技術カタログWS

「格納容器補修技術の開発」

(株)東芝 日立GEニュークリア・エナジー(株) 三菱重工業(株)

研究開発の目的

原子炉圧力容器(RPV)と原子炉格納容器(PCV)のバウンダリ機能が喪失した状態で炉心燃料を取り出すためには、まずは遮へい等の観点からPCVを補修してバウンダリを再構築し、PCV内をRPVと共に水で満たした状態にすることが想定される。しかし、PCV近傍が高線量であり、狭隘部もあり、さらにPCV下部(圧力抑制室等)については冠水しているような環境で損傷箇所を補修する技術は確立されていない。このため、高線量・狭隘・水中環境における補修工法と装置の開発が必要である。

1. 補修工法の開発

・格納容器の漏えい箇所を、高線量・狭隘・気中/水中等の環境で補修するため に必要な要素技術等について、既存技術調査を行い、最適な補修工法を開発 する。

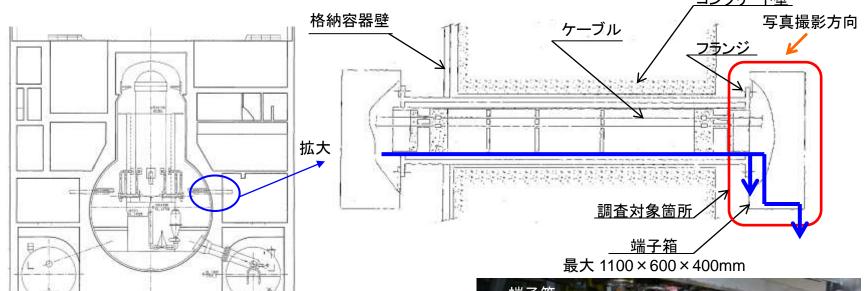
2. 補修装置の開発

- ・開発した補修工法に基づき、高線量・狭隘・気中/水中等の環境で補修するために必要な要素技術や遠隔操作技術等を開発し、既存技術を組み合わせて補修装置を設計・製作し、モックアップ試験を行う。
- 3. 実機適用性評価・装置改良
 - ・補修装置を実機に適用し、高線量・狭隘・気中/水中等の環境で補修できることを確認評価する。

実施工程

事項/年度	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
(損傷可能性が高い箇所) 1.補修工法の開発 2. 補修装置の開発 3.実機適用性評価・装置改良 (損傷不明な箇所) 1.補修工法の開発		股計 (下部・上部) 概念(下部)	製作 (下部・上部) (下部・上部)	上部)			
2.補修装置の開発 3.実機適用性評価・装置改良 【代替工法】 1.代替工法の検討	FS				・ もの7797 下部) 下型用 必要には	設計・製作	・475777 上部) 上部間

一電気配線貫通部一



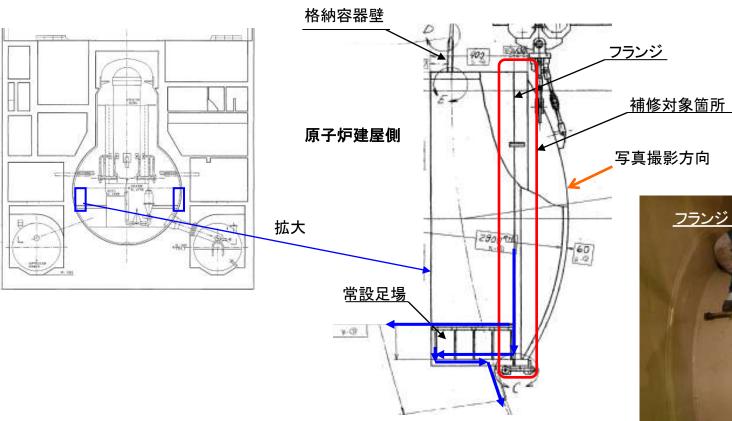
【特に求められる技術】

- ①複雑な形状の対象物からの水の漏えいを止める技術
- ②高線量環境下で20年の耐久性を有する止水技術
- ③遠隔で、狭隘箇所での止水作業が可能な技術



ドライウェル外側補修ロボット 施工対象部

ー機器ハッチー



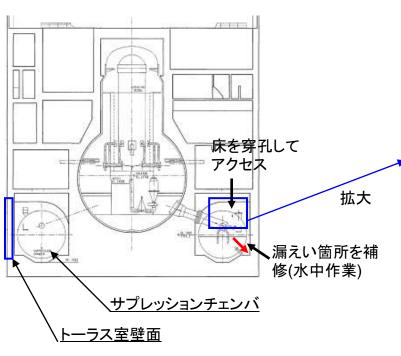
格納容器内側

【特に求められる技術】

- ①大口径フランジ(約φ3m)からの水の漏えいを止める技術
- ②高線量環境下で20年の耐久性を有する止水技術
- ③遠隔で、狭隘箇所での止水作業が可能な技術



施工対象部





【特に求められる技術】

- ①遠隔で、コンクリート床(約t500)、鋼板(約t20)に穿孔 可能な技術
- ②配管、架台等の多数存在する空間で、遠隔で所定 の位置に穿孔可能な技術

【特に求められる技術】

- ①濁水中で、遠隔操作で水の漏えいを止め、補修する 技術
- ②高線量環境下で20年の耐久性を有する止水技術

格納容器補修技術の開発 装置の要求仕様 ⑥



対象装置	使用環境	使用温度	耐放性
ドライウェル外側補修ロボット	気中	80℃以下	雰囲気:3(Sv/h)以上 累積 :100Gy以上*
サプレッションチェンバ補修ロ ボット トーラス室壁面補修ロボット	気中/水中	80℃以下	雰囲気:3(Sv/h)以上 累積 :100Gy以上*
穴あけロボット	気中	80℃以下	雰囲気:3(Sv/h)以上 累積 :100Gy以上*

*: 部品の取替え性を考慮のこと。

格納容器補修技術 求められる技術要素



対象装置	特に求められる技術
ドライウェル外側補修ロボット	①複雑な形状の対象物からの水の漏えいを止める技術 ②大口径フランジ(約φ3m)からの水の漏えいを止める技術 ③高線量環境下で20年の耐久性を有する止水技術 ④遠隔で、狭隘箇所での止水作業が可能な技術
穴あけロボット	①遠隔で、コンクリート床(約t500)、鋼板(約t20)に穿孔可能な技術 ②配管、架台等の多数存在する空間で、遠隔で所定 の位置に穿孔可能な技術
サプレッションチェンバ ・トーラス室壁面補修 ロボット	①濁水中で、遠隔操作で水の漏えいを止め、補修する技術 ②高線量環境下で20年の耐久性を有する止水技術

分類	必要技術 (構成要素)	技術概要 (ニーズ)	技術を保有するベンダ	備考
			株式会社 キュー・アイ	
			株式会社 イクシスリサーチ	
			株式会社 IHI検査計測	
			トピー工業株式会社	
			株式会社IHIエアロスペース	
			三菱電機特機システム株式会社	
			iRobot	
			Inuktun	
			株式会社AAIジャパン	
			Adept Technology	
			バブ日立工業株式会社	
			日立GEニュークリア・エナジー株式会社	
			広和株式会社	
		・ドライウェル外側のペネ、ハッチ部に干渉物を避けてアクセスすることが可能な移動装置・ドライウェル外側の狭隘部(MSトンネル室等)で干渉物を避けて対象ペネ、ハッチ類近傍にアクセスすることが可能な移動装置	有限会社浦上技術研究所	
			SeaBotix	
			VideoRay	
	移動装置		ビー・エル・オートテック株式会社	
D/W外側補修ロ ボット(フランジ、			双葉電子工業株式会社	
ハッチ、ペネ等)		・無線で移動機構及び取扱装置の 操作が遠隔で可能な装置。	朝日音響株式会社	
【特に求めら		・移動機構、作業装置を操作する	HBCラディオマチック・ジャパン	
れる技術】		ための制御装置。	ローム株式会社	
状の対象物			オムロン株式会社	
からの水の 漏えいを止め			有限会社ムシンシステムズ	
る技術			株式会社コンテック	
②大口径フラ ンジ(約 ø 3m)			日本無線株式会社	
からの水の 漏えいを止め			株式会社ゼルライン・ジャパン	
る技術			パナソニック株式会社	
③高線量環 境下で20年	泉量環		株式会社アドバンテック	
の耐久性を			株式会社テクノ	
有する止水 技術		株式会社キーエンス		
④遠隔で、狭 窓角形での			株式会社デンソー	
止水作業が			株式会社ハイボット	
可能な技術			マクソンジャパン株式会社	
			株式会社東芝	カタログサン プル: 添付-
	通信装置	移動装置に含む	_	
	制御装置	移動装置に含む		

分類	必要技術 (構成要素)	技術概要(ニーズ)	技術を保有するベンダ	備考
			アルファコローネ	
			エルゴジャパン株式会社	
			Actua Systems	
			Geo Systems	
			三菱重工業株式会社	
			株式会社AAIジャパン	
			Barrett Technology	
		移動機構によりペネ等近傍まで接	Neuronics	
	作動機構	近した後、干渉物を回避し、作業 装置を当該ペネ等まで操作できる	ヤマハ発動機株式会社	
		装置	株式会社安川電機	
			株式会社リバスト	
			OC Robotics	
			Framatome	
			Kuraft Telerobotics	
			Cybernetix	
			株式会社東芝	
			東芝機械株式会社	
	計測装置	高線量域において、長時間遠隔で作業を行う際の作業監視できる機器であること、および、高線領域の状況を映像として取得することができる機器であること(耐放射線性カメラ)	DIAKONT/ミルス・システムス゛	
			株式会社NUCRON	
			CENTRONIC Raditec	
D/W外側補修口			サーモフィッシャーサイエンティフィック株式	
ボット(フランジ、			オリンパス株式会社	
ハッチ、ペネ等)			Sound Metrics	
			BlueView Technologies	
			東芝テリ一株式会社	
			ニスコ株式会社	
			AHLBERG ELECTRONICS AB	
			有限会社シスコム	
	作業装置	漏えい対象部に対して溶接、注入	兵神装備株式会社	
	「不衣臣	等により止水補修を行う装置	バブ日立工業株式会社	
			株式会社明治機械製作所	
		・作業時に全体を広く監視できる監視装置	株式会社シロ産業	
	支援装置	・有線装置の場合は、ケーブルを長距離 にわたって、敷設するための支援装置	株式会社タカミ製作所	
		・床上から高所にあるペネに対して調査 装置を届かせるためのリフター	株式会社東芝	
		格納容器の穴やき裂からの水の	ピングラウト協議会	
	止水材、補修材	漏えいを止めることが可能な材	株式会社MAT	
		料。	アスク・サンシンエンジニアリング株式会社	
			北陽電機株式会社	
			ジック株式会社	
	その他	・障害物検出 ・放射線遮へい	mesa	
		17▽21 山水が一 ・	Canesta	
			アスク・サンシンエンジニアリング株式会社	

分類	必要技術 (構成要素)	技術概要 (ニーズ)	技術を保有するベンダ	備考
			株式会社 キュー・アイ	
			株式会社 イクシスリサーチ	
			株式会社 IHI検査計測	
			株式会社アテックス	
			株式会社筑水キャニコム	
			株式会社小松製作所	
			ヤンマー株式会社	
			コベルコ建機株式会社	
			IHI建機株式会社	
			バブ日立工業株式会社	
			広和株式会社	
			有限会社浦上技術研究所	
			SeaBotix	
		狭隘部を迅速に動き回ることができる有線または、無線の小型装置。高線量下でも電子機器が正常に作動すること。 無線で移動機構及び取扱装置の操作が遠隔で可能な装置。 移動機構、作業装置を操作するた	VideoRay	
			ビー・エル・オートテック株式会社	
			双葉電子工業株式会社	
	4夕香山土 空		朝日音響株式会社	
5 to 14 to 451	移動装置		HBCラディオマチック・ジャパン	
穴あけロボット 【特に求めら】			ローム株式会社	
れる技術】		めの制御装置。	オムロン株式会社	
①遠隔で、コンクリート			有限会社ムシンシステムズ	
t500)、鋼板			株式会社コンテック	
(約t20)に穿 孔可能な技			日本無線株式会社	
術			株式会社ゼルライン・ジャパン	
②配管、架 台等の多数			パナソニック株式会社	
存在する空 間で、遠隔で			株式会社アドバンテック	
所定の位置			株式会社テクノ	
に穿孔可能 な技術			株式会社キーエンス	
_ ******			株式会社デンソー	
			株式会社ハイボット	
			マクソンジャパン株式会社	
			三菱重工業株式会社	
			株式会社安川電機	
			株式会社東芝	カタログサンプル: 添付-1
	通信装置	移動装置に含む	_	· //m J
	制御装置	移動装置に含む	_	

分類	必要技術 (構成要素)	技術概要 (ニーズ)	技術を保有するベンダ	備考
			アルファコローネ	
			エルゴジャパン株式会社	
			Actua Systems	
			Geo Systems	
			三菱重工業株式会社	
			株式会社AAIジャパン	
			Barrett Technology	
			Neuronics	
	//c 話h t級 t#	高線量域において、作業装置を所定の位置に動かすことが可能な	ヤマハ発動機株式会社	
	作動機構	表置。	株式会社リバスト	
			OC Robotics	
			Framatome	
			Kuraft Telerobotics	
			Cybernetix	
			DIAKONT/ミルス・システムス゛	
			株式会社NUCRON	
穴あけロボット			CENTRONIC Raditec	
八のロロホット			株式会社東芝	
			Nikon Metrology	
			古河産業株式会社	
			FARO	
			リーグルジャパン株式会社	
			Trimble	
		・壁面に機器が多数設置された室内において、自身の位置情報を特	サーモフィッシャーサイエンティフィック株式 会社	
		定可能な装置。	オリンパス株式会社	
	計測装置	・高線量域において、長時間遠隔で作業を行う際の作業監視できる	Sound Metrics	
	計 测 表 但	装置、および、高線領域の状況を	BlueView Technologies	
		映像として取得することができる	有限会社シスコム	
		装置。 (耐放射線性カメラ)	兵神装備株式会社	
			バブ日立工業株式会社	
			株式会社明治機械製作所	
			東芝テリ一株式会社	
			ニスコ株式会社	
			AHLBERG ELECTRONICS AB	

分類	必要技術 (構成要素)	技術概要 (ニーズ)	技術を保有するベンダ	備考
			Spraying Systems	
			株式会社ミヤナガ	
			小池酸素工業株式会社	
			高島株式会社	
			第一カッター興業株式会社	
			FLOW	
	 作業装置	・マーキング ・コンクリートスラブの穿孔	株式会社シブヤ	カタログサン プル: 添付-2
	F未衣巨	PCV鋼板の穴あけ	株式会社コンセック	
			DIAMOND	
			HILTY	
			Husqvarna	
穴あけロボット			ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社、応用 地質株式会社、株式会社ワイビーエム	
			東邦地下工機株式会社	
			北陽電機株式会社	
			ジック株式会社	
			mesa	
		│ ・ 障害物検出	Canesta	
その他	その他	・放射線遮へい	アスク・サンシンエンジニアリング株式会社	
		- 冷却水供給装置	株式会社シブヤ	
			株式会社コンセック	
			HILTY	
			Husqvarna	

分類	必要技術 (構成要素)	技術概要 (ニ ー ズ)	技術を保有するベンダ	備考
			株式会社 キュー・アイ	
			株式会社 イクシスリサーチ	
			株式会社 IHI検査計測	
			トピー工業株式会社	
			株式会社IHIエアロスペース	
			三菱電機特機システム株式会社	
			iRobot	
			Inuktun	
			株式会社AAIジャパン	
			Adept Technology	
			バブ日立工業株式会社	
			広和株式会社	
			有限会社浦上技術研究所	
			SeaBotix	
		広い領域を迅速に動き回ることができる有線または、無線の小型装置。高線量下でも電子機器が正常に作動すること。 無線で移動機構及び取扱装置の操作が遠隔で可能な装置。 移動機構、作業装置を操作するた	VideoRay	
			じュナルナ しこいりせきんな	
			双葉電子工業株式会社	
	 移動装置		朝日音響株式会社	
S/C補修ロボット			HBCラディオマチック・ジャパン	
【特に求めら				
れる技術】		めの制御装置。	オムロン株式会社	
①濁水中 で、遠隔操			有限会社ムシンシステムズ	
作で水の漏			株式会社コンテック	
えいを止め、 補修する技			日本無線株式会社	
術			株式会社ゼルライン・ジャパン	
②高線量環 境下で20年			パナソニック株式会社	
の耐久性を 有する止水			株式会社アドバンテック	
技術			株式会社テクノ	
			株式会社キーエンス	
			株式会社デンソー	
			株式会社ハイボット	
			マクソンジャパン株式会社	
			三菱重工業株式会社	
			株式会社安川電機	
			株式会社東芝	カタログサン
		移動装置に含む		プル: 添付-1
	制御装置	移動装置に含む	_	

分類	必要技術 (構成要素)	技術概要 (ニーズ)	技術を保有するベンダ	備考
			アルファコローネ	
			エルゴジャパン株式会社	
			Actua Systems	
			Geo Systems	
			三菱重工業株式会社	
			株式会社AAIジャパン	
			Barrett Technology	
			Neuronics	
		 高線量域において、作業装置を所	ヤマハ発動機株式会社	
	作動機構	定の位置に動かすことが可能な	株式会社リバスト	
		装置。	OC Robotics	
			Framatome	
			Kuraft Telerobotics	
			Cybernetix	
			DIAKONT/ミルス・システムス*	
			株式会社NUCRON	
			CENTRONIC Raditec	
			株式会社東芝	
			東芝機械株式会社	
	計測装置	高線量域において、長時間遠隔で	サーモフィッシャーサイエンティフィック株式 会社	
S/C補修ロボット			オリンパス株式会社	
			Sound Metrics	
			BlueView Technologies	
		作業を行う際の作業監視できる機	有限会社シスコム	
		器であること、および、高線領域 の状況を映像として取得すること	<u></u>	
		ができる機器であること	バブ日立工業株式会社	
		(耐放射線性カメラ)	株式会社明治機械製作所	
			東芝テリー株式会社	
			ニスコ株式会社	
			AHLBERG ELECTRONICS AB	
			株式会社 IHI	
			有限会社シスコム	
	 作業装置	漏えい対象部に対して溶接、注入	兵神装備株式会社	
		等により止水補修を行う装置	バブ日立工業株式会社	
			株式会社明治機械製作所	
			海洋土木株式会社	
			五洋建設株式会社	
		格納容器の穴やき裂からの水の 漏えいを止めることが可能な材	株式会社間組	
	近水州、柵彫州、元 填材	漏えいを止めることが可能な材料。	ピングラウト協議会	
		<u></u> ተተ፡	株式会社MAT	
			アスク・サンシンエンジニアリング株式会社	

分類	必要技術 (構成要素)	技術概要(ニーズ)	技術を保有するベンダ	備考
			北陽電機株式会社	
		- 障害物検出	ジック株式会社	
S/C補修ロボット	その他		mesa	
		Canesta		
		アスク・サンシンエンジニアリング株式会社		

分類	必要技術 (構成要素)	技術概要 (ニーズ)	技術を保有するベンダ	備考
			株式会社 キュー・アイ	
			株式会社 イクシスリサーチ	
			株式会社 IHI検査計測	
			トピー工業株式会社	
			株式会社IHIエアロスペース	
			三菱電機特機システム株式会社	
			iRobot	
			Inuktun	
			株式会社AAIジャパン	
			Adept Technology	
			バブ日立工業株式会社	
			広和株式会社	
			有限会社浦上技術研究所	
		水中を迅速に動き回ることができる有線または、無線の小型装置。高線量下でも電子機器が正常に作動すること。トーラス室外部から室内へ止水材を注入するユニットを当該部まで搬送する装置。 無線で移動機構及び取扱装置の	SeaBotix	
			VideoRay	
			ビー・エル・オートテック株式会社	
二,中辟工	移動装置		双葉電子工業株式会社	
トーラス室壁面 補修ロボット			朝日音響株式会社	
【特に求めら		操作が遠隔で可能な装置。	HBCラディオマチック・ジャパン	
れる技術】		移動機構、作業装置を操作するた めの制御装置。	ローム株式会社	
①濁水中で、 遠隔操作で水			オムロン株式会社	
の漏えいを止 め、補修する			有限会社ムシンシステムズ	
技術			株式会社コンテック	
②高線量環境 下で20年の耐			日本無線株式会社	
久性を有する			株式会社ゼルライン・ジャパン	
止水技術			パナソニック株式会社	
			株式会社アドバンテック	
			株式会社テクノ	
			株式会社キーエンス	
			株式会社デンソー	
			株式会社ハイボット	
			マクソンジャパン株式会社	
			株式会社東芝	
	通信装置	移動装置に含む	_	
	制御装置	移動装置に含む	_	

分類	必要技術 (構成要素)	技術概要(ニーズ)	技術を保有するベンダ	備考
			アルファコローネ	
			エルゴジャパン株式会社	
	作動機構		Actua Systems	
		高線量域において、作業装置を所 定の位置に動かすことが可能な 装置。	Geo Systems	
			三菱重工業株式会社	
			株式会社AAIジャパン	
			Barrett Technology	
			Neuronics	
			ヤマハ発動機株式会社	
			株式会社安川電機	
			株式会社リバスト	
			OC Robotics	
			Framatome	
			Kuraft Telerobotics	
			Cybernetix	
			株式会社東芝	
			DIAKONT/ミルス・システムス゛	
			株式会社NUCRON	
トーラス室壁面	計測装置	高線量域において、長時間遠隔で作業を行う際の作業監視できる機器であること、および、高線量域の状況を映像として取得することができる機器であること(耐放射線性カメラ)	CENTRONIC Raditec	
補修ロボット			サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社	
			オリンパス株式会社	
			Sound Metrics	
			BlueView Technologies	
			東芝テリ一株式会社	
			ニスコ株式会社	
			AHLBERG ELECTRONICS AB	
	作業装置	漏えい対象部に対して溶接、注入	有限会社シスコム	
			兵神装備株式会社	
		等により止水補修を行う装置	バブ日立工業株式会社	
			株式会社明治機械製作所	
	止水材	トーラス室壁面からの水の漏えいを止めることが可能な材料。	ピングラウト協議会	
			株式会社MAT	
			アスク・サンシンエンジニアリング株式会社	
	その他	・障害物検出 ・放射線遮へい	北陽電機株式会社	
			ジック株式会社	
			mesa	
			Canesta	
			アスク・サンシンエンジニアリング株式会社	

技術カタログ				
分類	移動装置			
タイトル	ガンマクローラ			
提案者	株式会社東芝			

1. 技術内容(特徴、仕様、性能など) 左右独立駆動型クローラタイプの移動機構。

・外形:910×440×290mm (突起含まず)

・重量:60kg。

・走行段差:130mm (実績)・階段昇降:41度 (実績)

・可搬荷重:150kg (用途に合わせて調整可能)

・ケーブル巻取り:100m (無線 LAN も可)

・インターフェース:ジョイスティック

・オプション:走行用カメラ (2台)、LED 照明カメラ、



ガンマカメラを搭載した例

点検カメラ用パンチルト機能、多関節マニピュレータ

- 2. 実績(国内プラント、海外プラント、他産業での実績を含む) 2011 年 5 月以降、福島第一原子力発電所の屋外/屋内の点検作業に使用中。
- 3. 福島第一原子力発電所の適用可と考える根拠、技術的課題

o. may, 1/1/1/12/12/11/12/11/12/11/12/11/12/11/12/11/12/11/12/11/12/11/12/11/12/11/12/11/12/11/12/11/12/11/12/				
適用課題	可否	備考・根拠など (定量的に)		
放射線環境での使用	可• 否	最大 1Sv/h×1h の使用実績あり		
高温環境 (60℃) での使用	可・否	使用実績があるのは40℃まで		
2012 年上期中の装置提供	可・否	標準納期 1.5 ヶ月		
技術情報の開示・改造対応	可・否	用途に応じたカスタマイズ可能		
運転・運用技術者の派遣	可• 否	福島第一原子力発電所にオペレータ/技術者を派遣可能		

- 4. 開発すべき技術 (例)
- 5. 備考

技術カタログ				
分類	床穴あけ装置			
タイトル	コンクリートコアボーリング			
提案者	株式会社シブヤ			

1. 技術内容(特徴、仕様、性能など)

先端に高度の高いダイヤモンドを埋め込んだビット(刃)を高速回転させてコンクリート構造物の穿孔を行う工法。機械が小型にできるので持ち運び易く、 現場の環境の変化に 応じて作業が可能。



表. 主な使用 (除、送り装置)

最大穿孔能力	Ф400mm
全高	1003mm
ベース横幅	176mm
ベース奥行き	275mm
全ストローク	618mm
モータ込質量	31.0kg
消費電力	2500W
最大入力	3750W

2. 実績(国内プラント、海外プラント、他産業での実績を含む)

本機種であるかは不明であるが、同タイプの装置による国内原子力発電所での施工実績は多数ある。(参考:株式会社ダイイチ 工事経歴より)

3. 福島第一原子力発電所の適用可と考える根拠、技術的課題

作業員による設置と操作を前提とした装置として市販されているため、無人遠隔操作用の装置として組みなおす必要がある。作業員のスキルで決めている固定力、ドリル回転速度、ドリル送り速度等も対象に最適な施工条件として数値化したうえで、無人機の機構や制御に組み込む必要がある。

4. 開発すべき技術 (例)

固定力、ドリル回転速度、ドリル送り速度等も対象に最適な施工条件として数値化したうえで、無人機の機構や制御に組み込み、無人遠隔操作用の装置として組みなおす。

5. 備考