

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

①

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。

研究開発の実施内容

②

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。

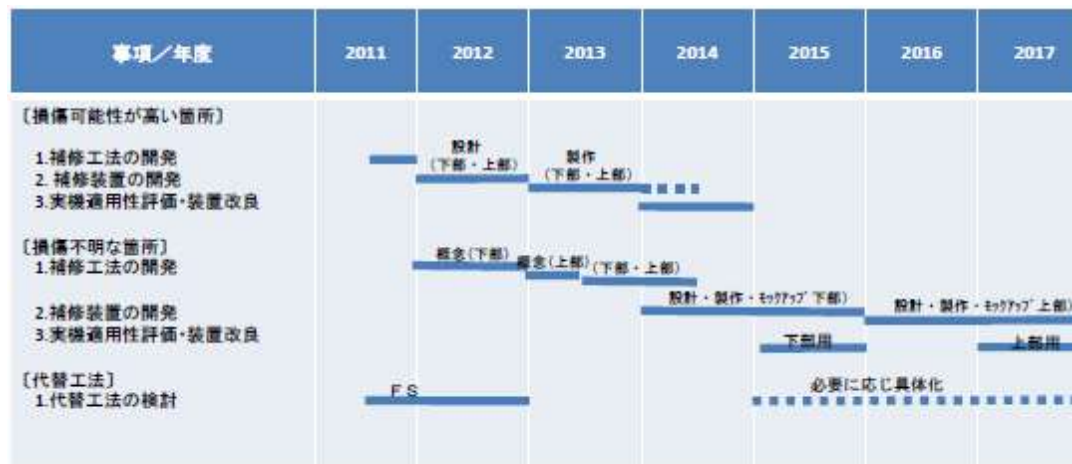
2. 補修装置の開発

・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、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。

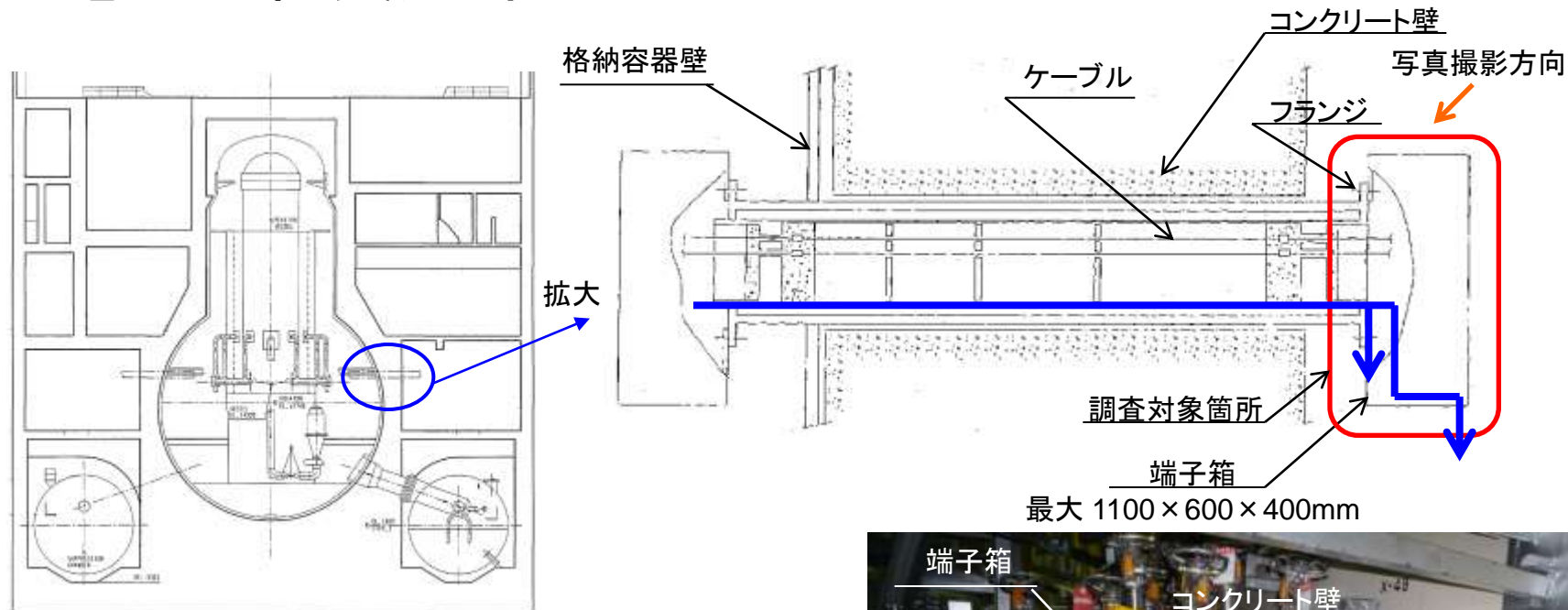
実施工程



ドライウェル外側補修ロボット 施工対象部

③

—電気配線貫通部—



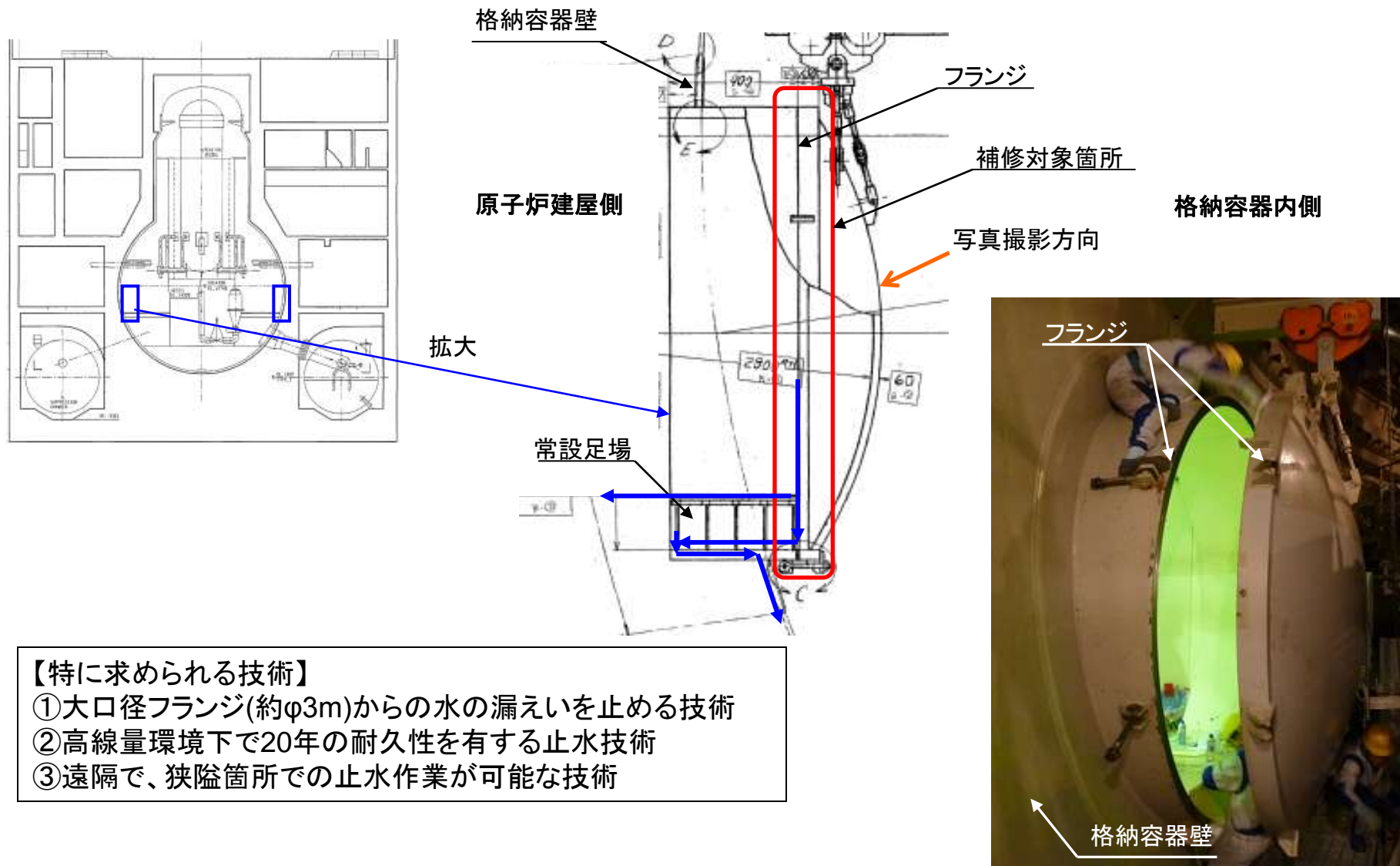
【特に求められる技術】

- 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 — 機器ハッチ —

④



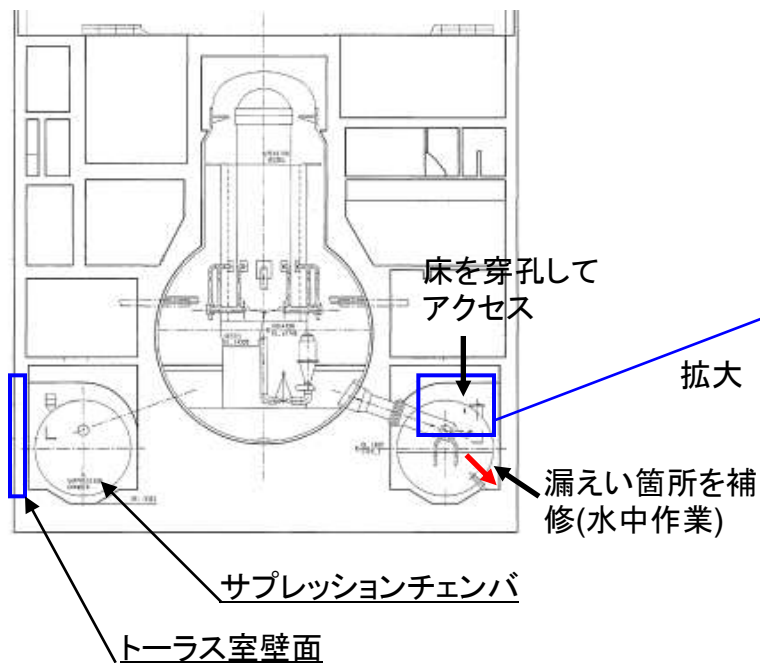
【特に求められる技術】

- 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

サプレッションチェンバ・トールラス室壁面補修ロボット ／穴あけロボット 施工対象部

⑤

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
ドライウエ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

⑦

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 ・トールラス室壁面補修 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

技術カタログ ベンダリスト(格納容器補修技術)

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
D/W外側補修口 ポット(フランジ、 ハッチ、ペネ等)	移動装置	<p>・ドライウエル外側のペネ、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</p> <p>・ドライウエル外側の狭隘部(MST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</p> <p>・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。</p> <p>・移動機構、作業装置を操作するための制御装置。</p>	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	
			有限会社浦上技術研究所	
			SeaBotix	
			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	
			朝日音響株式会社	
			HBCラジオマチック・ジャパン	
			ローム株式会社	
			オムロン株式会社	
			有限会社ムシンシステムズ	
			株式会社コンテック	
			日本無線株式会社	
			株式会社ゼルライン・ジャパン	
			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		カタログサンプル: 添付-1		
通信装置	移動装置に含む	—		
制御装置	移動装置に含む	—		

【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

技術カタログ ベンダリスト(格納容器補修技術)

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
D/W外側補修ロボット(フランジ、ハッチ、ペネ等)	作動機構	移動機構によりペネ等近傍まで接近した後、干渉物を回避し、作業装置を当該ペネ等まで操作できる装置	アルファコーネ	
			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	
			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				
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・システムズ		
		株式会社NUCRON		
		CENTRONIC Raditec		
		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		
		東芝テリー株式会社		
		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、注入等により止水補修を行う装置	有限会社シスコム		
		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		
支援装置	<ul style="list-style-type: none"> 作業時に全体を広く監視できる監視装置 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 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 	株式会社シロ産業		
		株式会社タカミ製作所		
		株式会社東芝		
止水材、補修材	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	<ul style="list-style-type: none"> 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 ベンダリスト(格納容器補修技術)

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
穴あけロボット	移動装置	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めの制御装置。	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	
			パ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	
			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	
			朝日音響株式会社	
			HBCラジオマチック・ジャパン	
			ローム株式会社	
			オムロン株式会社	
			有限会社ムシンシステムズ	
			株式会社コンテック	
			日本無線株式会社	
			株式会社ゼルライン・ジャパン	
			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				
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	—		
制御装置	移動装置に含む	—		

【特に求められる技術】
①遠隔で、コンクリート(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

技術カタログ ベンダリスト(格納容器補修技術)

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
穴あけロボット	作動機構	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。	アルファコーネ	
			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	
			ヤマハ発動機株式会社	
			株式会社リバスト	
			OC Robotics	
			Framatome	
			Kuraft Telerobotics	
			Cybernetix	
			DIAKONT/ミルス・システムズ	
	株式会社NUCRON			
	CENTRONIC Raditec			
	株式会社東芝			
	計測装置	<ul style="list-style-type: none"> ・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定可能な装置。 ・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装置、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装置。 (耐放射線性カメラ)	Nikon Metrology	
			古河産業株式会社	
			FARO	
			リーグルジャパン株式会社	
			Trimble	
			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	
有限会社シスコム				
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				
東芝テリー株式会社				
ニスコ株式会社				
AHLBERG ELECTRONICS AB				

技術カタログ ベンダリスト(格納容器補修技術)

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
穴あけロボット	作業装置	<ul style="list-style-type: none"> ・マーキング ・コンクリートスラブの穿孔 ・PCV鋼板の穴あけ 	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	
			株式会社シブヤ	カタログサンプル: 添付-2
			株式会社コンセック	
			DIAMOND	
			HILTY	
	Husqvarna			
	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			
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・障害物検出 ・放射線遮へい ・冷却水供給装置 	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	
			株式会社シブヤ	
			株式会社コンセック	
HILTY				
Husqvarna				

技術カタログ ベンダリスト(格納容器補修技術)

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
S/C補修ロボット	移動装置	<p>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めの制御装置。</p>	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	
			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	
			朝日音響株式会社	
			HBCラジオマチック・ジャパン	
			ローム株式会社	
			オムロン株式会社	
			有限会社ムシンシステムズ	
			株式会社コンテック	
			日本無線株式会社	
			株式会社ゼルライン・ジャパン	
			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				
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	—		
制御装置	移動装置に含む	—		

【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

技術カタログ ベンダリスト(格納容器補修技術)

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
S/C補修ロボット	作動機構	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。	アルファコーネ	
			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	
			ヤマハ発動機株式会社	
			株式会社リバスト	
			OC Robotics	
			Framatome	
			Kuraft Telerobotics	
			Cybernetix	
			DIAKONT/ミルス・システムズ [®]	
	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)	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				
有限会社シスコム				
兵神装備株式会社				
パブ日立工業株式会社				
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				
作業装置	漏えい対象部に対して溶接、注入等により止水補修を行う装置	株式会社 IHI		
		有限会社シスコム		
		兵神装備株式会社		
		パブ日立工業株式会社		
		株式会社明治機械製作所		
止水材、補修材、充填材	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料。	海洋土木株式会社		
		五洋建設株式会社		
		株式会社間組		
		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				

技術カタログ ベンダリスト(格納容器補修技術)

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
S/C補修ロボット	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ベンダリスト(格納容器補修技術)


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
トーラス室壁面 補修ロボット	移動装置	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めの制御装置。	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	
			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	
			朝日音響株式会社	
			HBCラジオマチック・ジャパン	
			ローム株式会社	
			オムロン株式会社	
			有限会社ムシンシステムズ	
			株式会社コンテック	
			日本無線株式会社	
			株式会社ゼルライン・ジャパン	
			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	—	

【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

技術カタログ ベンダリスト(格納容器補修技術)

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
トーラス室壁面 補修ロボット	作動機構	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。	アルファコーネ	
			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	
			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			
	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)	DIAKONT/ミルス・システムズ	
			株式会社NUCRON	
			CENTRONIC Raditec	
			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	
			東芝テリー株式会社	
	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、注入等により止水補修を行う装置	有限会社シスコム	
兵神装備株式会社				
パプ日立工業株式会社				
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）	 <p style="text-align: center;">ガンマカメラを搭載した例</p>	
<p>左右独立駆動型クローラタイプの移動機構。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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、 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		
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																
<p>1. 技術内容（特徴、仕様、性能など）</p> <p>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。</p> <p style="text-align: right;">表. 主な使用（除、送り装置）</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tbody> <tr> <td>最大穿孔能力</td> <td>Φ400mm</td> </tr> <tr> <td>全高</td> <td>1003mm</td> </tr> <tr> <td>ベース横幅</td> <td>176mm</td> </tr> <tr> <td>ベース奥行き</td> <td>275mm</td> </tr> <tr> <td>全ストローク</td> <td>618mm</td> </tr> <tr> <td>モータ込質量</td> <td>31.0kg</td> </tr> <tr> <td>消費電力</td> <td>2500W</td> </tr> <tr> <td>最大入力</td> <td>3750W</td> </tr> </tbody> </table> </div>		最大穿孔能力	Φ400mm	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
最大穿孔能力	Φ400mm																
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																
<p>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）</p> <p>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）</p>																	
<p>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</p> <p>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。</p>																	
<p>4. 開発すべき技術（例）</p> <p>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、無人遠隔操作の装置として組みなおす。</p>																	
<p>5. 備考</p>																	