

# 福島県内における中間貯蔵施設への 除去土壌等の輸送の計画と管理について

矢野 康明<sup>1</sup>・宮田 真幸<sup>2</sup>・寺沢 直樹<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 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 1-2-2)  
E-mail: KOMEI\_YANO@ev.go.jp

<sup>2</sup> 非会員 環境省 福島地方環境事務所 (〒960-8031 福島県福島市栄町 11-25)  
E-mail: MASAYUKI\_MIYATA@env.go.jp

<sup>3</sup> 正会員 環境省 環境再生・資源循環局 (〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2)  
E-mail: NAOKI\_TERASAWA@env.go.jp

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境汚染が生じ、除染および廃棄物処理により環境回復が進められ、これらにより発生した除去土壌や廃棄物（以下、「除去土壌等」という。）約1,400万m<sup>3</sup>が膨大であることから、福島県外で最終処分するまでの間、安全に集中的に管理・保管する施設である中間貯蔵施設を整備し、仮置場等から搬入の上保管している。環境省では、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搬入しており、輸送最大時には、1日当たり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ため、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。特に車両が集中する中間貯蔵施設周辺では大きな課題となり、そのため実施した除去土壌等の輸送による交通影響試算及び輸送計画、輸送中のマネジメント（PDCA管理）で得られた実績と今後の課題について事例報告する。

**Key Words:** *Transportation plan, congestion and traffic accidents control, transport management, ETC2.0 probe data, AI Video Analysis*

## 1. はじめに

中間貯蔵事業は、福島県大熊町、双葉町に跨がる約1,600ha（福島第1原発を囲むエリア）に受入・分別施設、減容化施設、土壌貯蔵施設、廃棄物貯蔵施設を整備するとともに、福島県内における除去土壌等の輸送対象物量、約1,400万m<sup>3</sup>（2018年10月時点）を輸送する事業である。

地域の皆様のご理解とご協力により、2015年3月から搬入を開始し、2021年までの概ね搬入完了を目指し段階的に輸送量を増大し、2019～2020年度は、年間輸送量約400万m<sup>3</sup>、最大輸送車両台数としては、1日延べ3,200往復、1,700台程度の10トンダンプトラックが稼働して輸送を実施した。

本稿では、この輸送事業の計画段階の社会環境への影響を抑制するための対策、輸送実施段階における事故、渋滞対策におけるICT技術を活用したPDCA管理を中心にその概要を報告する。

## 2. 除去土壌等の中間貯蔵施設への輸送概要

### (1) 輸送の基本原則

中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に当たっては、中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る検討会を経て、輸送基本計画<sup>1)</sup>において以下の事項を基本原則とした。

- ① 安全かつ確実に輸送を実施すること
- ② 短期間かつ円滑に輸送を実施すること
- ③ 国民及び関係機関の理解と協力の下、輸送を実施すること

### (2) 輸送対象と輸送の目標

中間貯蔵施設への輸送対象物は、福島県内で発生した、

- ① 除染に伴い生じた土壌及び廃棄物（草木、落葉・枝、側溝の泥等）
- ② 上記以外の廃棄物（放射能濃度が10万Bq/kgを超える焼却灰等）

を基本とすることを輸送実施計画<sup>2)</sup>で定めた。

中間貯蔵施設事業について、平成 28 年 3 月 27 日に「中間貯蔵施設に係る「当面 5 年間の見通し」」を公表し、輸送対象物量約 1400 万 m<sup>3</sup>(2019 年 10 月時点) の中間貯蔵施設への搬入に向け、用地や施設整備等の状況を踏まえて輸送量を段階的に拡大し、2019 年度の中間貯蔵施設事業の方針において、2021 年度末までに、県内に仮置きされている除去土壌等(帰還困難区域を除く)の概ね搬入完了することを目指した。

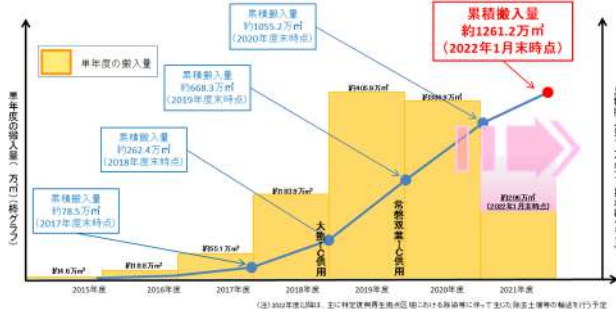


図-2-1 輸送量の推移(帰還困難区域分を含む)<sup>3)</sup>

これまでの輸送において年間輸送量が最大(約 400 万 m<sup>3</sup>)となった 2019 年度から 2020 年度の輸送対象市町村(計 29 市町村)の範囲を図-2-2 に示す。

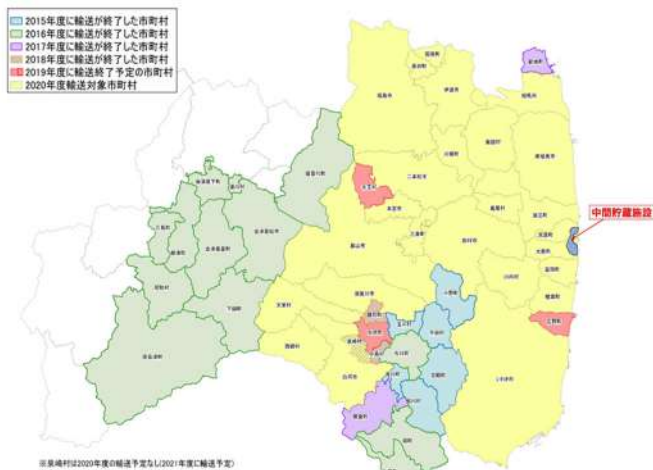


図-2-2 輸送対象市町村の推移

### 3. 中間貯蔵施設への輸送ルートを選定<sup>2)</sup>

#### (1) 震災後の道路交通状況

震災後は、避難指示区域の設定による一般車両の通行制限や迂回交通の発生、住民の避難に伴う人口移動、復旧・復興関連の交通流動等、浜通り地方を中心に様々な状況変化があった。避難指示区域の見直しにより、双葉郡、南相馬市及び飯館村の一部地域が帰還困難区域に設定された。帰還困難区域では、すべての道路の入退域に対して、通行証、身分証の確認を内閣府原子力災害現地対策本部が行っている。



図-3-1 帰還困難区域の通行規制

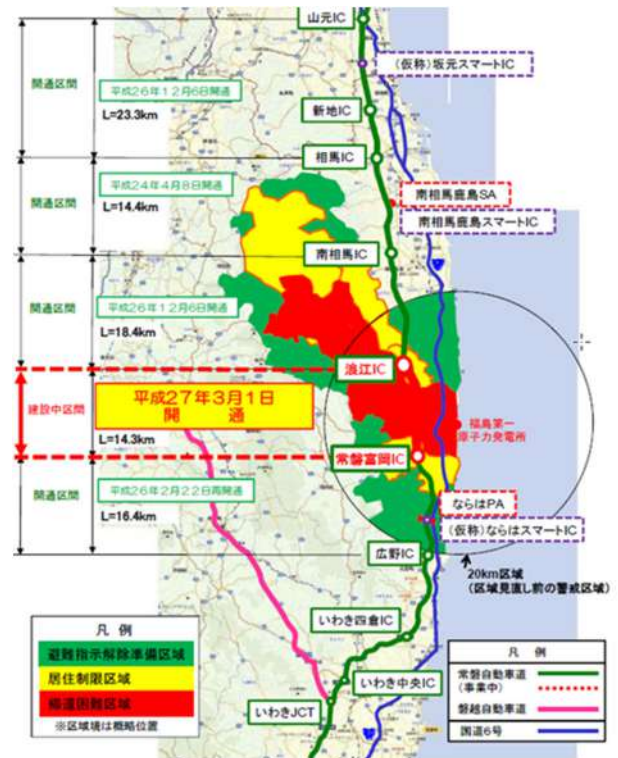


図-3-2 常磐自動車道の震災後の開通経緯

国道 6 号の富岡町～双葉町間(約 14km)については、平成 26 年 9 月 15 日から、通行証の所持・確認を要せずに当該区間を通過できるようになった。

よって、その他の輸送車両が集中する入退出管理箇所では ETC ゲートを活用して迅速化を図った。

また、常磐自動車道は、広野 IC 以南の県内区間は平成 23 年 4 月に応急復旧が完了し、平成 24 年 4 月には南相馬 IC～相馬 IC が開通したもの、広野 IC～常磐富岡 IC 間は平成 26 年 2 月 22 日に再開通するまで、被災等により通行止めとなっていた。

震災の影響により工事が中断されていたが、常磐自動車道は、震災約 4 年後の 2015 年 3 月 1 日に全線開通され、中間貯蔵施設への輸送当初から利用することができた。

東北自動車道と常磐自動車道を繋ぐ東北中央自動車道(相馬福島道路)は、国土交通省東北地方整備局により、整備が進められ、2019 年 11 月 22 日に常磐自動車道に接続され、北部方面からの輸送を迅速化することができた。

また、2019 年 3 月 31 日常磐自動車道に大熊 IC が、2020 年 3 月 7 日に常磐双葉 IC が開通し、中間貯蔵施設への輸送車両の集中による沿道への負荷を軽減するとともに、迅速化を図ることができた。



図-3-3 東北中央自動車道の整備(2019.11 時点)



図-3-4 大熊 IC、常磐双葉 IC の整備

(2) ピーク輸送時の輸送ルート<sup>2)</sup>

仮置場等から中間貯蔵施設までの輸送ルートについては、高速道路を最大限利用するルートと、所要時間が最小になるルートの 2 つを比較し、沿線人口にも配慮し

つつ、走行距離や所要時間が多少長くても高速道路を積極的に利用するルートを基本とし、地域の状況等を踏まえて設定した。

福島県では、被災箇所の復旧や道路整備により、復興・再生の進展等による道路網や交通量の変化が予想され、道路や交通の状況変化を調査・把握し、関係機関とも調整の上、必要に応じて適切にルートの見直しを行うこととした。

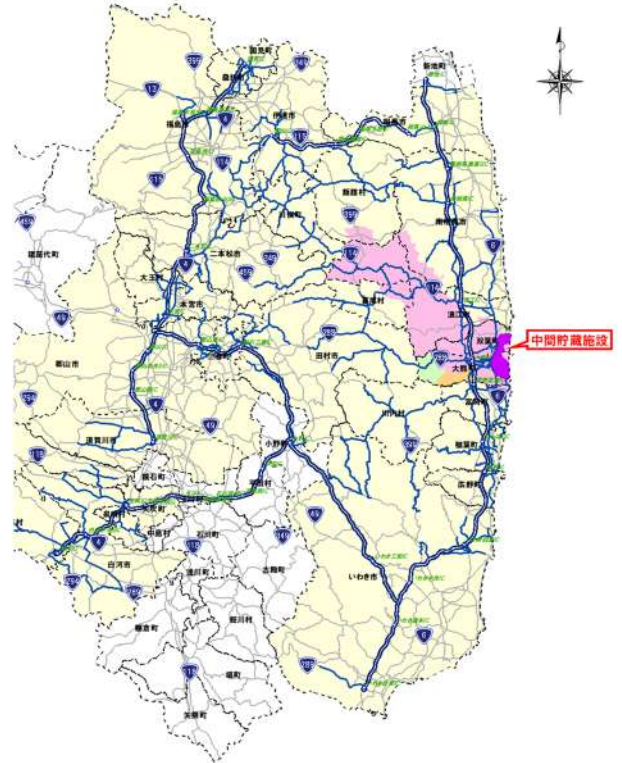


図-3-4 輸送ルート(2019年度)

なお、輸送車両の集中が予測される中間貯蔵施設の出

入口周辺においては、一般交通への影響を最小限とするために、中間貯蔵施設区域内の道路状況も考慮し、輸送車両ができる限り右折進入・退出とならぬよう立体交差（アンダーパス、オーバーパス）や直進により進入する平面交差を極力活用したルートとした。

大熊 IC から中間貯蔵施設に至るルートについては、復興拠点への影響を低減するため、工事用道路及び国道 6 号を横断する跨道橋等を整備した。

#### 4. 全数管理による除去土壌等の管理<sup>2)</sup>

##### (1) 輸送の統括管理

除去土壌等の安全かつ確実な輸送を行うため、輸送対象物の全数管理及びトレーサビリティの確保を図るとともに、的確に輸送車両の運行管理を行い、搬出から搬入に至る輸送の全過程について、統括管理を行った。

輸送車両は、GPS 車載器を搭載しリアルタイムで以下のとおり運行管理を行った。

- a) 積込場からの搬出時に、保管容器 1 個単位ですべての積載物を輸送車両と結び付け、輸送車両とその積載物を一体で管理した。
- b) 走行中の輸送車両の位置情報について、輸送車両に搭載する GPS 車載器を用いて把握するとともに、システムに記録し、地図データ上に表示し、その走行状況の監視を行った。



図4-1 GPS 車載器による輸送統括管理

##### (2) 輸送物の重量測定と放射能濃度の簡易測定

荷重計等により各保管容器の重量を測定するとともに、「除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン」（平成 23 年 12 月厚生労働省）に準拠し、各保管容器の表面線量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）の測定値から放射能濃度を算定した。

##### (3) 車両周辺での空間線量率の測定と必要な対策

表面線量率が  $30\mu\text{Sv/h}$  を超える除去土壌等を積載する輸送車両については、輸送車両から 1m 離れた位置での最大の空間線量率が

$100\mu\text{Sv/h}$  を超えないことを確認し、これを超えている場合は、遮へい措置又は積載量を減らす等の措置をとることとした。

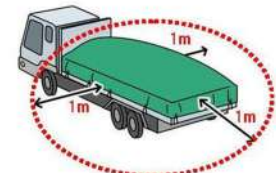


図4-2 車両周辺の空間線量率管理

##### (4) 輸送カード発行による過積載、被ばく管理

輸送カードは、運転者自らが輸送している輸送物を把握するとともに、事故発生時等において、輸送物の情報や連絡先等を、現場で警察、道路管理者等に伝達することを目的とする。

輸送車両が積込場を出発する前に、総合管理システムにより出力され、自動車登録番号、車種、搬出日時、重量、行先等を記入した輸送カードにより搬出管理を行う。

このシステムにより過積載および車両周辺の放射線量の基準値超過を未然防止している。

| 輸 送 カ ー ド               |                   |                   |            |  |                              |                     |       |  |  |
|-------------------------|-------------------|-------------------|------------|--|------------------------------|---------------------|-------|--|--|
| 輸送カード番号: d123456789012d |                   |                   |            |  | 整理番号: H000000001-0000001-001 |                     |       |  |  |
| 区 分                     |                   | 不燃物               |            | 可燃物  |                              | 行き先 双葉              |       |  |  |
| 特定施設                    |                   | 有                 |            | 無  |                              | 事業者名 ●●JV           |       |  |  |
| 市町村名                    |                   | 〇〇町〇〇1234         |            | 事業者連絡先   |                              | 024-XXXX-XXXX       |       |  |  |
| 仮置場名称                   |                   | □□□               |            | 搬出日時   |                              | 年 月 日 時 分           |       |  |  |
| 車両番号                    |                   | △△ 800 あ 12-34    |            | 運転手名   |                              | ▲▲ ▲▲               |       |  |  |
| 車 種                     |                   | 10tダンプ            |            | 搬出責任者名   |                              | 前 後 左 右             |       |  |  |
| 積載可能重量                  |                   | 〇〇〇〇 kg           |            | 放射線計測結果  |                              | 前 後 左 右             |       |  |  |
| 施設到着予定日時                |                   | 〇〇〇〇年〇〇月〇〇日〇〇時〇〇分 |            | 注: (注)搬出時線量率が30( $\mu\text{Sv/h}$ )以上のものを積載する場合に測定 |                              | 0.10 0.22 0.36 0.36 |       |  |  |
| ①                       | ②                 | ③                 |            | ④  | ⑤                            | ⑥                   |       |  |  |
| 番号                      | 容器番号              | 分類                |            | 増設時線量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ )                     | 搬出時重量<br>(kg)                | 放射性物質濃度<br>(Bq/kg)  |       |  |  |
|                         |                   | チェック欄             | チェック欄      |  |                              |                     |       |  |  |
| 1                       | a300000000000001a |                   | 白色: 土壌等    | 0.70   | 1,143                        | 7,300               |       |  |  |
| 2                       | a300000000000002a |                   | 白色: 土壌等    | 0.09   | 890                          | 1,200               |       |  |  |
| 3                       | a300000000000003a |                   | 白色: 土壌等    | 1.80   | 1,104                        | 20,000              |       |  |  |
| 4                       | a400000000000004a |                   | 青色: その他不燃物 | 0.47   | 1,110                        | 5,100               |       |  |  |
| 5                       | a400000000000005a |                   | 青色: その他不燃物 | 1.06   | 1,112                        | 11,000              |       |  |  |
| 6                       | a400000000000006a |                   | 青色: その他不燃物 | 0.16   | 1,264                        | 1,500               |       |  |  |
| 7                       |                   |                   |            |  |                              |                     |       |  |  |
| 8                       |                   |                   |            |  |                              |                     |       |  |  |
| 9                       |                   |                   |            |  |                              |                     |       |  |  |
| 10                      |                   |                   |            |  |                              |                     |       |  |  |
| 計                       |                   |                   |            |  | 6,623                        |                     |       |  |  |
| 空車時重量 (kg)              |                   | 11,800            |            | みなし総重量 (kg)  | 18,423                       | 重量確認                | OK NG |  |  |
| 種 類                     |                   | 数量 (袋)            |            | 受入時重量 (kg)   | 重量チェック欄                      |                     |       |  |  |
| 可 燃                     |                   | 0                 |            | 【荷下時確認記録】  |                              |                     |       |  |  |
| 不 燃                     |                   | 6                 |            | 荷下担当者名:  |                              |                     |       |  |  |
| うち特定施設                  |                   | 0                 |            | 確認日時:  |                              | 年 月 日 時 分           |       |  |  |
| 合計                      |                   | 6                 |            |  |                              |                     |       |  |  |
| 中間貯蔵施設退場時スクリーニング        |                   | 対象                |            | 【スクリーニング時確認記録】                                     |                              |                     |       |  |  |
|                         |                   | 車                 |            | 線量測定者名:  |                              |                     |       |  |  |
|                         |                   | 人                 |            | 確認日時:  |                              | 年 月 日 時 分           |       |  |  |
| 洗 車                     |                   | 対象                |            | 【洗車時確認記録】  |                              |                     |       |  |  |
|                         |                   | 車                 |            | 洗車担当者名:  |                              |                     |       |  |  |
|                         |                   |                   |            | 確認日時:  |                              | 年 月 日 時 分           |       |  |  |
| シャワー                    |                   | 対象                |            | 【シャワー時確認記録】  |                              |                     |       |  |  |
|                         |                   | 人                 |            | 確認者名:  |                              |                     |       |  |  |
|                         |                   |                   |            | 確認日時:  |                              | 年 月 日 時 分           |       |  |  |
| 備 考                     |                   |                   |            |  |                              |                     |       |  |  |

図4-3 輸送カードによる全数管理

## 5. 輸送の影響評価とモニタリング<sup>2)</sup>

輸送の影響評価にあたり、福島県内は、震災前後で人口分布や利用可能な道路、交通状況等が大きく変わっており、道路交通センサスの観測交通量をはじめとした既存の交通データが適用できない状況であった。そこで、道路・交通管理者によるトラフィックカウンターデータ、将来交通量推計結果とともに、広域の交通量調査を実施し輸送車両の通行量等を考慮して震災後の一般交通量のデータを作成した。輸送車両の交通量は、GPS 車両位置情報による通行実績から評価した。

その上で、輸送車両の走行による3つの視点（交通混雑、放射線被ばく、生活環境）で影響評価を実施した。

### (1) 交通混雑評価

輸送による一般交通への影響については、定量的評価である時間当たりの交通量に対する道路の交通容量の比を用いて行った。

現況の交通量に、除去土壌等の輸送車両の交通量を加算した際の交通混雑を評価し、次の条件を目安として輸送車両の分散等を行い交通量を調整した。

- ・ 交通量/設計交通容量（時間） $< 1.0$ （目安）
- ・ 設計交通容量は、H27 道路交通センサスデータ等を使用
- ・ 交通条件は、一般交通量及び当該年度の輸送計画で試算された輸送車両の交通量を使用

年間輸送量が最大となった 2019 年度の輸送車両の日交通量(台/日)、時間最大交通量(台/時)ならびに交通容量比は図-5-1～図-5-3 に示すとおり。

中間貯蔵施設に車両が集中する常磐自動車道の下り区間で交通容量比が最大となり、輸送車両の通行による渋滞発生を防止するため交通容量比が 1.0 を上回らないよう輸送計画を調整した。

年間輸送量がピーク(約 400 万 $m^3$ /年)となった 2019 年度～2020 年度の輸送車両の稼働台数は、1 日当たり 1700 台程度（延べ3,200 往復程度）、2 年間の累計では約 728,000 台となり、そのうち約 513,000 台 全体の 70%程度が高速道路を利用した。

### (2) 輸送ルート沿道の放射線被ばく評価

輸送に伴う沿道住民の追加被ばく線量が最大となることが想定されるケースとして、信号のある交差点付近の住居の壁際に居住者が留まり続けるケースを考え、信号のある交差点に輸送車が赤信号で停止することによる被ばくと青信号で通過することによる被ばくを足しあわせることにより、信号のある交差点付近の住居の壁際に留まり続ける居住者に対する追加被ばく線量の評価を実施

した。あわせて、輸送中のモニタリングを実施し、影響は小さいことを確認し、環境省の中間貯蔵施設情報サイト等で公表した。

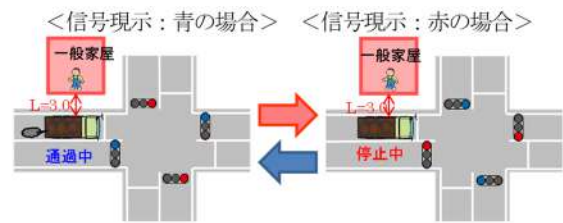


図-5-4 一般道における被ばく形態

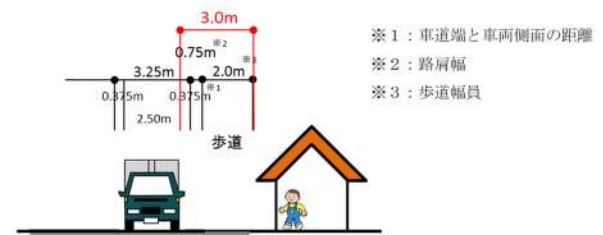


図-5-4 輸送車両の側面と沿道居住者との離隔

### (3) 輸送ルート沿道の生活環境評価

大気質（二酸化窒素 浮遊粒子状物質）、騒音、振動、粉じん等について、交通量にもとに事前評価するとともに、輸送中のモニタリングにより影響が小さいことを確認し、環境省の中間貯蔵施設情報サイト等で公表した。

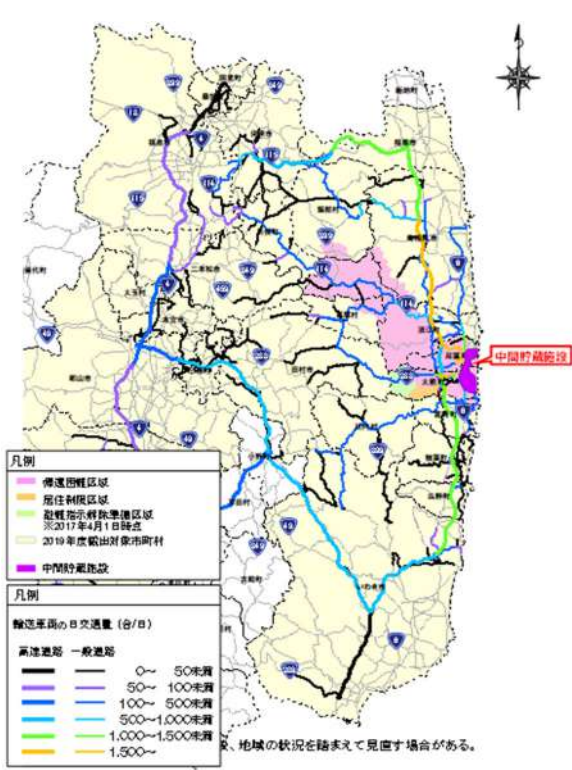


図-5-1 輸送車両の日交通量(台/日)の推計

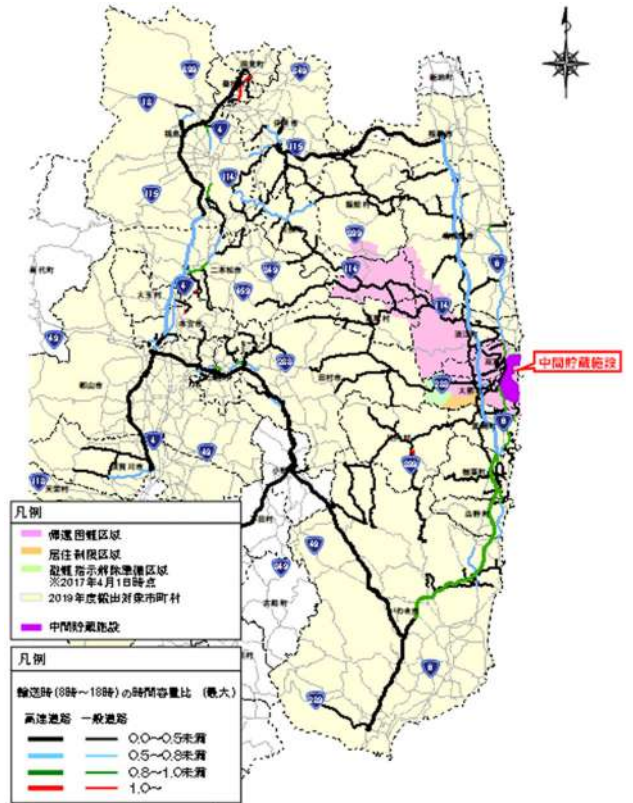


図-5-3 輸送ルート交通容量比の推計



図-5-2 輸送車両の時間最大交通量(台/時)の推計

## 6. 渋滞抑制のための輸送マネジメント

輸送計画の段階で、渋滞発生を防止するための計画調整を図っているが、各地域の震災復興による一般交通量の変動が予想されたため、ICT 技術を活用して輸送の実施段階で交通状況、輸送車両の運行状況を把握し、輸送の時間平準化による渋滞の未然防止を図る輸送マネジメントを実施することとした。

### (1) 輸送マネジメントによる PDCA 管理の概要

各輸送ルートにおけるボトルネックとなる箇所の時間交通量の予測評価に対して、全ての輸送車両の運行計画を集約し横断的な発車時間の調整を行うことによって設計交通量以下になるよう時間交通量の平準化に努めた。

その結果を把握しさらなる改善に活用する PDCA サイクルによる輸送マネジメントを実施するため、全輸送車両に搭載した GPS 車載器データによってボトルネックとなる箇所の通過実績を集計するとともに、道路管理者からトラフィックカウンターと ETC2.0 一般プローブデータを提供いただき、交通量と速度低の実績を把握した。

さらに、輸送車両の ETC2.0 特定プローブデータによって速度低下箇所を抽出するとともに、AI カメラによって車間距離や車群形成状況を把握し、交通事故、渋滞抑止のために活用した。

### (2) 常磐自動車道の輸送平準化による渋滞抑制

#### a) 輸送車両の運行サイクルタイムの平準化調整

常磐自動車道を利用する全輸送車両の運行サイクルタイムを受注者が計画した内容をデータベースに登録し、事前集計することにより、交通容量を超過することがないように運行計画の時間平準化の調整を実施した。

#### b) サイクルタイムの予定と実績の比較

輸送車両のサイクルタイムの予定と実績の比較は、輸送車両の GPS 位置データを分析することにより、評価対象箇所の輸送車両の時間通過台数を評価した。

これにより、トラフィックカウンターにける大型車両の通行台数における輸送車両の割合を把握した。

受注者毎に結果を集計することにより、輸送車両の運行計画に対する管理の徹底を図った。

#### c) 輸送車両の運行による速度低下への影響

常磐自動車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

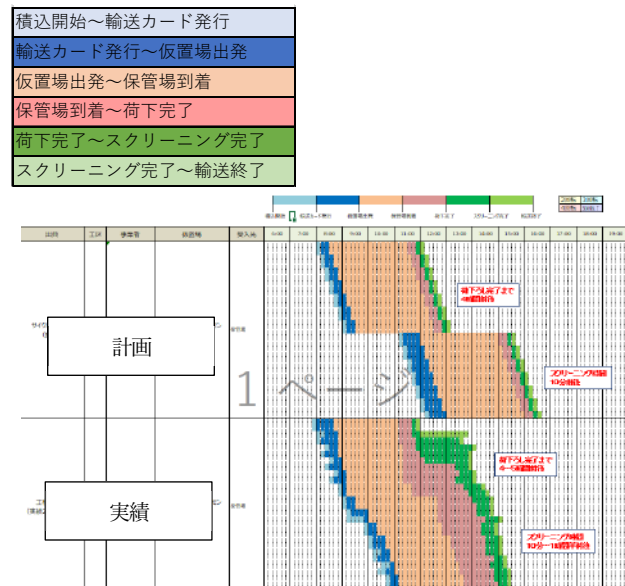


図-6-1 輸送サイクルタイムの計画・管理の例

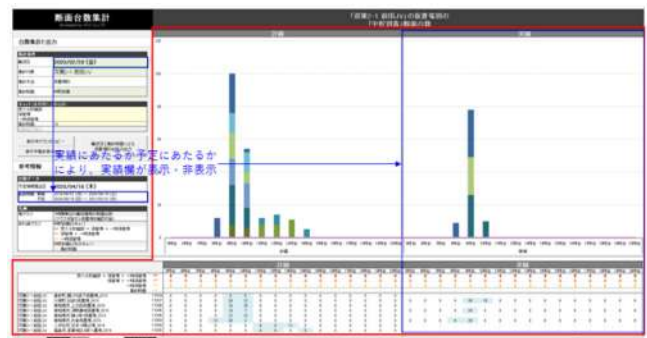


図-6-2 各断面の到着時刻分布の集計による予定と実績の比較

のデータを定期的に提供を受け、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。その一例を図-6-3 に示す。

PDCA 管理としては、設計交通容量を、輸送車両以外の一般車も含めた時間通行台数が超過することによる速度低下を生じさせないこととし、前述のサイクルタイム調整の改善を二週毎に繰り返した。

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ため、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ーデータから一般車の通行特性を評価して算定した。

輸送車両は、通学時間帯の運行を規制したことから、一般車の朝、夕の交通集中に影響することはなく、10 時から 15 時程度に通過した。

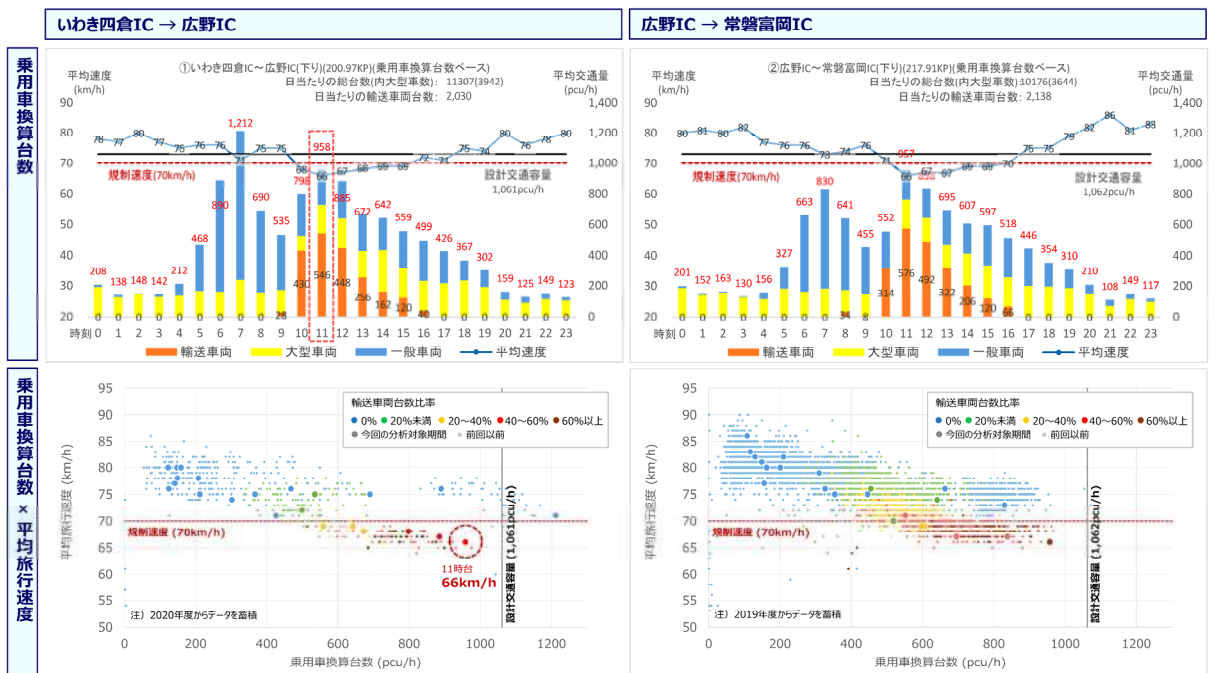
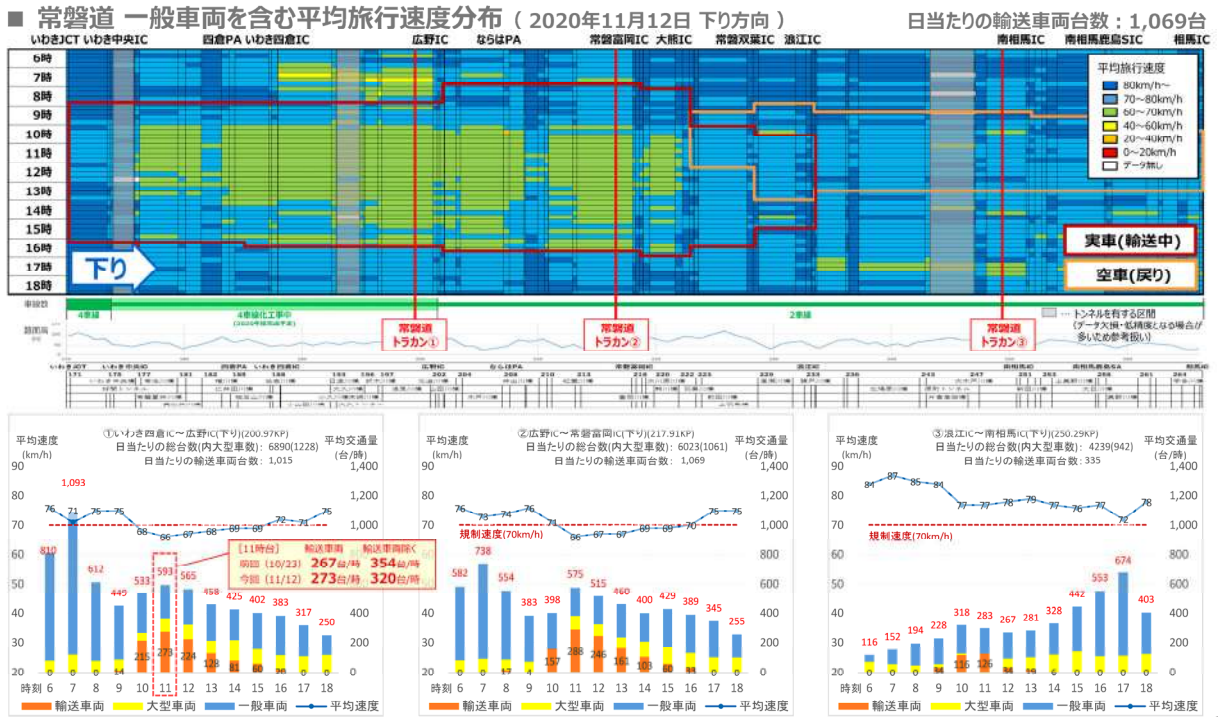


図-6-3 交通量と平均旅行速度(2020.10 の一例)

また、車両に対する規制速度順守、車間距離確保を推進するため、福島県警察等が実施している「東北ハイウェイ・セーフティ作戦」に参加して、模範的な運転(ペースカー)により、適正な速度の維持に努めた。

輸送車両の時間交通量の平準化に努めた結果、暫定2車線の常磐自動車道のいわき中央IC~常磐富岡IC(当時)において、設計交通容量以下の交通状況を維持することができ、平均速度は規制速度70km/hをわずかに下回る程度を維持し、渋滞を発生させることなく輸送す

ることができた。

しかしながら片側1車線区間では、車間距離が不足し、車群が長いことが散見され、事故、渋滞の発生が懸念されたため、量的管理とともに、走行特性の改善の把握と改善を進めることとした。

## 7. 走行特性の改善による事故・渋滞対策

### (1) 高速道路暫定二車線区間における事故、渋滞対策

常磐自動車道においては、付加車線の設置、4車線化工事が進められているが、特に暫定二車線区間において、輸送車両を先頭とする車群が長くなることについて、改善を求めるとの意見があり、ビデオ観測調査を実施した。

その結果、暫定二車線区間において、追い越しができないことから、一般車も含めて本線を走行する車両の車間距離が短く、車群が長くなっていることが散見された。

本線の走行車両の車間距離が十分に取られていない場合には、PAからの合流が困難となる場合もあり、事故や渋滞が懸念されたことから、車間距離を確保するための安全指導に用いるため、輸送車両のETC2.0特定プローブデータやAIカメラによる車間距離、車群形成評価を実施し、改善を図った。<sup>4)</sup>

#### a) ETC2.0 特定プローブデータによるサグ部の速度低下特性の把握

国土交通省が提供しているETC2.0特定プローブデータプローブ配信サービスは、ETC2.0車載器を装着することにより、全ての車両から統一されたデータフォーマットで走行経路や走行速度などが比較的安価に収集できる。そこで、輸送車両約2,000台のうちETC2.0車載器装着済みの車両約400台を対象にETC2.0特定プローブデータ配信サービスに登録し、データを取得し安全運転の指導に活用することとした。

取得したETC2.0特定プローブデータを活用し、輸送車両が集中する常磐自動車道自動車道における輸送車両の速度低下箇所を抽出し、道路線形・構造との関係整理を行った。

上り勾配への勾配変化点のサグ部とともに、輸送車両の専用休憩施設を配置したならばPA(下り)から暫定二車線区間の本線への合流する付近がサグ部となり輸送車両の速度が低下するケースが確認された(図-7-1)。

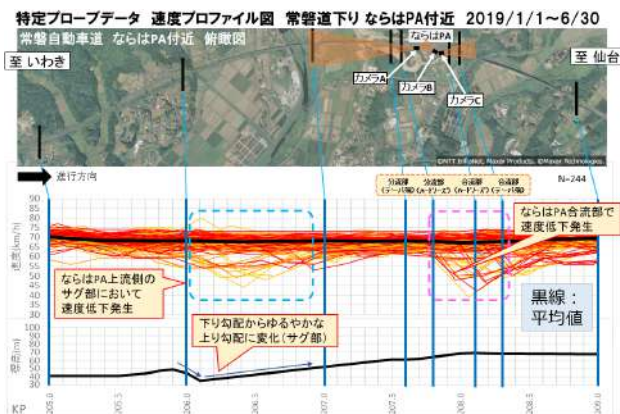


図-7-1 常磐道における速度低下箇所における速度変化

#### b) AIカメラによる走行状況評価

速度低下箇所では車間距離も狭まりやすいことから、輸送車両が安全上必要な車間距離を確保しているかモニタリングするため、ならばPA(下り)付近の走行状況を撮影するカメラを常設し、AI画像解析技術を用いて、専用ゼッケンを装着した輸送車両を判別した上で、速度及び車間距離を計測した(図-7-2)



図-7-2 AI画像解析による車間計測例

AIカメラの計測結果を基に、一定車間距離(例えば70m)を確保できていない輸送車両の割合を評価指標として整理し、特に狭い車間距離(50m以下)の輸送車両の動画を、輸送車両ドライバーへの注意喚起を要する事例場面として抽出した。また、長大な車群の出現状況についても図示化して安全指導に活用した(図-7-3)。



図-7-3 車群形成状況の評価例(カメラA分流前)

車間距離確保に関する安全指導後の走行状況を速度プロフィールにより確認すると、サグ部における速度低下は発生しておらず改善がみられた(図-7-4)

c) 合流部における事故・渋滞防止に向けた指導

常磐自動車道ならば PA における輸送車両の専用休憩施設から本線(暫定二車線)に合流する際の走行安全性の向上および著しい速度低下の抑制のため、AI 等を活用した画像解析等の方法を通じて、ならば PA で休憩した後に本線に合流する際の輸送車両の車間距離を評価した。

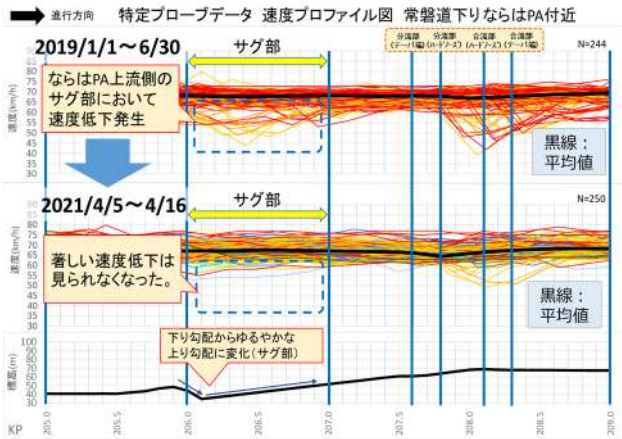


図-7-4 輸送車両の走行速度プロファイルの推移 (ならばPA(下り)付近)

輸送車両は、緊急時の通報等のため、複数台の車両が連行して走行することが多く、暫定二車線区間で本線に連行して合流する際には、本線走行車両の車間距離が十分取られていないと本線車両が急減速を強いられることとなり、追突と渋滞発生リスクが高まる。

ここで、ならばPA(下り)における輸送車両の本線合流に関する課題課題のイメージを図-7-5に示す。



図-7-5 ならばPAから本線へ合流する際の留意点

合流時の輸送車両間の車間距離及びPAでの発進状況については、現地に常設しているAIカメラによりモニタリングを行い、車間距離が短くなった要因の分析結果を毎月確認し安全指導に活用した。

輸送車両は休憩後に、配備した誘導員が安全確認をして発車させるが、先行して発車した車両との間隔を確保することを発車の要件に加えることで、本線合流時の車間距離を確保することを対策として追加した。

観測を開始した2020年8月時点において車間距離が80m未満である輸送車両の割合は約35%であったが、この対策により、2020年10月以降は車間距離が80m未満である輸送車両の割合は大きく低下したことを確認した(図-7-6)。



図-7-6 本線合流する輸送車両同士の車間距離推移

(2) 一般道における事故、渋滞対策

福島県中通りから浜通りに向けて山間地を通る国道114号線等の輸送ルートでは、待機場を整備したもののカーブや勾配変化があることから安全走行に特に注意が必要なルートのため、事故防止のため、ETC2.0 特定プローブデータによる走行特性を把握して、安全指導に利用することとした。

また、国道6号では、夕方の渋滞に輸送を終えた車両が多数含まれることから、AIカメラを活用した交通量調査により改善を図った。

a) ETC2.0 特定プローブ路側機設置

ETC2.0 路側機が配備されていない一般道の特定プローブデータを欠測させることなく、網羅的に収集するため、中間貯蔵施設周辺にETC2.0 簡易型路側機を設置した。簡易型路側機は民間事業者等の道路管理者以外が設置することが可能な路側機であり、非直轄国道等の輸送ルートを利用した輸送車両が除去土壌等を積み込んだ仮置場から中間貯蔵施設に至る間の走行特性を把握することを目的として簡易路側機の配置検討を行い3台を設置した。

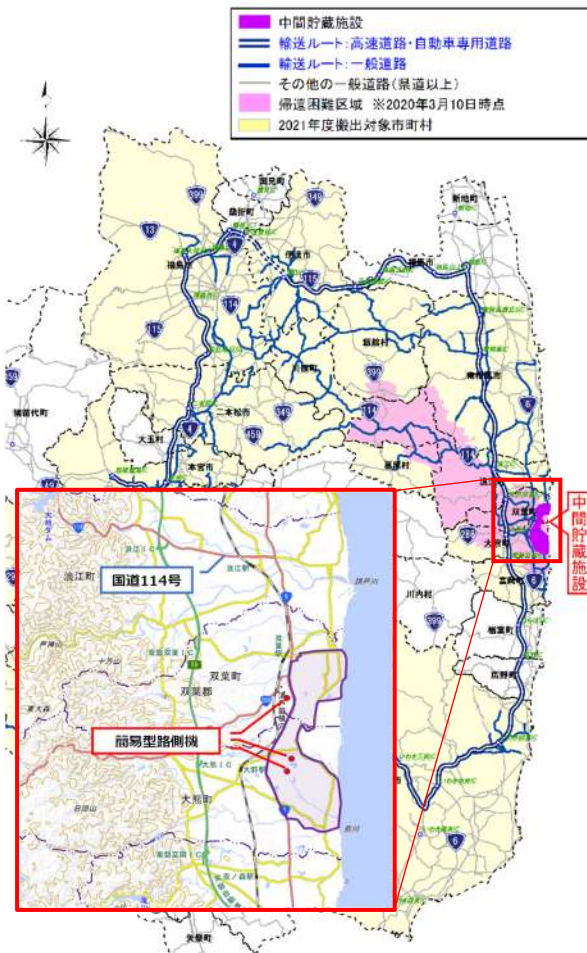


図-7-7 福島県内の主な輸送ルート（2021年度）と簡易型路側機設置箇所

b) ETC2.0 特定プローブによる山間部一般道の速度特性

追加設置した路側機によって取得した ETC2.0 プローブデータによる輸送車両の経路や走行特性を見える化することにより、速度超過や急減速の多発区間を対象に、輸送車両の走行状況を明らかにし、輸送事業者の安全な輸送の実現に向けた安全指導に活用した。

評価指標は、各輸送事業者の車両ごとの「旅行速度」と「急減速発生箇所」の2指標に加え、その要因となる「車線数」、「曲線半径」、「道路標高」の3指標を要因項目として設定した。

既述の5指標を算出するため、簡易路側機から取得した ETC2.0 プローブデータに、輸送事業者情報データと地図データ販売会社が提供する道路構造データを統合して図化した。

走行する輸送車両の走行データから、速度超過や急減速箇所に、車線数、曲線半径、道路標高の道路構造に重ねることで、下記の特徴を有することが明らかとなり、安全指導に活用した。

- ・ 緩やかな下り勾配で曲線半径が長い区間では、速度超過が発生しやすい。

- ・ 曲線半径が短い区間やトンネル区間が連続する区間では、0.3G以上の急ブレーキが起きやすい。

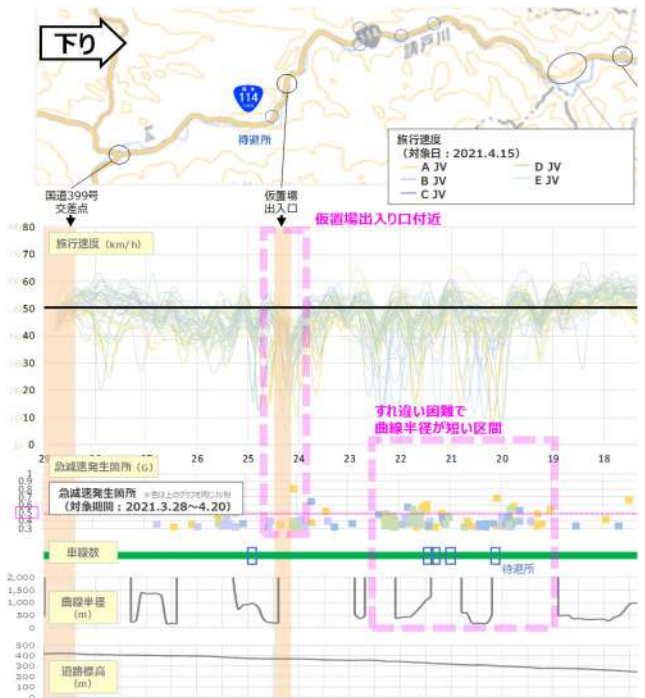


図-7-8 交通量と平均旅行速度(2021.4の一例)

c) AI カメラ高機能トラカンによる輸送車両の影響評価

一般道における混雑発生箇所として、国道6号（知命寺交差点～高万迫交差点）が指摘され、交通状況の把握と迂回対策等の立案および評価を行った。

国道6号において速度低下が発生している時間帯は、午後2時から5時に集中しており、輸送業務が完了し車両基地に帰投する帰投車両が多く含まれていることが現地調査により確認された。

帰投時における輸送車両の走行状況は、GPS 車載器による運行管理を終えているため、輸送車両の通行台数を確認するためには、毎回人手で調査することとなり多大な費用や時間を要する。そのため、走行状況を撮影した映像を基に AI 技術を活用し、輸送車両の運転席背面に設置した大型ステッカーを自動識別し輸送車両の走行台数を一般車と識別して計測した。(図-7-10,11)



図 7-10 国道 6 号における交通量の把握概要

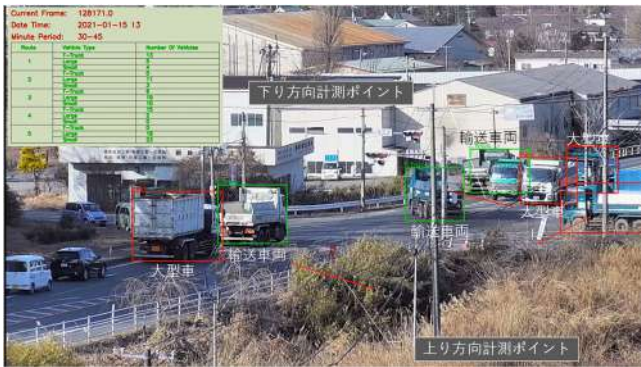


図 7-11 AIカメラによる交通量計測状況

計測した交通量と速度データを基に、速度低下が発生する際の交通量を検討した。交通量と速度の関係性について、QV 図に整理することで速度低下が発生する際の交通量を抽出した。以下の QV 図に示す通り、臨界状態における交通量としてはおよそ 170~250 [pcu/15 分] となっており、速度低下がみられる際の交通量としては幅を持っていることが確認された。そこで、170~250 [pcu/15 分] のおよそ半分程度の 210 [pcu/15 分] を速度低下が発生する目安として、つまり 1 時間あたりの交通量としては 840[pcu/h] と設定した。

その上で、一般交通の混雑時間帯の一般車両の流入量が約 600pcu/h となっていることから、輸送車両の 1 時間あたりのコントロール量は、約 240pcu (=約 120 台/h) 程度を目安とし、帰投車両のルート変更等の対策により改善した。

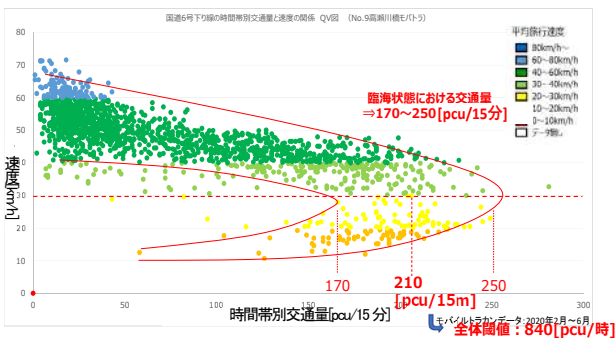


図-7-12 国道 6 号下り方向における QV 図

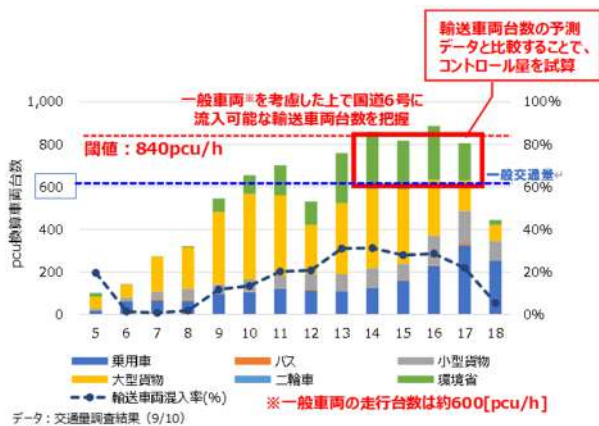


図 7-13 調整可能な輸送車両の交通量

## 8. 中間貯蔵施設エリアの渋滞対策

### (1) 高線量環境下における測量技術

除去土壌等の大規模輸送の開始まで限られた時間の中、輸送ルートの検討においては現状の道路構造や付帯施設、沿道の土地利用状況などを的確に把握する必要があったが、特に中間貯蔵施設の施設整備前は高線量下であった。

そのため、輸送ルートの現状を迅速かつ安全に把握するため、本事業では「モービルマッピングシステム」(以下、「MMS」という)による沿道の 3 次元点群データおよび全周囲画像を取得し、各種検討に活用した。



図-8-1 モービルマッピングシステム (上) とそのデータを活用した図化イメージ (下)



図-8-2 MMS 計測ルート

### (2) ボトルネック箇所抽出のための交通流解析

輸送事業、中間貯蔵施設整備事業、入退域管理ゲート、放射線スクリーニング施設等の運用情報を収集・把握した上で、中間貯蔵施設および周辺道路を対象としたマイクロ交通シミュレーションを行い、進入・受入・退場までのプロセス効率化及び施設規模による輸送量等の制約条件の検討を行った。

交通シミュレーションの実施にあたっては、輸送等計画関連情報等を随時更新し、GIS を活用した可視化と一元管理を実施した。

これにより、中間貯蔵施設内および周辺道路に与える影響を定量的に評価し、想定される課題を抽出するとともに、円滑な事業を進めるための対応策及び配慮事項・留意事項を整理した。

中間貯蔵施設内及び周辺道路に対する網羅的な課題箇所の抽出と実現可能な対策案の早期策定、実施判断、時間的・空間的な課題について、交通シミュレーション等を活用し可視化することで、関係者間との早期の合意形成の実現を可能とするため、交通シミュレーションに情報を一元管理し、タイムリーかつ網羅的な課題箇所の抽出を可能とした。

また、用地買収、施設計画、施工、輸送が同時並行で行われる中で、交通シミュレーションによる解析結果を基に施設内道路交通対策の基本方針 (安全性、円滑性、

代替性) を定めた上で、早期の施設内の道路整備ならびに輸送車両、工事関係車両の通行ルールを作成し、交通集中による滞留の早期解消を図った。

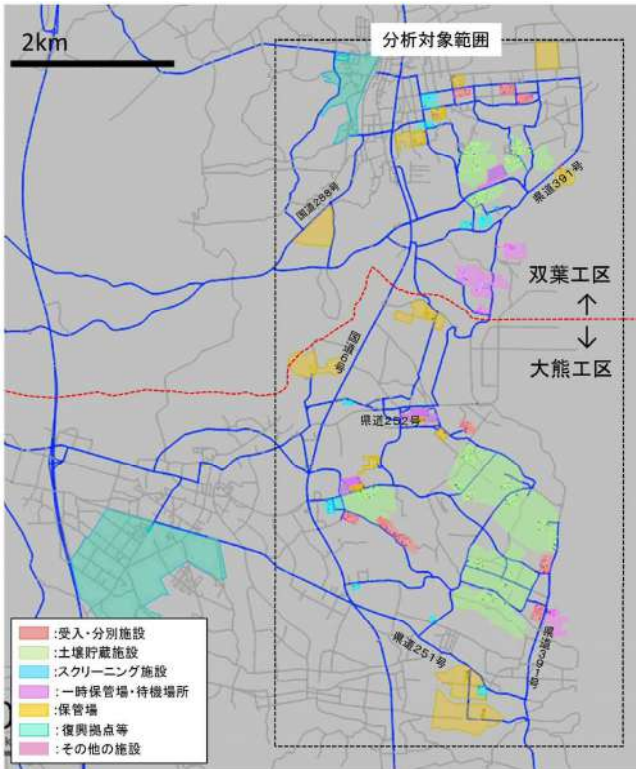


図-8-3 交通シミュレーション範囲



図-8-4 交通シミュレーション範囲 (双葉工区拡大)



図-8-5 シミュレーション画面  
(受入分別施設・スクリーニング施設)

## 9. さいごに

福島県内の除去土壌等の中間貯蔵施設への輸送は、震災後の復興を加速化するためにも、早期の完了を目指している。

震災復興に伴い道路交通状況が変化する中で、福島県のほぼ全域から除去土壌を大量に輸送する事業のため、地域住民、交通利用者の理解と協力が必要であり、毎年輸送実施計画を立案、公表している。膨大な除去土壌等を短期間に輸送するため、ICT 技術を積極的に導入し、大量輸送による一般交通への渋滞等による影響を回避すべく PDCA 管理を推進した。

ETC2.0 プローブデータ、トラフィックカウンター、全輸送車両に搭載した GPS 車載器位置情報により、定量的な交通状況を把握し、全車の輸送サイクルタイムの調整を図るため、データベースシステムを構築することにより、時間交通量の平準化を図り輸送車両が集中することによる渋滞発生を抑制した。

また、AI カメラにより車両走行状況把握をすることにより、車間距離、車群長を評価することで、事故、渋滞の未然防止に有効な情報が得られ、管理や安全指導に活用することができた。今後の自動運転技術の導入に向けて、外部カメラからの情報を付加することで安全性を高めることが考えられる。

ETC2.0 特定プローブデータにより、高速道路における輸送車両の速度低下の特性を把握するとともに、山間部の非直轄国道における安全走行指導のために急減速や速度超過の分析に活用した。路側機の設置の拡充と双方向通信により、運転者が危険を迅速に察知できる仕組みが導入されることが望まれる。

今後は帰還困難区域内の輸送を中心に継続するため、引き続き、輸送車両による事故、渋滞抑止のため、各種データを活用しながら輸送の完了を目指すこととしている。

## 謝辞

中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る検討会(座長 家田仁 政策研究大学院大学教授)委員の方々には、輸送基本計画立案から、毎年の輸送実施状況の検証内容についてご指導を賜りました。

福島県警本部、各消防本部、道路管理者の方々ならびに福島県、関係市町村そして、輸送事業受注各社、中間貯蔵環境安全事業株式会社をはじめとした協力会社との連携により、前例のない輸送事業を進めていることをここに報告するとともに心より感謝申し上げます。

各種データを提供いただいている国土交通省東北地方整備局及び東日本高速道路株式会社に重ねて感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 環境省；中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る基本計画，2014.11
- 2) 環境省；中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る実施計画，2018.12
- 3) 環境省：データで見る福島再生 中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送の進捗状況，2022.2.7
- 4) 山田康右，半田悟，矢野康明. 中間貯蔵事業の輸送における ETC2.0 特定プローブデータ・AIカメラの活用. 日本道路会議論文, 2021

(2022.3.6 受付)