放射性廃棄物の輸送合理化のための運行管理システム

前田建設工業	正会員	○岩田　将英	前田建設工業		芝本　真尚
前田建設工業	正会員	松尾　健二	前田建設工業		林　信太郎
前田建設工業	正会員	清水　英樹	前田建設工業		佐々木卓也
前田建設工業		原　稔	KCS		仲条　仁

１．はじめに

東日本大震災による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を除去するために，除染作業が福島県内各地で実施されてきた[1)]．除染作業で発生した廃棄物（除染廃棄物）は，減容化等の処理が行われた後，最終処分されることとなるが，最終処分までの間，中間貯蔵施設にて保管されることとなっている[2)]．

除染廃棄物は福島県内の各地の仮置場等にて保管されているため，これらを中間貯蔵施設まで輸送する必要がある．除染廃棄物の中間貯蔵施設への輸送については，その量が膨大であること，仮置き場が福島県内全域に位置していること，及び一般道を利用しての輸送になること等の種々の課題がある．

このような背景の中，著者らは中間貯蔵施設への除染廃棄物の輸送における課題を解決すべく，輸送を合理的かつ安全，確実に行うための輸送管理システムを開発した．

本論は，その輸送管理システムの概要を紹介するとともに，平成 26 年度から 27 年度にかけて環境省が実施したパイロット輸送事業[3)]にて適用した事例を示すものである．

２．中間貯蔵施設整備事業

中間貯蔵施設は，福島県内の除染で発生した土壌や廃棄物等を最終処分までの間，30 年間にわたり安全かつ集中的に管理しながら保管する施設であり，福島第一原子力発電所を取り囲む形で大熊町，双葉町に整備する計画となっている（図-1）．

また，本施設では，貯蔵施設だけでなく，福島県内の仮置場から輸送されてきた除染廃棄物の重量計測や荷下ろし等を行うための受入施設，除染廃棄物が入っている大型土のうを破袋し，可燃物・不燃物等の分別や放射性物質の濃度による分別を行う分別施設，分別した可燃物等を焼却する減容化施設，及び貯蔵する土壌や廃棄物の減容化や高濃度分離技術等の研究開発等を行う研究等施設等の複数の施設により構成されることが計

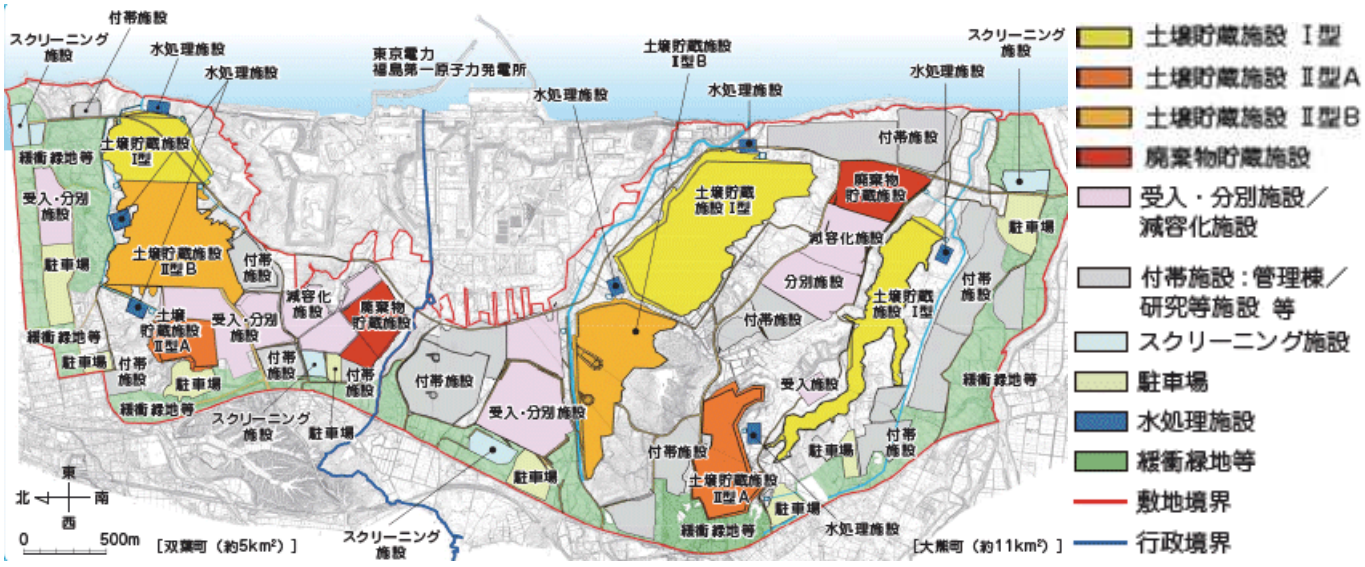


図-1　中間貯蔵施設設置の配置図[5)]

キーワード　中間貯蔵，パイロット輸送，輸送管理システム，安全

連絡先　〒102-8151　東京都千代田区富士見２－１０－２ 前田建設工業株式会社 土木技術部　ＴＥＬ03-5276-5166

画されている[4].

3．パイロット輸送事業

現在，除去土壌等が福島県内各地で仮置きされている状態であり，このような状態の一刻も早い解消が必要である．福島県における復旧・復興の加速のためにも中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送が急務となっている．

そこで，大量の除去土壌等を輸送する本格輸送に向け，安全かつ確実な輸送を実施できることを確認することを目的として，「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う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の汚染への対処に関する特別措置法」，「中間貯蔵施設への除去同等の輸送に係る基本計画」，及び「中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る H26～27 年度実施計画（パイロット輸送）」等に基づき，平成 27 年 3 月から 28 年 3 月にかけてパイロット輸送事業が実施された[5]．パイロット輸送事業の概要を表-1 に示す．パイロット輸送事業は，安全かつ確実な輸送の実施の確認を目的として，平成 27 年 3 月から平成 28 年 3 月にかけて約 1 年間実施された．福島県内各地の仮置場から大熊町，双葉町の保管場まで，ダンプトラックによる輸送を行い，その中で各種検証事項について検討したものである．

表-1　パイロット輸送事業の概要

目的	安全かつ確実な輸送が実施できることを確認する
検証内容	・輸送手段等の効率性の確認 ・住民の生活環境や一般交通への影響の把握及び対策の効果の確認 ・モニタリング方法の検証 ・道路・交通対策の検討
期間	平成27年3月～平成28年3月
輸送対象物	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）
輸送量	1市町村あたり1,000m^{3}程度（福島県内43市町村）

4．輸送における課題

除染廃棄物の輸送においては，種々の課題があるが，将来的な大量輸送における向けた輸送の課題を表-2 に示す．

まず 1 つ目に，輸送量が膨大であることが挙げられる．図-2 に示すように，全体の輸送量は約 1,600～2,200 万 m^3 と想定されている[4]．また，図-3 に示すように，年間の輸送量は段階的に輸送量を増加させていく計画となっており，平成 32 年度には，その輸送量は最大 600 万袋と見込まれている[6]．

表-2　輸送における課題

課題	概要
輸送量が膨大	輸送量　約1600～2200万m^3
輸送物が広範囲	福島県内43市町村
一般の生活圏を走行	高速道路や一般道が輸送ルート
輸送物が放射能を含む	除染に伴い生じた土壌や廃棄物の輸送

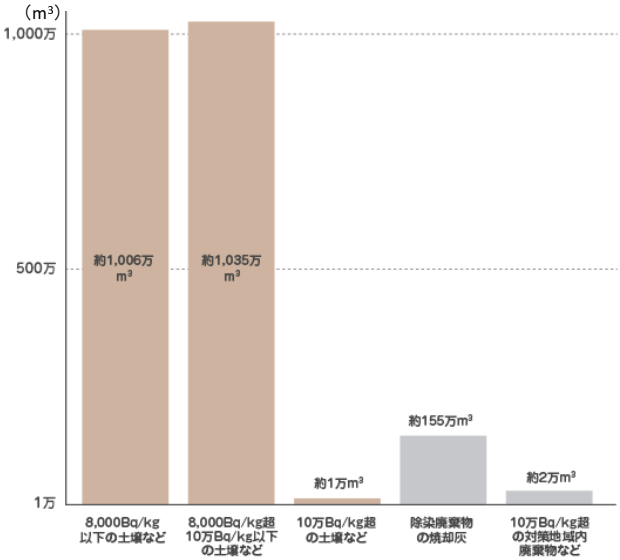


図-2　除去土壌等の推計発生量の内訳
（発生量 2,200 万 m^3 の場合）[4]

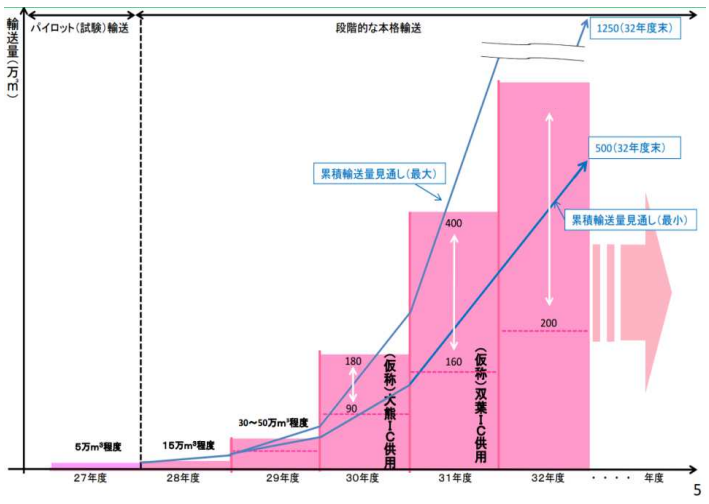


図-3　年間輸送数量の見通し[6]

２つめに，輸送対象物は，福島県内全域に及んでおり，非常に広範囲であることが挙げられる．環境省直轄地域だけでなく，市町村除染の地域も含まれるため，その対象市町村は，県内 43 市町村に及ぶ．それらの除染廃棄物を双葉町，大熊町の保管場まで輸送する必要がある．

３つめに，輸送ルートは高速道路や一般道であり，一般公衆の生活圏を走行することが挙げられる．なお，この点において環境省は，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するよう配慮している．

４つめに，それらの輸送物が放射能を含むことである．そのため，安全性，確実性を確保することが必要不可欠である．そのため，輸送においては，輸送対象物の全数管理が求められている．そのような中で，環境省は表-3 に示す輸送の基本原則を掲げている．

表-3　輸送の基本原則

1．安全かつ確実に輸送を実施すること 交通安全への対策は環境への影響を抑える対策により、住民や道路利用者の皆様の安全を確保し、確実に輸送を行います。
2．短期間かつ円滑に輸送を実施すること 福島県の一日も早い復旧・復興のため、できる限り短時間に輸送を完了させます。
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 輸送ルート沿道の住民の皆様をはじめ、福島県や全国の皆様に情報を発信し、ご理解とご協力を得て、輸送を実施します。

そこで，輸送におけるこれらの課題を解決すべく，著者らは，輸送を安全・確実に行うための管理システムの開発，検討を行った．

５．輸送管理システム

開発した輸送管理システム RATS は，専用アプリケーションを搭載した車載用のスマートフォンと，管理用システムを搭載したパソコンで構成される．スマートフォンは，各種データの読み込み，サーバへの送信を行うとともに，車載端末として使用する．サーバへ送信されたデータは，管理用システムによりデータベース化される．本システムにおける機能の一覧を表-4 に示す．

表-4　輸送管理システムの機能一覧

確実性･安全性	機能	概要
確実性に資する機能	車両位置管理	車載端末のGPS機能を利用し、リアルタイムに車両位置情報を把握
	輸送物の全数管理	輸送物の情報をデータベース化し、車両位置管理と連動させることで、仮置き場から中間貯蔵施設まで輸送物を追跡可能
安全性に資する機能	各種指示等の迅速かつ確実な伝達	ドライバーとの双方向対話、音声メッセージ発信
	輸送ルートの順守、確実な周知	輸送路のナビゲーションの実施、ルート逸脱時の警告
	トラブル早期検知	加速度センサー等による事故、渋滞発生確率の高い箇所の抽出
	運行履歴の取得、各種データの集約	リアルタイム運行履歴の確認による現地状況の共有、運転手の特性の抽出と安全運転教育への活用

(1) 輸送車両のリアルタイム位置管理

本システムでは，スマートフォンの GPS 機能を利用し，車載端末として適用することで，輸送車両のリアルタイム位置情報を収集することを可能とした．収集したデータは管理用パソコンに搭載されたシステムにより情報処理を行い，複数の輸送車両の位置情報をリアルタイムに管理することが可能である．

(2) 輸送物の全数管理

輸送物の全数管理の概要を図-4 に示す．

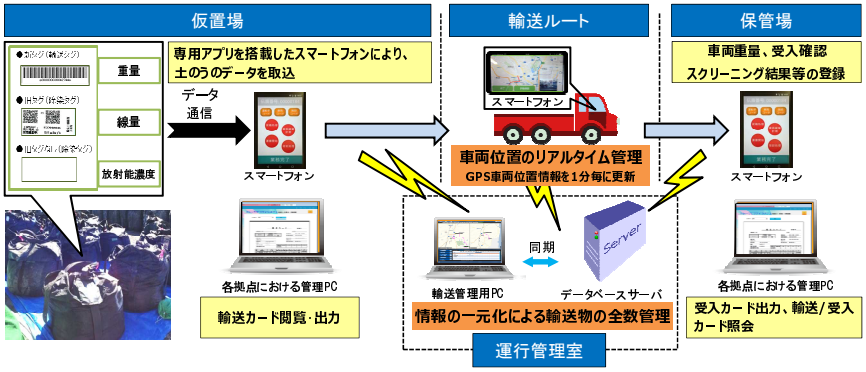


図-4　輸送物の全数管理の概要

仮置きされている除染除去物等には，タグにより重量や線量，放射能濃度等の各種情報が記録されている．仮置場にて除染除去物の積み込みを行う際に，タグ情報をスマートフォンの二次元バーコード読み取り機能を利用し，読み込みを行う．読み込んだ情報は，本システムにより管理室のデータベースサーバに送信される．データ収集に使用したスマートフォンは，そのまま車載端末として使用する．スマートフォンには所有者である運転手の情報や車両情報が記録されているため，仮置き場にて積み込みを行った除染除去物等の情報が，運転手および輸送車両情報と関連付けられる．輸送中においては，前述のリアルタイム位置管理機能により，位置情報を把握しながら運搬することで，輸送物のリアルタイム位置管理が行えることになる．目的地である保管場に到着した際には，保管場にて車両重量，受入確認，スクリーニング等が行われ，それらの情報もスマートフォンに情報を登録することで，輸送物が確実に目的地に到着したことを管理することができる．そのため，仮置き場での積み込みから保管場における荷下ろしまで，輸送物の全数管理が行えるシステムとなっている．

（3）安全支援機能

本システムにおいては，走行中の運転手に対し，車載端末となるスマートフォンを通じ指示や注意喚起を行うことが可能である．運行管理室から発信されたメッセージは，音声メッセージに変換され走行中の運転手に伝達する．また，車載端末により輸送路をナビゲーションする．この際に，指定されたルートから逸れて走行した場合には，管理室の管理パソコン上で警告が表示され，直ちに運転手に注意喚起を行うことが可能である．

また，車載端末の動画機能を利用したドライブレコーダにより，運行管理室にて車両の走行中の動画をリアルタイムで確認することが可能であり，運転手と管理室で走行情報を共有することができる．

さらに，車載端末には，加速度センサが組み込まれており，急加速や急減速等といった走行中のデータを記録することが可能である．記録された加速度データを収集し，情報を整理することで，走行時の急減速が多発するような場所を，危険個所として記録し，輸送時のナビゲーションに組み込むことで，危険個所の周知が行える．収集した加速度データは，運転手の情報と紐づけられており，運転手の運転特性を把握することができる．このデータを元に危険運転者には安全教育を実施し，事故を未然に防ぐ対策が可能である．

６．適用実績

今回開発した運行管理システム RATS を，パイロット輸送に適用した．パイロット輸送の実施状況を図-5に，管理画面を図-6 にそれぞれ示す．

①シートはがし

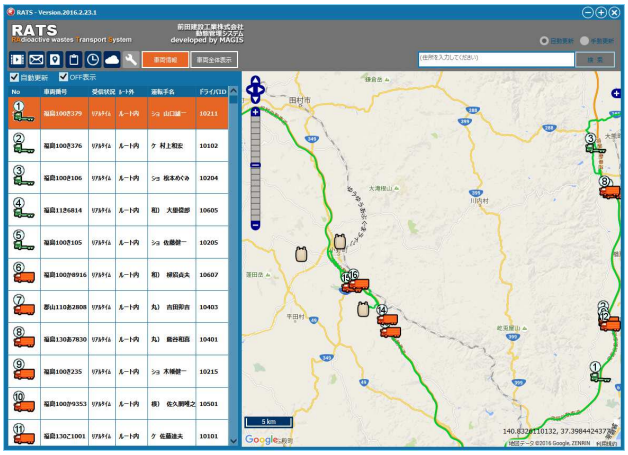
②除染除去物の取り出し

③積み込み

④輸送

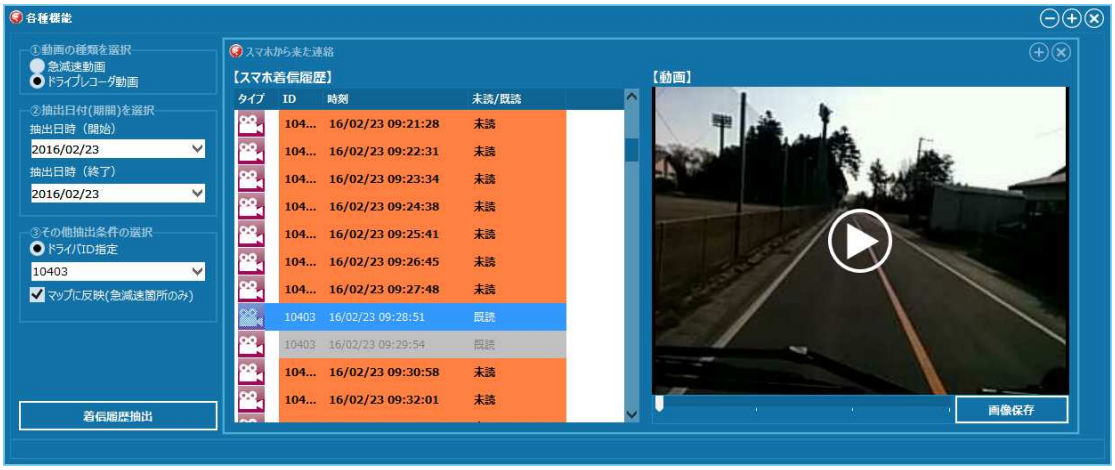
⑤保管場への輸送物の定置

図-5　パイロット輸送実施状況



輸送車両走行状況

輸送物情報



走行中車両動画

図-6　RATS による管理画面

今回のパイロット輸送事業において，RATS により管理を行いながら運搬した数量は，約 11,000 袋であり，これらの輸送時には，事故無く無事に輸送を完了することが可能であった．

7．おわりに

本論では，中間貯蔵施設事業における輸送工事に資する技術である輸送管理システムをパイロット輸送事業に適用した例を紹介した．今後は，本システムを中間貯蔵施設事業における本格輸送に向けて成熟させていく予定である．

参考文献

1）環境省 HP　除染の進捗について　http://josen.env.go.jp/index.html#map_on

2）環境省 HP　除染で取り除いた土壌等の処理の流れ　http://josen.env.go.jp/soil/storage_procedure.html

3）環境省 HP　中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る実施計画
http://josen.env.go.jp/chukanchozou/action/investigative_commission/pdf/pilot_transportation_160325_01.pdf

4）環境省 HP　中間貯蔵施施設の概要　http://josen.env.go.jp/chukanchozou/about/

5）環境省 HP　パイロット輸送に係る検証報告について
http://josen.env.go.jp/chukanchozou/action/investigative_commission/pdf/pilot_transportation_160331_01.pdf

6）H28 環境省　中間貯蔵施設環境安全委員会（第 4 回）資料