

放射線に汚染された瓦礫を有人で処理する建機

放射線遮蔽キャビン付きフォークリフトの開発

佐藤 真

2011年3月11日に東日本大震災が発生し、福島第一原子力発電所の原子炉建屋は、津波や水素爆発などで大きな損傷を受けた。原子炉建屋周辺は、放射線で汚染された大量の瓦礫が散乱し、高線量環境下で安全に瓦礫を処理するために、遠隔操縦による無人の建機が多く導入された。これら無人施工による瓦礫処理の効率改善を目指し、有人施工を可能とした放射線遮蔽キャビン付きフォークリフトを緊急開発した。
キーワード：放射線、遮蔽、キャビン、フォークリフト、瓦礫、油圧ショベル、トラクタ、除染

1. はじめに

東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故を受けて、何ができるかを考え、放射線遮蔽キャビン付きフォークリフトを提案することとした。2011年4月1日にプロジェクトチームを発足させ、開発に着手した。そして、約1ヶ月で完成させ、同年5月2日に1号車（写真—1）、5月20日に2号車（写真—2）を納入した。

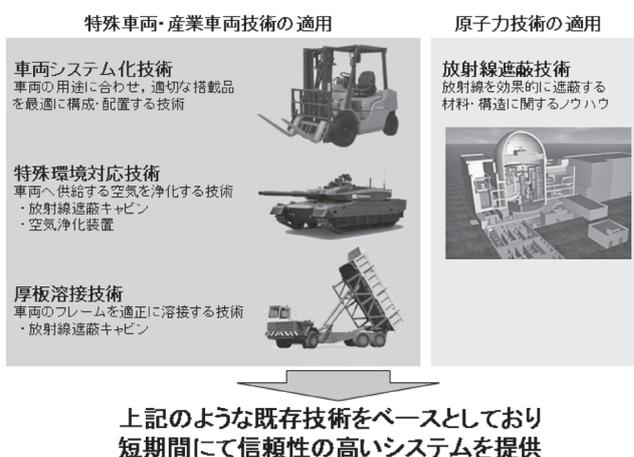


写真—1 放射線遮蔽キャビン付きフォークリフト1号車（フォーク仕様）



写真—2 放射線遮蔽キャビン付きフォークリフト2号車（バケット仕様）

本フォークリフトは、特殊車両技術、産業車両技術、原子力技術を採用した製品で、放射線汚染地域において操縦者の安全を確保しつつ効率良く瓦礫を処理し、原子炉建屋周辺の早期環境整備への貢献を目指した（図—1）。



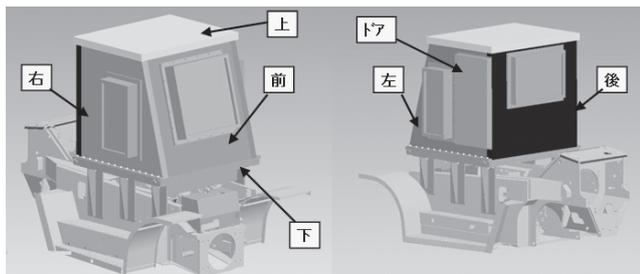
図—1 技術的背景（特殊車両／産業車両／原子力の技術融合）

2. 特徴

(1) 密閉キャビンによる放射線の遮蔽

本フォークリフトは、定格荷重15tのフォークリフトをベースに改造したものである。全方位の放射線遮蔽構造を実現した密閉キャビンを搭載しており、厚さ100mmの鋼板と、厚さ230mmの鉛ガラスにより、キャビンを通る放射線を98～99%減衰する（図—2）。

放射線遮蔽キャビンの重量は、標準キャビンに比べ、約15t重いため、高重量キャビンに耐えられるフレー



- ・ 全方位の放射線遮蔽キャビン
- ・ 全辺溶接構造により密閉性を確保
- ・ 鋼板：100 mm
- ・ 鉛ガラス：230 mm
- ・ 放射線を98～99%減衰

図-2 全方位遮蔽の密閉キャビン

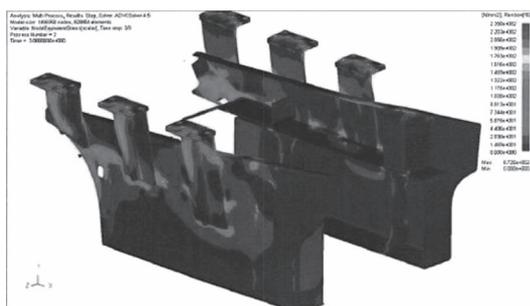


図-3 FEM解析

ム構造をFEM解析にて設計検討した(図-3)。アクスルやタイヤ等の走行装置にかかる荷重も増加するため、カウンターウェイトを軽量化するなどの荷重抑制措置を施している。ベース車の最高車速は約30 km/hであるが、本フォークリフトは、トランスミッションの変速制御を変更し、最高車速を約9 km/hに規制している。これにより、制動時や旋回時の慣性負荷を軽減し、車両強度と安定性を確保している。

(2) 浄化した空気をキャビンに供給

特殊フィルタで浄化した空気をキャビン内に供給し、キャビン内を与圧して放射性物質の侵入を防いでいる(写真-3, 図-4)。フィルタは2種類あり、まず外気をブローで取り込んで、ゴミやホコリなどの大きな粉塵を除去した後、細かな物質を除去し、浄化



写真-3 特殊フィルタ

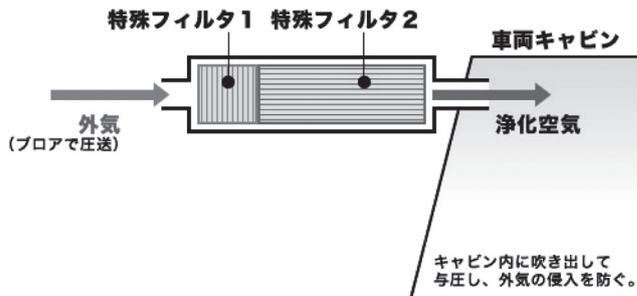


図-4 特殊フィルタの説明図

した空気をキャビン内に送っている。

(3) 制御機器の耐放射線対策

コントローラなどの電子制御機器をキャビン内に移設し、放射線による半導体の劣化を抑制している(写真-4)。また、キャビン内外に線量計を設置し、電子機器の累積線量をモニタリングできるようにした。コントローラ故障による急なマシンダウンを回避するため、電子機器の累積線量が20 Svに達したら、電子機器を新品に交換するようユーザーに推奨している。



写真-4 キャビン内に移設したコントローラ類

(4) 貫通部の遮蔽

車体からキャビン間の配管、配線類の貫通部には、隙間に鉛毛を充填し、厚板鋼板と同等の遮蔽性を確保している(写真-5)。



写真-5 配管・配線の貫通部遮蔽(鉛毛を充填)

表一 主な仕様（フォーク仕様）

性能	定格荷重		kg	9000
	荷重中心		mm	1220
	最大揚高		mm	3000
	リフト速度	負荷時	mm/sec	460
		無負荷時	mm/sec	480
	マスト傾斜角（前傾－後傾）		度	15－6
	走行速度	前進 1速	km/h	9
		後進 1速	km/h	9
最小旋回半径		mm	4550	
主要寸法・重量	全長		mm	7330
	全幅		mm	2535
	全高	車体高さ	mm	3775
		マスト高さ（上昇時）	mm	4835
	ホイールベース		mm	3100
	トレッド幅	前輪	mm	1760
		後輪	mm	1925
	最低地上高（マスト下）		mm	260
	フォーク（長さ×幅×厚さ）		mm	2440×200×87
	車両重量		kg	30400
エンジン	型式			6D16T
	総排気量		L	7.545
	定格出力		kW/rpm	96/2200
	最大トルク		N・m/rpm	490/1200
タイヤサイズ （クッションタイヤ）	前輪（ダブル）			12.00－20
	後輪			12.00－20

3. 仕様

主な仕様を表一に示す。

4. 稼動状況

放射線遮蔽キャビン付きフォークリフトは、福島第一原子力発電所内で順調に稼動しており、瓦礫の荷役運搬作業だけでなく、瓦礫の積み込み作業（写真一六）、鉄板の敷設作業（写真一七）等、幅広い作業をこなしている。

5. 放射線遮蔽化製品の他事例

放射線遮蔽キャビン付きフォークリフトの他に、放射線遮蔽化製品の事例を紹介する。

(1) 放射線遮蔽キャビン付き油圧ショベル（写真一八、九）

厚さ75mmの鋼板と、厚さ110mmの鉛ガラスで構成した全方位遮蔽の密閉キャビンを搭載しており、



写真一六 瓦礫の積み込み作業（出典：東京電力ホームページ）



写真一七 鉄板敷設作業時の運転席から見た前方視界（出典：東京電力ホームページ）



写真一 8 放射線遮蔽キャビン付き油圧ショベル (20t級, バケツ容量 0.9 m³)



写真一 9 放射線遮蔽キャビン付き油圧ショベル (30t級, バケツ容量 1.4 m³)

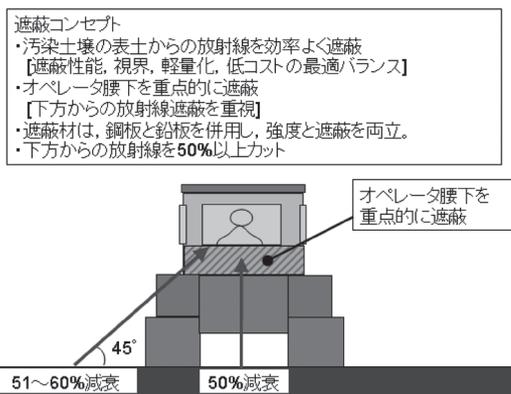
放射線を90%以上減衰する。特殊フィルタで浄化した空気をキャビン内に供給し、キャビン内を与圧して放射性物質の侵入を防いでいる。

(2) 放射線遮蔽キャビン付きトラクタ

放射線で汚染された土壌の除染を目的に開発した車両であり、放射線遮蔽キャビン、特殊フィルタ、特殊アタッチメントを搭載している (写真一 10)。放射線遮蔽キャビンは、運転席からの視界確保や、キャビン重量抑制のため、土壌からの放射線を重点的に遮蔽する構造としており、キャビン下方からの放射線を50%以上減衰する (図一 5)。トラクタ後部に装着した特殊アタッチメントは、砕土と排土を同時に行うことが可能であり、表土剥ぎ取り速度の向上を図っている。



写真一 10 放射線遮蔽キャビン付きトラクタによる土壌除染 (表土の剥ぎ取り)



図一 5 放射線遮蔽キャビン付きトラクタの遮蔽コンセプト

6. おわりに

本稿で紹介した製品開発にあたっては、東京電力(株)様、大成建設(株)様、鹿島建設(株)様に、格別なご指導を頂きました。ここに記して深く感謝の意を表します。

今後も、福島第一原子力発電所の瓦礫処理、周辺地域の除染作業など、日本の復興に貢献できるよう、新製品の開発、提案活動をしていきたい。がんばろう日本。

JICMA

【筆者紹介】



佐藤 真 (さとう まこと)
三菱重工業(株)
汎用機・特車事業本部 特殊車両事業部
防災関連事業グループ
首席技師