

除去土壌等の大量輸送の影響評価に関する検討

佐野 薫¹・野見山 尚志²・劉 正凱³・土屋 三智久⁴
鈴村 雅彦⁵・海老原 寛人⁶・長谷川 正利⁷・矢野 康明⁸

¹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

²正会員 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: nomiyama@ctie.co.jp

³正会員 株式会社建設技術研究所大阪本社（〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町 1-6-7）
E-mail: liu@ctie.co.jp

⁴正会員 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: mc-tuchy@ctie.co.jp

⁵正会員 株式会社建設技術研究所本社（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町 3-21-1）
E-mail: suzumura@ctie.co.jp

⁶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

⁷正会員 株式会社建設技術研究所中部支社（〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 1-5-13）
E-mail: ms-hasegawa@ctie.co.jp

⁸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@env.go.jp

東日本大震災に伴う原子力発電所の事故によって福島県内の広範囲に放射性物質が放出された。環境省は除去土壌等を搬出先（中間貯蔵施設）に運ぶための実施計画を立案した。実施計画の中でピーク時の大量輸送の影響評価をする必要があったが、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、震災前のデータがほとんど使えない状況であった。本検討では、震災後のデータ取得や調査の実施、将来交通量推計結果等により、震災後の一般交通量のデータを構築したこと。また、県内全域で1日約3,500台/日往復の輸送車両が走行する状況を試算し、一般交通への影響と沿道市民への影響を捉えるため道路混雑、放射線追加被ばく、生活環境影響の指標を用いて評価した方法を報告する。

Key Words: radioactive soil, mass transportation, a plan of action, survey method, evaluation

1. はじめに

2011年3月11日、東日本大震災に伴う原子力発電所の事故によって福島県内の広範囲に放射性物質が放出された。環境中に放出された放射性物質を取り除くための除染作業と、除染作業によって取り除いた除去土壌等は沿道や周辺の仮置き場に一時的に保管された。市民に少しでもはやく元の生活に戻ってもらうため、除去土壌等の輸送対象物約1,400万³m（2018年10月時点）を県内の大熊町、双葉町に跨がる中間貯蔵施設（福島第1原発を囲むエリア）まで輸送する必要があった。

2013年12月、除去土壌等の輸送に係る基本的な事項について検討し取りまとめることを目的として、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 東京大学大学院教授（設立当時））が設立された。検討会は、2015年12月までに5回開催され、輸送基本計画の立案、および、パイロット輸送の検証に関する検討が行われ、本格輸送に向けた検討が進められた。

輸送基本計画¹⁾では、中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送における以下の事項が基本原則とされた。

- 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

輸送の基本原則を受けて、輸送ルートは高速道路を積極的に利用するルートが提案され、地元自治体との調整

をした結果が実施計画に反映され、1市町村から1,000³程度の搬出量としたパイロット輸送が実施された。³⁾

本稿では、このような前例のない放射性物質を含む除去土壌等、かつ、広範囲からの大量輸送について、事前の影響評価とモニタリングの方法の考え方を報告することを目的とする。特に、ピーク時の輸送に向け、パイロット輸送から各年の本格輸送における実績、福島県内の復旧・復興に向けた最新の交通データ等を整備して実施した試算方法について詳細に報告することとする。

2. 除去土壌等の輸送の概要

(1) 輸送対象

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)と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。特に、①については、福島県内の43市町村において、仮置場799箇所、現場保管64,308箇所所で保管されていた(2014年8月31日現在)。

(2) ピーク時の輸送量

中間貯蔵施設事業について、2016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1,400万³m³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標とした(図-1)。

除去土壌等の輸送の影響評価は、2019年の「ピーク時の輸送量を想定して実施した。

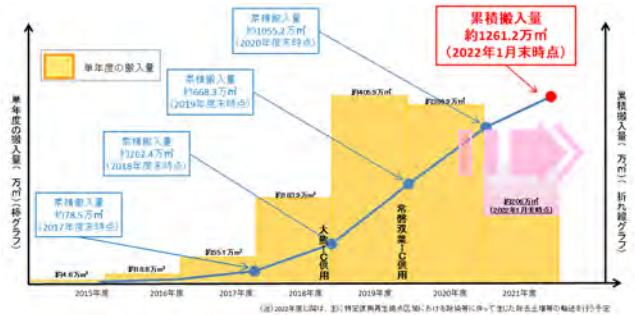


図-1 輸送量の推移(帰還困難区域分を含む)²⁾

(3) 震災後の道路交通状況

震災全後の主要道路の交通状況を図-2に示す。

震災後は、避難指示区域の設定による一般車両の通行

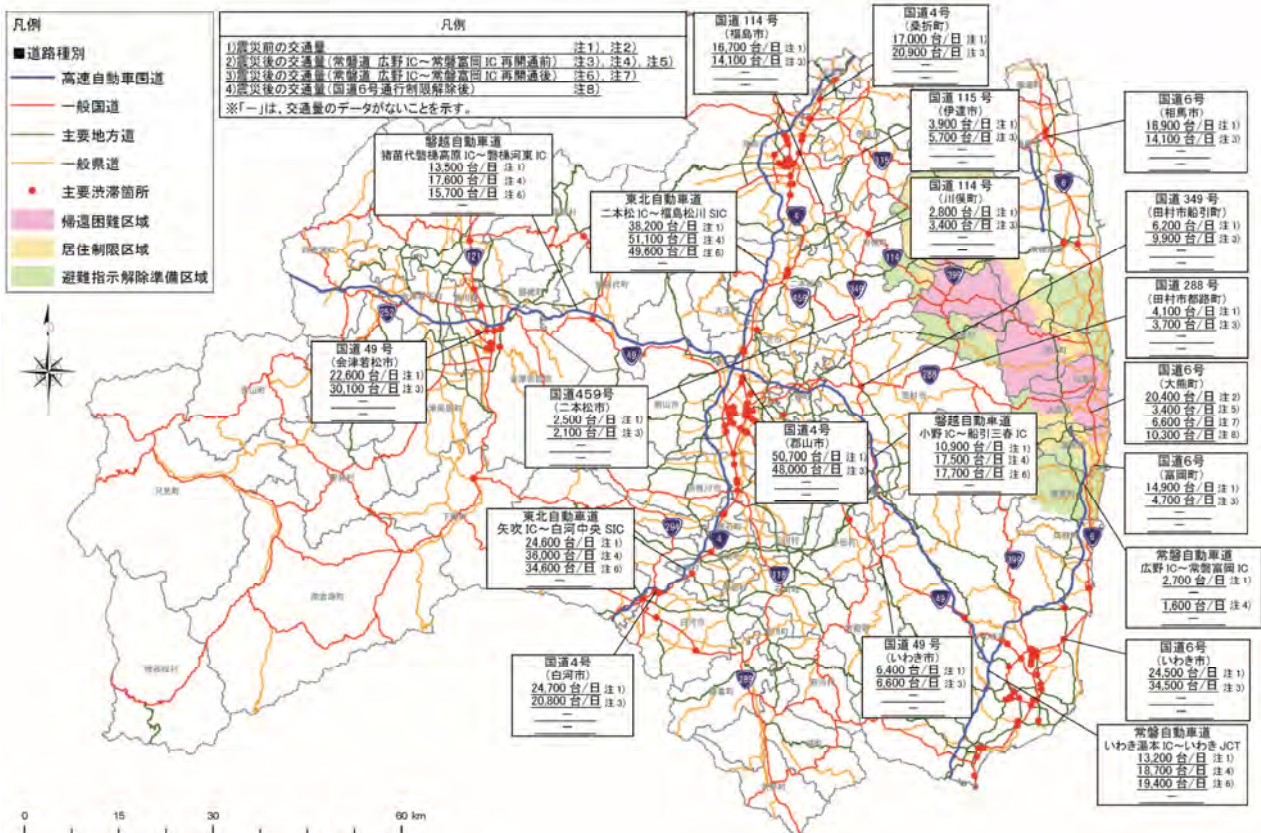


図-2 主要道路の交通量(震災前/震災後/常磐道(広野～常磐富岡)再開通後)及び一般道路の主要渋滞箇所¹⁾

禁止や迂回交通の発生、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、帰還困難区域における通行許可提示なく通行できる特別通過交通の適用が徐々に拡大された。

また、常磐自動車道は、震災の影響により工事が中断されていたが、震災約4年後の2015年3月1日に全線開通した。

- ①浜通り地方：富岡町付近の国道6号は、住民の避難に伴う居住者の減少及び一般交通の通行制限等により震災前よりも交通量が減少。一方、いわき市内の国道6号や常磐自動車道では、復興に伴う工事車両、作業員の通勤車両等により震災前よりも交通量が増加。
- ②中通り地方：国道4号や東北自動車道は、帰還困難区域を迂回するなどの交通の転換により多くの区間で震災前よりも交通量が増加。
- ③その他：浜通り地方と中通り地方間では、中通り地方と同様、帰還困難区域の迂回交通により磐城自動車道や国道49号、国道114号、国道115号、国道349号等、多くの区間で震災前よりも交通量が増加。

3. ピーク時輸送の事前評価

(1) 除去土壌等の輸送の試算に関する基本条件

ピーク時輸送の試算は、パイロット輸送の実施計画検討時から検討をし、毎年交通データや輸送実績データ等を更新して予測評価の信頼性向上を図った。

パイロット輸送における基本条件となる輸送車両や輸送の荷姿は、輸送実施計画により、除去土壌等をフレキシブルコンテナに詰め、10トンダンプトラックの荷台をシートで覆うこととした。搬出元は、主要な仮置場（市町村ごとに保管量の多い上位10箇所）を前提とし、小規模な仮置場や現場保管は対象外とした。仮置場からの搬出量は、市町村の保管量合計を上位10箇所の保管量で案分することとした。

輸送における工程は、仮置場における積荷、輸送、中間貯蔵施設における荷卸し（スクリーニング）、帰投を1工程（図-3）とし、輸送時間帯内であれば複数回転できる設定とした。

除去土壌等の輸送のあたり、輸送の条件設定を表-1のとおり行った。影響評価の試算は、毎年更新するため、実績や最新のデータを用いて精度向上を図った。

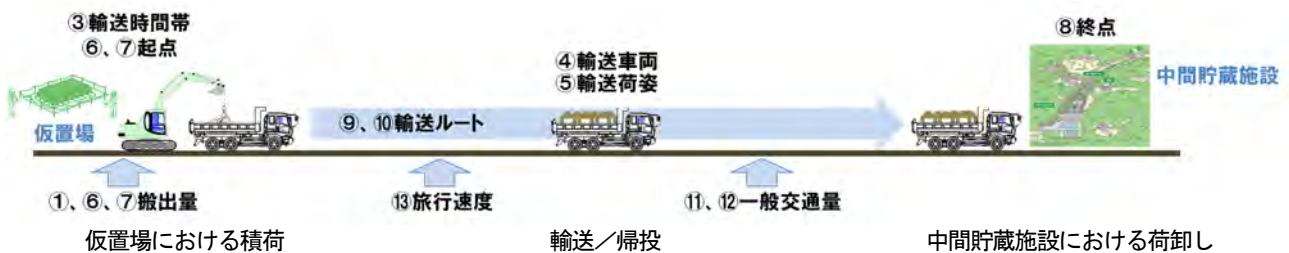
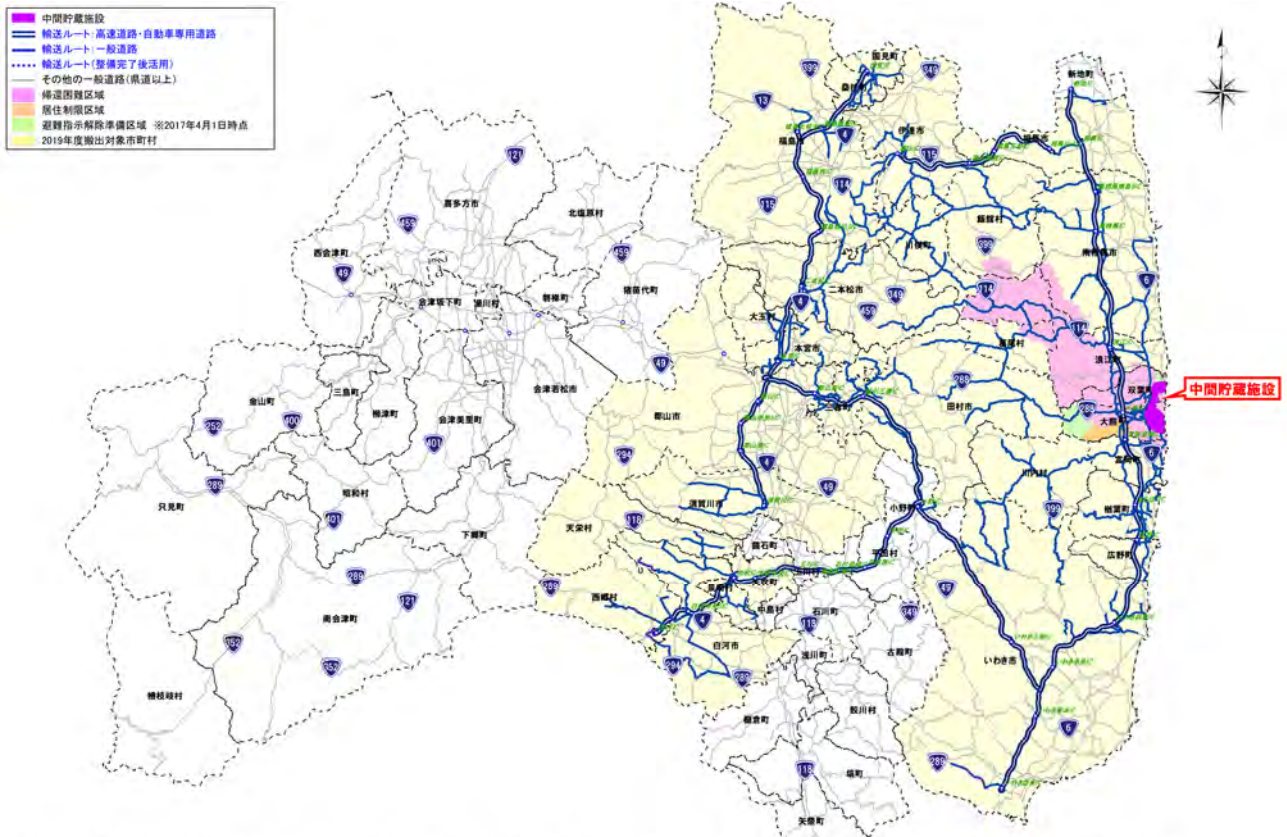


図-3 輸送における工程イメージ

表-1 除去土壌等の輸送の前提条件

項目	内容	備考		
①1日当りの輸送車両台数	年間輸送量÷年間輸送日数÷1台当り輸送量	ピーク時の輸送量は約400万m ³ /年であるが、日変動を考慮して約600万m ³ と設定		
②年間輸送日数	260日（年間日数から悪天候数を除いた日数に不確実性を考慮）	2020年度実績もほぼ同じ日数		
③輸送時間帯	基本8:00から15:00出発かつ18:00まで帰着を基本（自治体との協定に基づき個別に設定）	出発時間帯は、総合管理システムの実績の分布にならない設定		
④輸送車両	10トンダンプトラック			
⑤輸送荷姿（1台当り輸送量）	1m ³ の保管容器（土壌等6.6個/台、草木8個/台）	数値は2018年度実績		
その他の設定条件	起点	⑥対象市町村	計画検討年次に輸送が終了する市町村は対象外	輸送量は市町村別保管量で全体を案分
		⑦仮置場	市町村別・直轄非直轄別保管量の上位10箇所	輸送量は各市町村の仮置場別保管量で案分
	⑧終点	中間貯蔵施設（大熊工区・双葉工区）		
	⑨輸送可能ルート	相馬福島道路（霊山～相馬）、常磐道全線、大熊IC、常磐双葉IC、各スマートIC、工事用道路等		除染後に解放された道路も追加
	⑩輸送ルート	市町村と調整後のルート（図-4）		輸送が終了する市町村は非表示
	一般交通量	⑪高速道路	高速道路トラカン→輸送車両台数	輸送車両台数は、総合管理システムの実績
	⑫一般道路	直轄国道トラカン、VICS、交通量調査結果、道路交通センサス	交通量調査→直轄国道トラカン→VICS→センサスの順で年次の新しいものを適用	
⑬旅行速度	ETC2.0一般プローブデータ		当初は本田インターナビ（民プロ）を使用	



※表示しているルートは、大熊IC、(仮称)双葉IC、相馬福島道路(霊山IC~相馬山上IC)の整備完了を前提として作成したものであり、今後、地域の状況を踏まえて見直す場合がある。

図-4 ピーク時の輸送ルート⁴⁾

(2) 除去土壌等の輸送の条件設定

パイロット輸送時にピーク時の輸送ルートの条件設定をするには様々なデータが不十分な状況であり、データ取得や仮定をした上でデータの整備を実施した。

例えば、実施計画策定当初は、下記のような課題があったが、計画更新時により新しい実績データを蓄積使用することで年々精度を向上させた。

①高速道路の一般交通量：トラカンデータを毎年更新し、県内の交通状況の変化に対応した。トラカンデータは、一般の大型車と輸送車両の判別ができないため、輸送車両が多くなってきた際に、ダブルカウントの問題が大きくなる。そこで、総合管理システム(図-5)すべての輸送車両に搭載したGPS車載器より得られる走行中の輸送車両の位置情報を記録)の輸送車両データと組み合わせて、輸送車両を除いた一般交通量の大型車データを作成した。

②一般道路の一般交通量：震災後のデータがなく、主な輸送ルートとなる交差点を中心に福島県内 60 箇所以上の交通量調査を実施した。交通量調査は、翌年以降も毎年、道路網や輸送の変遷に合わせ、輸送が集中する交差点等において 20~30 箇所程度実施してきた。また、輸送車両と一般の大型車を判別するため、図-6のように輸送車両が輸送時(実車)や帰投時(空車)に付ける垂れ幕で判別しカウントした。



図-5 総合管理システム⁴⁾



図-6 環境省輸送車両 輸送時・帰投時の判別⁵⁾

- ③保管量：当初は除染も実施中の状況であるため、仮置場の保管量の実績ではなく、計画値を使用した。除染が進み、実施計画を更新していく段階で保管量の実績に置き換えた。
- ③輸送時間帯：出発時刻は、極力午前中の時間帯に出発することを想定して設定した。その後、輸送車両 1 台 1 台の状況を GPS で管理する総合管理システムの実績情報や自治体と環境省の協定の状況を反映し、精度向上を図った。
- ④輸送可能ルート：未整備区間は一般交通量のデータがないため、福島県の将来交通量推計値を用いた。

3. 除去土壌等の輸送の影響評価結果

除去土壌等の輸送の影響評価は、表-2 の 3 つの指標について実施した。

表-2 除去土壌等の輸送の前提条件

道路混雑評価	輸送時の時間帯別交通容量比が輸送車両によって、時間交通容量を上まわらないかチェック
放射線被ばく性評価	停止時と通過時それぞれの被ばく線量の合計を年間換算し、一般公衆被ばくの年間被ばく限量を上回らないかチェック
生活環境影響評価	大気質(二酸化窒素, 浮遊粒子状物質, 粉じん等)が、輸送車両により環境基準を上まわらないかチェック 騒音が輸送車両により要請限度や環境基準を上まわらないかチェック 振動が輸送車両により要請限度を上まわらないかチェック

(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。

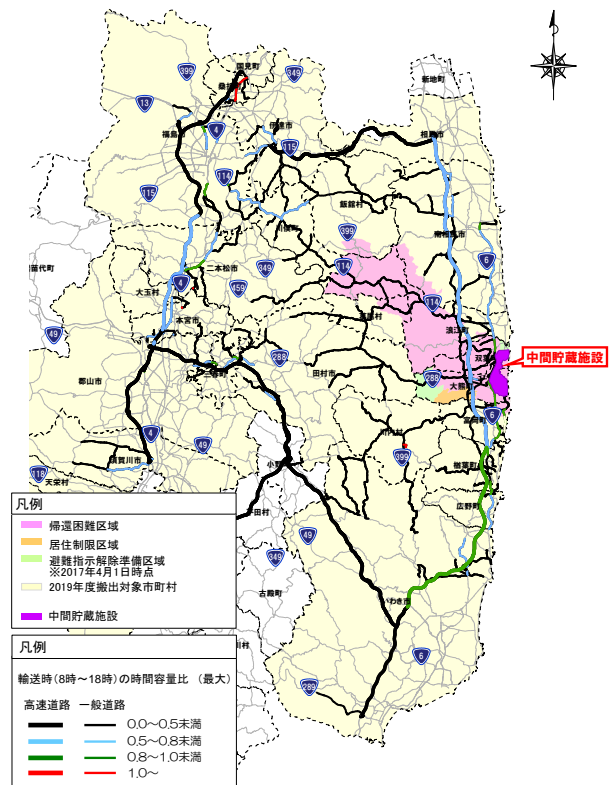
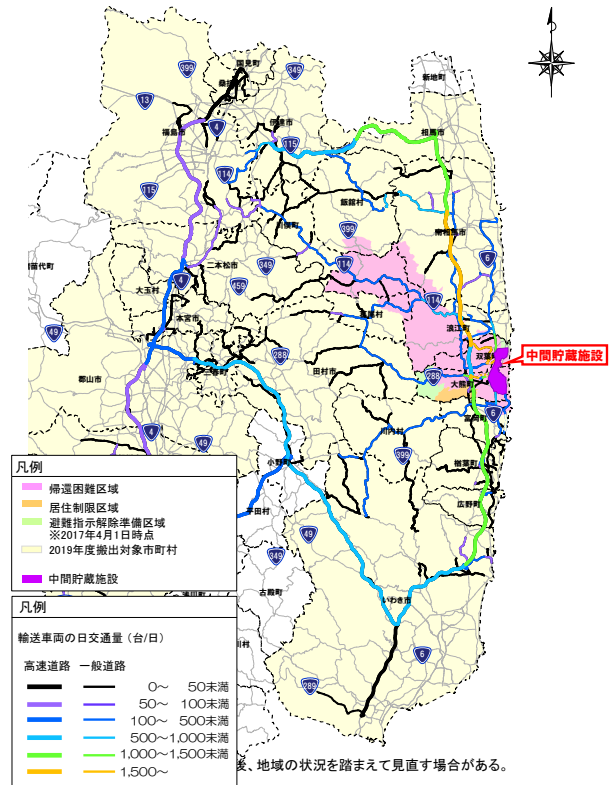
現況の交通量に、除去土壌等の輸送車両の交通量を加算した際の交通混雑を評価し、次の条件を目安として輸送車両の分散等を行い交通量を調整した。

- ・交通量/設計交通容量(時間) < 1.0 (目安)
- ・設計交通容量は、最新の道路交通センサスのマスターデータ等を使用
- ・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)、交通容量比は図-7、図-8 に示すとおり。年間輸送量がピーク(約 400 万 m³/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 1,700 台程度(延べ 3,000 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 台と全体の 70%程度が高速道路を利用した。

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。



(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（図-9、図-10）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。

その結果、輸送車両が集中するルートにおいても輸送による影響はほとんどないことが確認された。

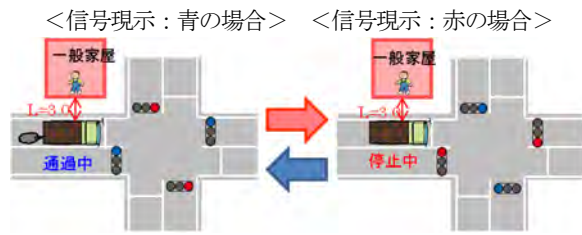


図-9 一般道における被ばく形態⁴⁾

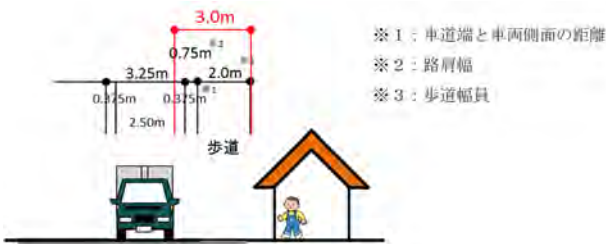


図-10 輸送車両の側面と沿道居住者との離隔⁴⁾

(3) 輸送ルート沿道の生活環境評価

①調査・予測評価地点の選定の考え方

除去土壌の輸送はほぼ福島県全域で行われ、輸送車両の走行に伴う大気質、騒音、振動への影響が懸念された。自治体及び地域住民の環境悪化への懸念に対して、大気質、騒音、振動の事前調査、予測評価、輸送中のモニタリング調査、保全対策の検討を行ったが、輸送範囲が広く、輸送ルート・道路区間（DRM約 3,000 リンク）が多解を得る上では極めて重要である。

環境調査及び予測評価の地点は、輸送による影響が大きい箇所とすべきであるが、環境影響の程度は、評価項目によって異なる上、影響要因は、交通量、走行速度、道路構造・幅員等と多いため、諸条件等から直接に調査地点等を抽出・選定することができず、全地点に対して環境予測をした上で調査箇所を選定することは、莫大な予測量になり、実施が困難である。これらの課題に対して、以下の方法で対応した。

- ・大気、騒音、振動のうち、騒音状況が最も厳しいこと、輸送に伴う道路交通量の増加により騒音レベルが最も

上昇しやすいことから、調査、予測評価箇所は、騒音影響の大きい箇所から選定することとする。

- ・騒音影響は、平面道路との条件で、交通量、幅員、速度を用いた騒音レベルの概算結果から判断することとする。

すなわち、輸送ルート上の約 3,000 区間に対して、道路交通センサデータから取得した道路幅員、走行速度及び「(1) 交通混雑評価」の検討から取得した道路交通量等のデータを用いて、区間別の騒音レベル、輸送による騒音レベルの増加量を計算した上で、輸送時の騒音レベル及び輸送による騒音レベル増加量から調査・予測評価の地点を選定する。

②騒音影響の大きい箇所の抽出

従来、騒音予測は 1 箇所ごとに詳細な計算を実施するが、本件は対象箇所数が 3,000 以上と多く、通常の騒音予測ソフトによる騒音計算は時間がかかりすぎるため、本業務専用の騒音計算ツールを作成した。騒音計算ツールは、道路交通センサデータから道路幅員及び規制速度のデータ、輸送計画の検討結果から時間別・車種別交通量のデータをそれぞれ読み込んで車道部に音源を配置し、騒音の伝搬計算を行い、各区間の官民境界地点での騒音レベルを予測するものである。そして、現況交通量と輸送時の交通量を用いた騒音予測を行い、現況及び輸送時の騒音レベル、騒音レベルの増加分をそれぞれ計算し、その結果を用いて調査・予測評価地点を選定した。

具体的には、計算した輸送時の騒音レベルと、輸送時と現況騒音レベルとの差（輸送による騒音レベルの増加量）を用いて、下図に示すとおり輸送時の騒音レベルの分布図を作成し、エリア 1～3 に入る地点を選定した（図-11）。また、分布図における各エリアは表-3 の通り定義した。

なお、騒音の環境影響評価は整数評価であるため、輸送による騒音レベルの増加量が 0.5dB 未満の地点は、輸送による騒音レベルの増加がないとみなし、これらの地点は環境影響の評価地点としないこととした。

上記の方法を用いて、県内で約 60 地点を選定し、これらの地点に対して、正規な予測ソフトを用いて大気質、騒音、振動の各項目について予測を行い、その中で影響の大きい地点に対して事前調査、モニタリング調査を行った。

③環境の事前調査

上記の方法と初年度の輸送計画に基づいて、約 60 箇所を選定し、騒音・振動の事前調査を行った。大気質については、広域的に拡散するものであること、現況濃度が低いうえ、自動車による寄与分が低いこと、調査コストが高いこと等から、2 箇所を選定し、事前調査を行った。

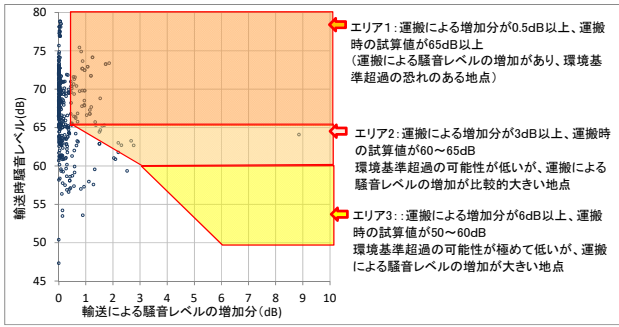


図-11 輸送時の騒音レベルの分布状況

表-3 除去土壌等の輸送の前提条件

エリア1	環境基準を超過する恐れのある地点 輸送による騒音レベルの増加量が 0.5dB 以上(輸送による騒音への影響があること)、かつ、輸送時の騒音レベルの計算値が 65dB 以上(輸送時の騒音レベルが高く、環境基準(70dB)超過の可能性のあること)の地点を含むエリアである。
エリア2	環境基準超過の可能性があり、輸送による増加分が比較的大きい地点 輸送時の騒音レベルの計算値が 60~65dB であり、輸送による騒音レベルの増加量が凡そ 3dB 以上の地点を含むエリアである。
エリア3	輸送による騒音レベルの増加量が大い地点 輸送時の騒音レベルの概算値が 50~60dB、輸送による騒音レベルの増加量が凡そ 6dB 以上の地点を含むエリアである。

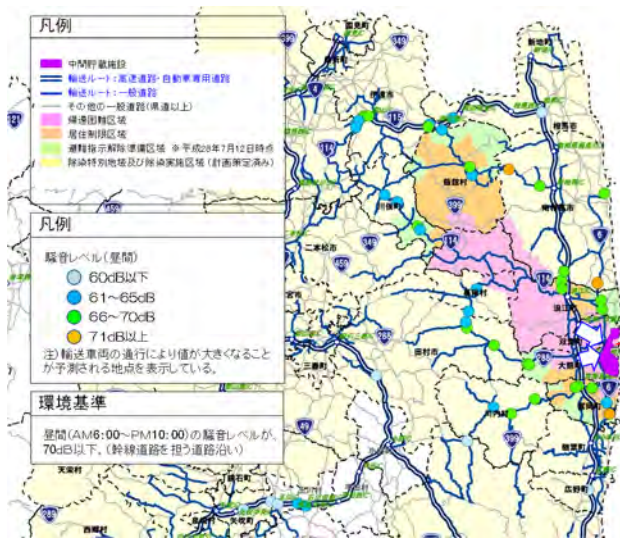


図-12 騒音予測結果⁴⁾

事前調査結果では、大気質、振動は評価基準を満足するものの、一部の地点では、騒音レベルは輸送前の現況でも環境基準を超過しており、輸送車両の影響は軽微である予測した。

④予測評価

輸送期間の毎年度は、市町村へのヒアリング結果を踏まえた輸送計画の修正を行っているため、年度別の輸送計画に基づいて、再度予測地点を選定し、予測評価を行った。大気質、騒音、振動の予測評価は、道路環境影響の技術手法(国土総合研究所、平成 24 年版)に基づいて行った。⁶⁾

輸送時の予測結果では、一部地点での騒音レベルは環境基準を超過するが、超過地点のほとんどは、事前調査でも基準超過した地点であり、これらの地点において輸送車両による騒音レベルの増加分が比較的小さいものであった(図-12)。

5. さいごに

本検討は、震災復興に伴い道路交通状況が変化する中で、放射性物質を含み、かつ、福島県のほぼ全域から除去土壌を大量に輸送する前例のない事業のため、非常に多くの方々から意見と知恵をいただいた。輸送実施計画書の公表にあたっては、地域住民、道路利用者の方々の理解と協力を得ながら、毎年公表してきた。予測評価の試算にあたっては、毎年、東日本高速道路株式会社様及び国土交通省東北地方整備局様、福島県警様よりデータ提供をいただき、より実態に近い条件で評価をすること可能になった。また、日揮株式会社様には、放射線追加被ばくの考え方や算定式をご教示いただいた。

謝辞：本検討にあたり協力いただいた道路管理者及び交通管理者等、多くの方々に深く感謝申し上げます。

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，平成 26 年 11 月
- 2) 環境省 HP：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
- 3) 環境省：中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る 2014~2015 年度実施計画（パイロット輸送），2015 年 6 月更新
- 4) 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 年 12 月更新版（2019 年度を中心とする輸送を対象）
- 5) 環境省 HP：輸送車両の表示等
<http://josen.env.go.jp/chukanchozou/transportation/>
- 6) 国土技術政策総合研究所：道路環境影響評価の技術手法（平成 24 年度版），資料 No.714，2013 年 3 月

(Received march 6 2022)
(Accepted march 6 2022)