12. ブラスト処理による除染作業の効率化

ドライアイスブラストおよびバキュームブラストロボットによる実証試験

戸田建設(株)　技術研究所　○ 澤田　晃也
同　環境事業推進室　森　一紘
同　環境品質管理部　高橋　昌宏

1．はじめに

福島第一原発事故を発端とする放射性物質の拡散による汚染は広範囲にわたり，以前の環境を取り戻すためには確実な除染が急務となっている。また，除染においては廃棄物の保管や作業員の被曝対策など様々な問題が顕在化している。

一般的な除染工法としては水を用いた高圧水洗浄法が多く採用されているが，使用した水の回収や回収した汚染水の減容化処理，さらに作業時の二次汚染に対する処置などの課題がある。水を使用しない乾式の除染工法では，水の回収等の課題は解決できるものの，作業中に多くの粉塵が発生するといった課題も指摘されている。

このような問題を解決する手段として，ドライアイスブラスト工法（以下，DIB 工法）とバキュームブラストロボット工法（以下，VBR 工法）についての実証試験を実施したので報告する。

2．工法の概要

2.1　DIB 工法の概要

本工法は，直径約 3 ㎜，長さ約 10 ㎜程度のドライアイスペレットを家屋の壁や屋根，駐車場などのアスファルト舗装面等の対象面に投射（ブラスト）し，除染対象面から放射性物質を除去する工法である。DIB 工法の概念を図-1 に示す。

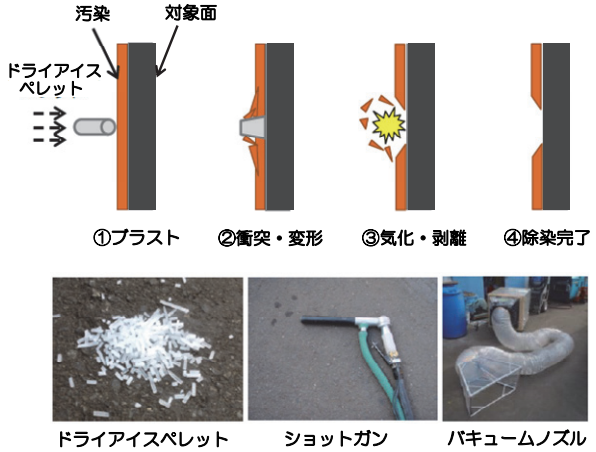


図-1　DIB 工法の概念

高圧でドライアイスのペレットを対象面に打ち付け，ドライアイスが昇華する際の爆発力と表面の凍結効果により効率的に除染する。

今回の実証実験では，以下に示す 3 種類の養生方法にて実施し，違いを確認した。さらに除染対象面にゲル状の物質を吹き付けるゲルスプレー工法についても実証試験を実施した。

表-1　養生方法の比較

【局所隔離】 ﾜｲﾄﾞﾊﾞｷｭｰﾑ方式	除染対象位置で吸引を行い，粉塵の飛散を防止する。
【部分隔離】 ｸﾞﾛｰﾌﾞﾊﾞｯｸ方式	対象面を部分的に隔離し，粉塵の飛散を防止する。
【全体隔離】 隔離養生方式	対象面を全面的に隔離し，粉塵の飛散を防止する。

2.2　VBR 工法の概要

本工法は，金属片（研掃材）を道路などの対象面に投射（ブラスト）し，表面を切削することで除染対象面から放射性物質を除去する工法である。

ブラストと同時に吸引を行うことで放射性物質を含む切削したダストおよび研掃材を回収する。VBR 工法の概念を図-2 に示す。

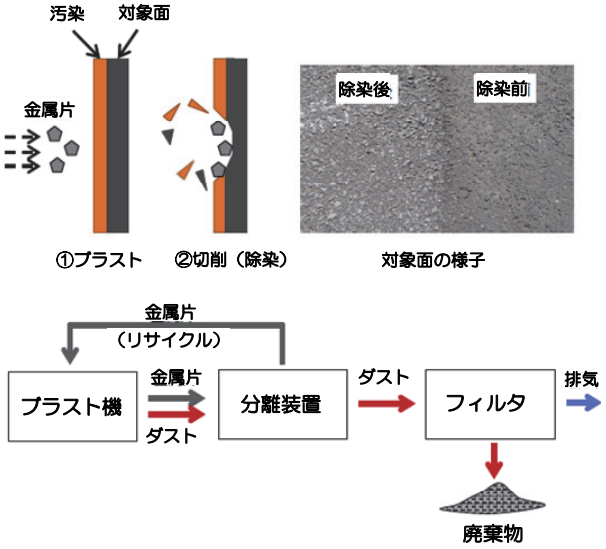


図-2　VBR 工法の概念

３．実証試験計画

3.1　全体概要

(1) 試験計画

実証試験は福島県内の公共施設の建屋外壁及び駐車場アスファルト舗装路面にて実施した。建物の配置（施工位置）図を図-3 に，敷地内全体状況を写真-１に示す。計画概要は以下の通りである。

①所 在 地：福島県内集会所
②敷地面積：約 800 ㎡
③除染対象：建屋外壁，駐車場舗装面
④試験期間：5 日間
⑤適用工法：DIB 工法，VBR 工法

(2) 試験の目的

①除染効果の確認

放射性物質で汚染された建築物（外壁・屋根等）や工作物（壁面・路面等）におけるドライアイスブラストとバキュームブラストによる除染の効果を確認する。

②飛散防止効果等の確認

複数の飛散防止措置を実施し，除染作業により放射性物質が付着した粉塵等の飛散の状況を確認する。また，除染面に粉塵飛散防止材（ゲル化剤）を塗布することによる回収の効果を確認する。

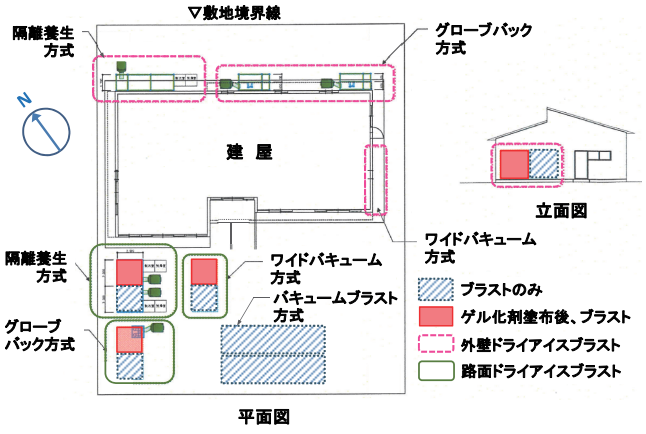


図-3　配置（施工位置）図

写真-1　全体状況

3.2　DIB 工法の計画

(1) 工法の特徴

ドライアイスブラストは，飛散性アスベストの除去や機械設備の表面洗浄等に利用されており，高圧でドライアイスのペレットを対象面に打ち付け，ドライアイスが昇華する際の爆発力と表面の凍結効果により効率的に汚れを除去する。

ドライアイスペレットが対象物に衝突する際，ドライアイスは気体に変化（昇華）し，体積が 800 倍に膨張して汚れを剥離する。ドライアイスペレットは-79℃と低温のため，ペレットが打ち付けられた対象物の表面は凍り，対象物から汚れが剥離する。

(2) 試験の方法

建屋の外壁および路面について，それぞれ 1 箇所あたり幅 4m×高さ 2m を除染対称面とした。除染対象面の区分を図-4 に示す。除染対象面の半分には，粉塵飛散防止剤（多糖類を主成分としたゲル化剤に食紅を溶かしたもの）を塗布後，除染を行う。粉塵飛散防止剤を塗布する目的は以下の通りである。

① ゲルが浸透した汚染物質を捕集することによる除染効果の向上を図る。
② ゲルを着色することで施工を目視で確認する。
③ ゲルが凍結することによる粉塵を回収しやすくする。

(3) 除染効果の確認

除染対象面のドライアイスブラスト実施後に表面放射線量を測定し，事前の測定結果と比較する。ブラスト処理は 1 箇所に 2 回実施し，放射線量を測定する。測定点は図-4 に示す 5 ポイント（中心と四方 4 ポイント）とし，平均値を求めた。

ブラスト →表面測定 →ブラスト →表面測定
（1 回目）　（1 回目）　（2 回目）　（2 回目）

(4) 飛散防止効果の確認

粉塵量の測定位置を図-4 に示す。除染対象面より 1m 離れた地点（四方 4 ポイント）において，除染実施前と実施後に測定する。

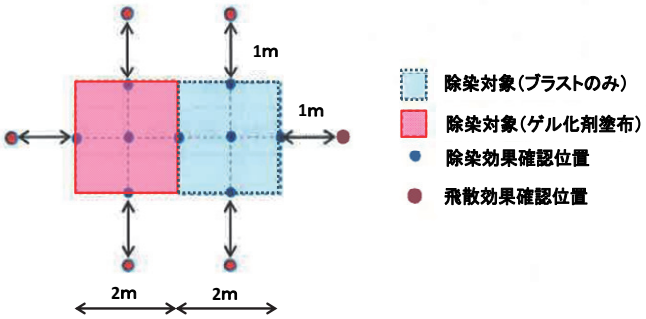


図-4　除染対象面と測定位置

(5) 養生の方法

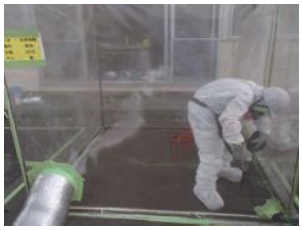
養生方法の詳細を表-2 に，施工状況を写真-2 に示す。3 種類の飛散防止措置を実施し，周辺への粉塵の飛散状況を確認する。

表-2　養生方法の詳細

分類	養生方法
ワイドバキューム方式	除染対象面に集塵機の吸引口を当て，粉塵を吸引する。
グローブバック方式	除染対象面をプラスチックシートで養生し，グローブを設置する。作業者は，養生の外からグローブに手を入れて作業を行う。
全体隔離養生方式	除染対象面をプラスチックシートで養生し，負圧除塵機にて区画内を負圧に保つ。作業者は区画（養生）内に入り，除染作業を行う。

(a) ワイドバキューム

(b) グローブバック



(c) 全体隔離養生

(d) ゲル化剤塗布

写真-2　DIB 工法　施工状況

3.3　VBR 工法の計画

(1) 工法の特徴

バキュームブラストは船舶や燃料タンクの塗膜除去等に利用されており，バキュームユニットで吸引しながら作業をするので，粉塵の飛散を減少できる。バキュームブラストロボット工法のシステム図を図-5 に示す。吹き付けされた金属片（研掃材）は粉塵とともに吸引されリサイクルユニットで分離され，再利用する。粉塵はバグフィルターで処理され，排気ガスと廃棄物（放射性物質）に分類される。

システムユニットとバキュームユニットの状況を写真-3 に示す。システムは，バキュームユニットと車載式システムユニット（8t 車）およびコンプレッサー（4t 車）から構成される。システムユニットには，リサイクルユニット，バグフィルタユニット，ブロアーユニット，発電機が搭載されている。バキュームユニットとシステムユニットはフレキシブルホースで接続され吸引を行う。バキュームユニット内は常に吸引されているので真空状態となり，路面に吸い付き粉塵の飛散を防止する。本ブラスト機の操作は遠隔で行う。

(2) 試験の方法

施工場所は駐車場アスファルト舗装の路面 2 箇所とし(1 箇所の面積：2m×8m)，施工速度および施工回数を変えて実施した。施工状況を写真-4 に示す。施工前後の表面線量および周辺の粉塵量を測定した。測定方法，測定位置はドライアイスブラストと同様とした。

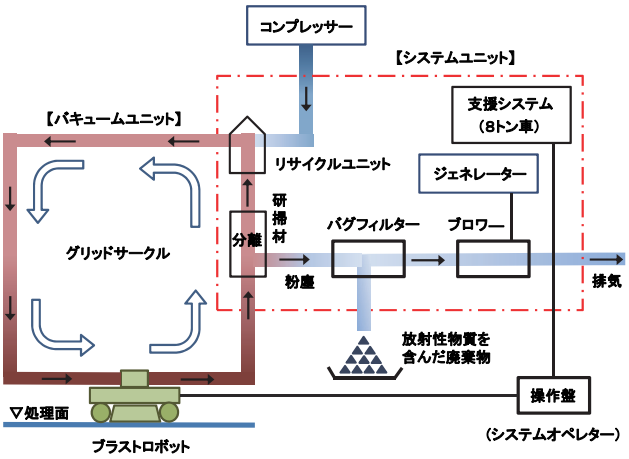


図-5　VBR 工法　システム図

(a) システムユニット　　(b) バキュームユニット

写真-3　各ユニットの状況

写真-4　VBR 工法　施工状況

４．結果と考察

4.1　粉塵量の結果

ドライアイスブラストにおける養生種別および作業工法の違いによる粉塵量の比較を図-6 に示す。養生なしと比較して粉塵の飛散量が 1/10 以下に削減された。バキュームブラストは養生は行ってないが，完全養生と同等の粉塵飛散量であった。

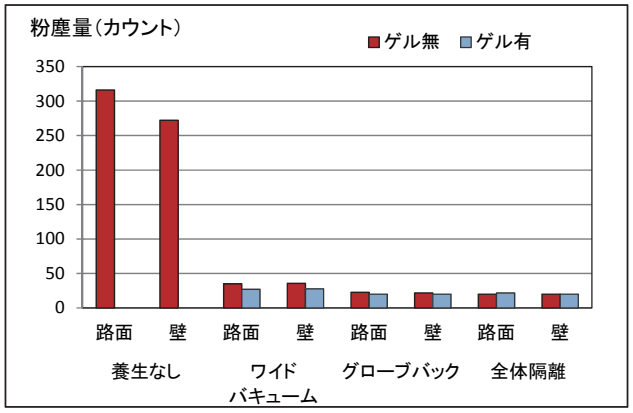


図-6　DIB 工法 養生別粉塵量

4.2　DIB 工法の結果

養生種別の違いによる施工速度の比較を図-7 に，除染率を図-8 に示す。グローブバック方式（部分隔離）では，作業が制約されることから作業効率が低下した。養生の違いによる除染結果に差はなかった。壁面において，ゲル化溶液を塗布することにより，除染率が高まった。

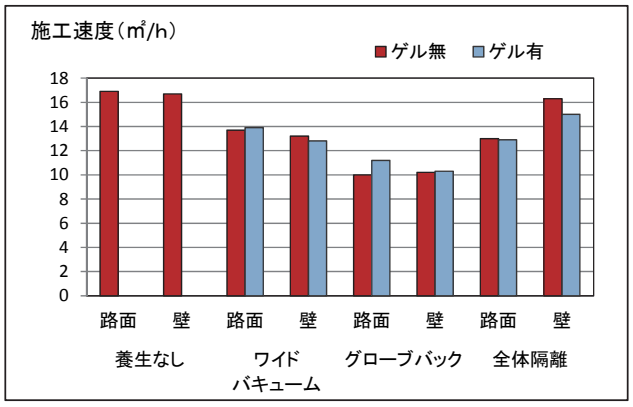


図-7　DIB 工法 養生別施工速度

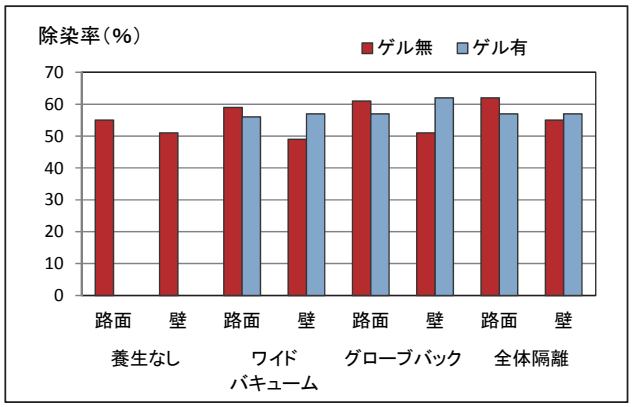
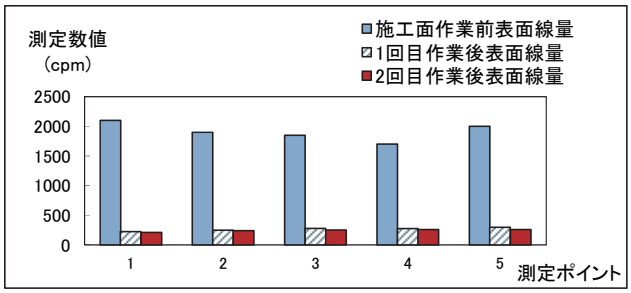


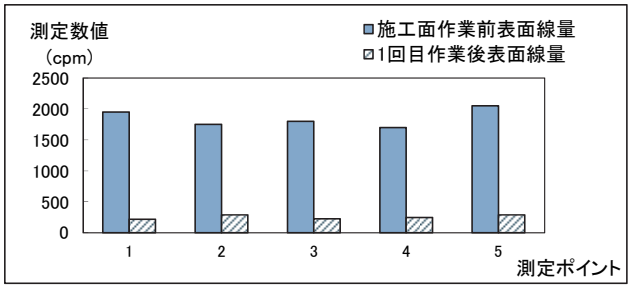
図-8　DIB 工法 養生別除染率

4.3　VBR 工法の結果

施工速度および回数の違いによる除染効果の比較を図-9に示す。(a)は除染速度2.5m/minで2回施工した結果である。1回目で概ね除染され， 2回目は下がらなかった。除染率は93%であった。(b)が除染速度2.0m/minで1回施工した結果である。施工速度による除染効果の差は確認されなかった。測定ポイントごとにも大きな差はなかった。一定の速度で作業を行う為，施工によるムラ無く除染できる為と考えられる。除染率は92%であった。



(a)除染 2 回 （速度 2.5m/min）



(b)除染 1 回 （速度 2.0m/min）

図-9　VBR 工法 除染回数別除染結果

５．まとめ

今回の実証試験の結果，以下の知見を得た。

(1) 適切な養生を行うことで，粉塵の飛散量が大幅に減少する。養生の違いによる除染率には差がなかったが，粉塵の飛散と除染速度には差が出た。

(2) ゲル化溶液を事前に塗布することにより，粉塵の飛散の減少と除染率の向上することが確認できた。

(3) バキュームブラストロボット工法では吸引効果により，粉塵の飛散は抑制される。除染回数による差はなく，1回の作業で除染されることが確認された。

除染作業は，作業場所の状況や周辺の状況，汚染の程度を考量し，適切な工法を選択することが重要であると考える。

謝辞

本実証試験は，平成 24 年 6 月 4 日から 6 月 8 日の間，三協興産株式会社と共同で実施した。関係者に感謝いたします。