVELING THE NUMBER OF VEHICLES PASSING BY ADJUSTING TRANSPORTATION PLAN FOR REMOVED SOIL, and THE PDCA MANAGEMENT

Makiko DOI, Koji TAKAHASHI, Yuki TSUKAMOTO, Tetsuya IGARASHI, Hideto HOSOJIMA,  
Kaoru SANO, Hiroto EBIHARA, Masahiro AKUTSU and Komei YANO

The Ministry of the Environment has planned to transport about 4 million bags of removed soil annually to the interim storage facility, with the peak transportation period from 2019 to 2020. During the transportation period, events such as lifting restrictions on traffic, gradual road traffic improvement, and lifting the designation of difficult-to-return areas were planned. We had to carry out the transportation work in changing conditions. Therefore, it was necessary to introduce and implement leveling adjustment by PDCA cycle for transportation management and strive to ensure smooth transportation. Traffic analysis was carried out by utilizing ETC2.0 general probe, traffic counter data and vehicle position information, and transportation management was carried out. This paper introduces the mechanism of the PDCA cycle implemented in the field and examples of traffic analysis. As a result, we were able to transport 400million bags in the years of the peak transportation