

SARRY、KURIONからの吸着材採取について


東京電力ホールディングス(株)

2022年3月16日

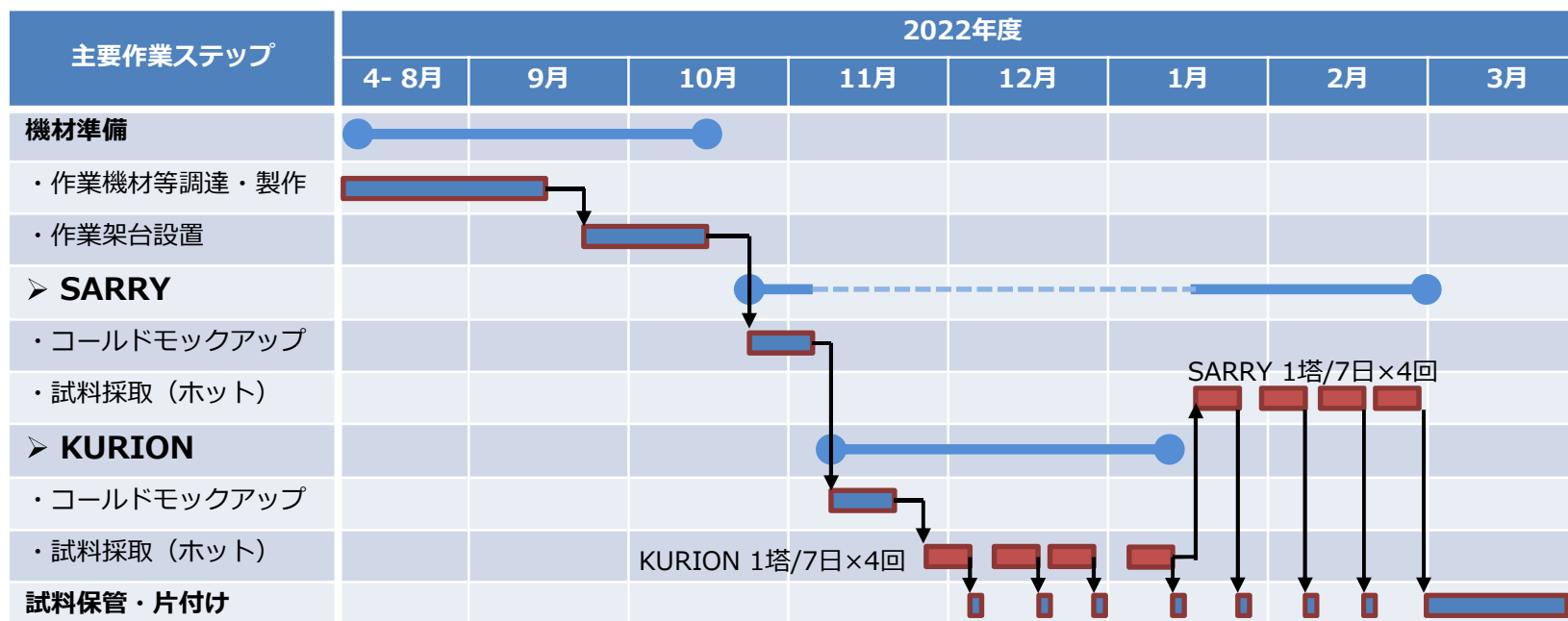
TEPCO

本資料の内容においては、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）の成果の一部を活用しております。

- 1F廃棄物の将来の処理・処分方策の検討には幅広い核種のインベントリー(核種、濃度)情報が必要
 - ガレキ、建屋コンクリート、汚染水処理水、土壌に加え、ALPSスラリー/吸着材(HIC)、除染装置スラッジ、サブドレン吸着材等は採取・分析済
 - Cs、Srのみならず、処分区分(深度)を左右する ^{129}I 、 ^{14}C 、 α 核種等の長半減期/難測定核種の分析が重要

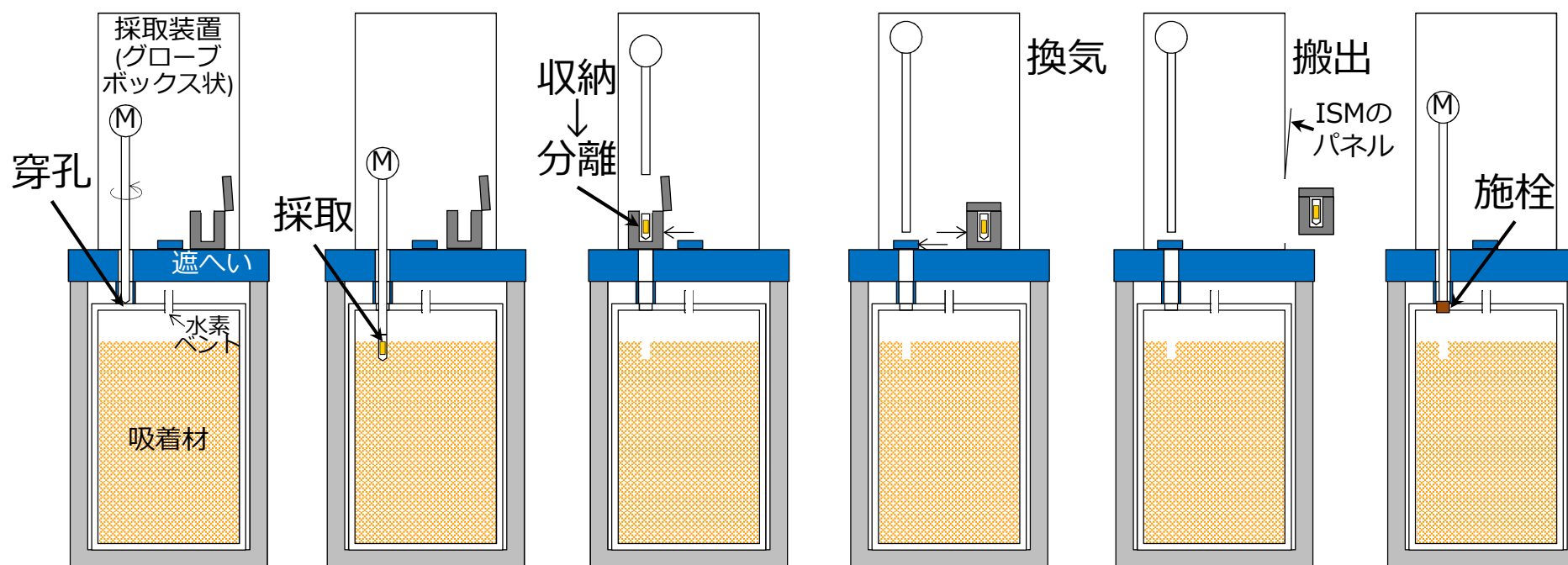
 - 滞留水処理で除去した放射能のうち、Csのほぼ全量、Sr除去運転以降のSrのほぼ全量を保持しているSARRY、KURIONでは吸着材が採取できておらず、データがない
 - 採取が困難な構造、かつ高線量であり人手での接近作業が困難
- 
- データを拡充し、適切な処理方法・処分方法の検討に資する
 - 2016年度以来、廃炉・汚染水対策事業の一環として開発が進められてきた装置で2022年度に吸着材を採取する

- 吸着塔の内容容器(ステンレス鋼製)に開口を設け、サンプリングヘッドを挿入してサンプルを採取し、収納容器に回収する。採取後、開口は施栓する。
- 実吸着塔、実現場でのコールドモックアップを事前に行う。
 - 主たる作業者は事前に構外での操作訓練を行う。
 - 吸着塔の取扱いは、通常の水処理設備運転での経験者が行う。
- 採取対象はSARRY、KURION。下図は各4基の例。



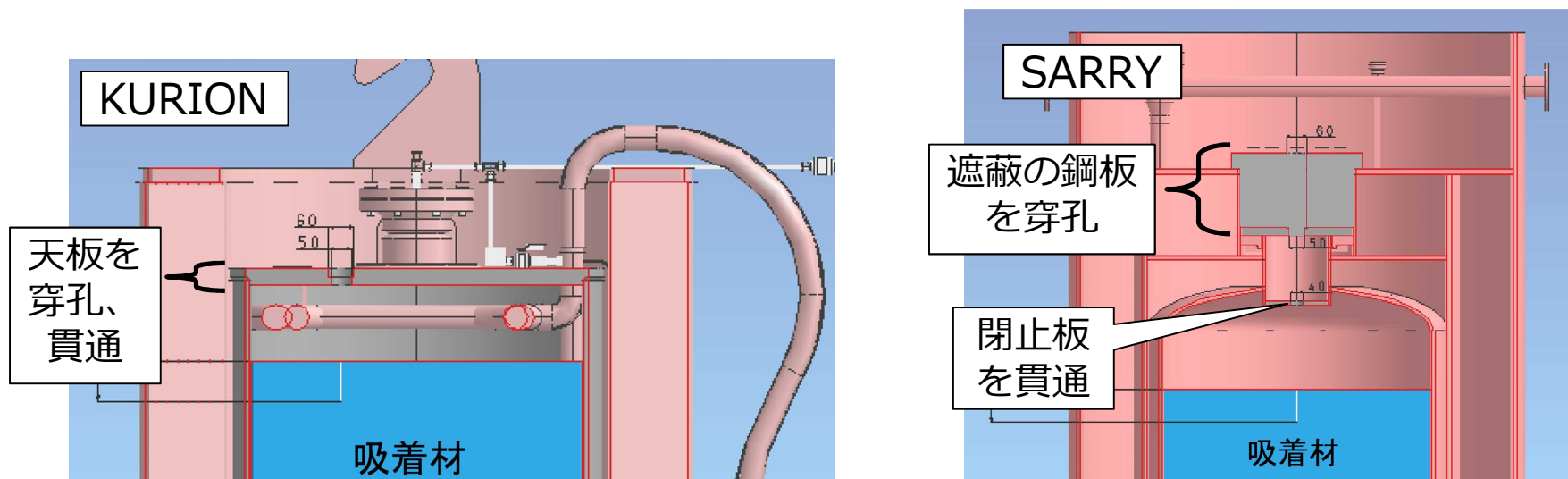
- サンプルは一時保管のうえ、JAEA施設等に運搬して分析。

採取の流れ(吸着塔に開口を設けてから閉じるまで)

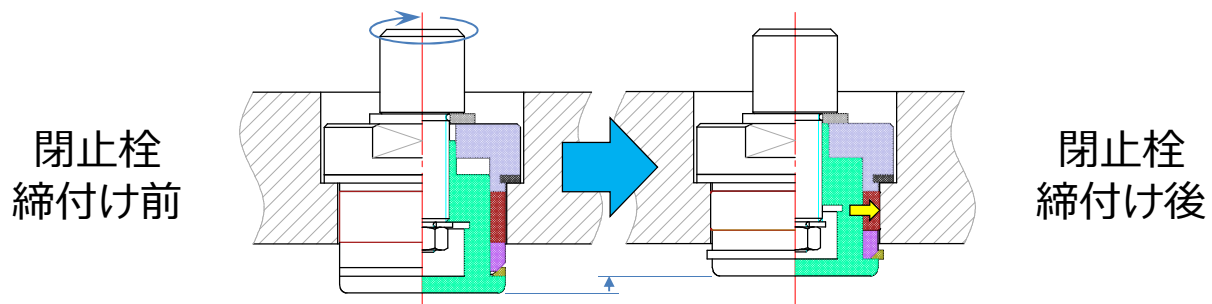


- 採取装置(ISM)にはHEPA経由の排気のみを設けている
- 穿孔部貫通後、ISM内は汚染リスクのある空気が侵入するとして計画
- 汚染拡大リスクの高いサンプリングヘッドの取外し等の作業はグローブポートの長手袋経由で操作
- 容器搬出他でISMのパネルを開ける前に、換気、ダスト測定を実施
- 穿孔貫通～施栓まで約80分（実測。ダスト確認時間を除く）

【穿孔部詳細】 サンプル採取前の穿孔と採取後の施栓

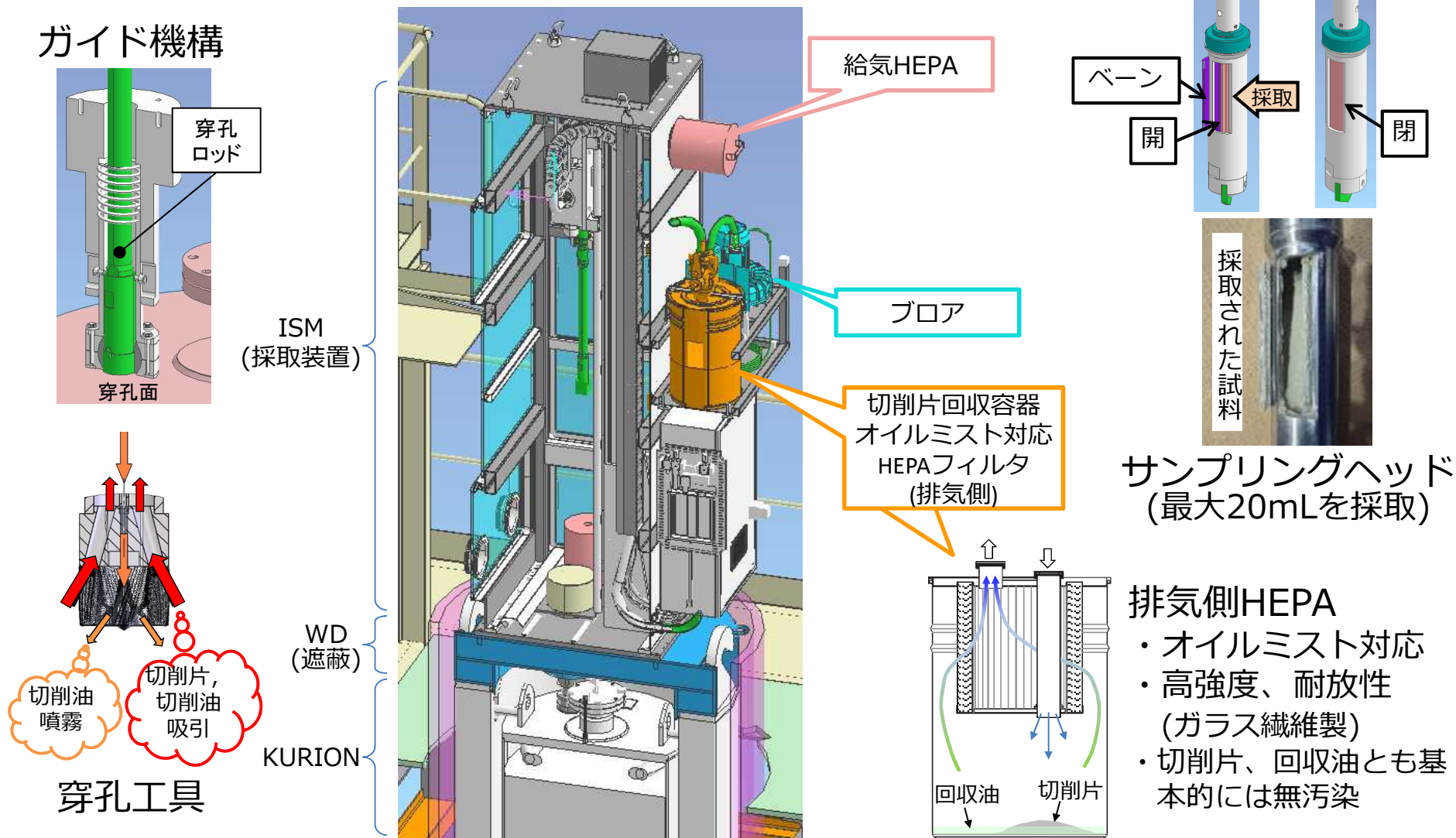


- KURION吸着塔では、天板に段付き孔を穿孔加工し、その開口からサンプル採取を行う
- SARRY吸着塔では、遮蔽鋼板の中央を穿孔して同様の段付き孔を加工し、更にその下の閉止板に開口を設けてサンプリングヘッドを挿入しサンプル採取を行う
- 吸着塔は水素ベント常時開で保管されているため、内部は大気圧である
- サンプル採取後は、段付き孔に閉止栓を取り付ける
- SARRYでは閉止栓上部の、遮蔽鋼板部の孔を鋼材プラグで塞ぎ、遮へいする



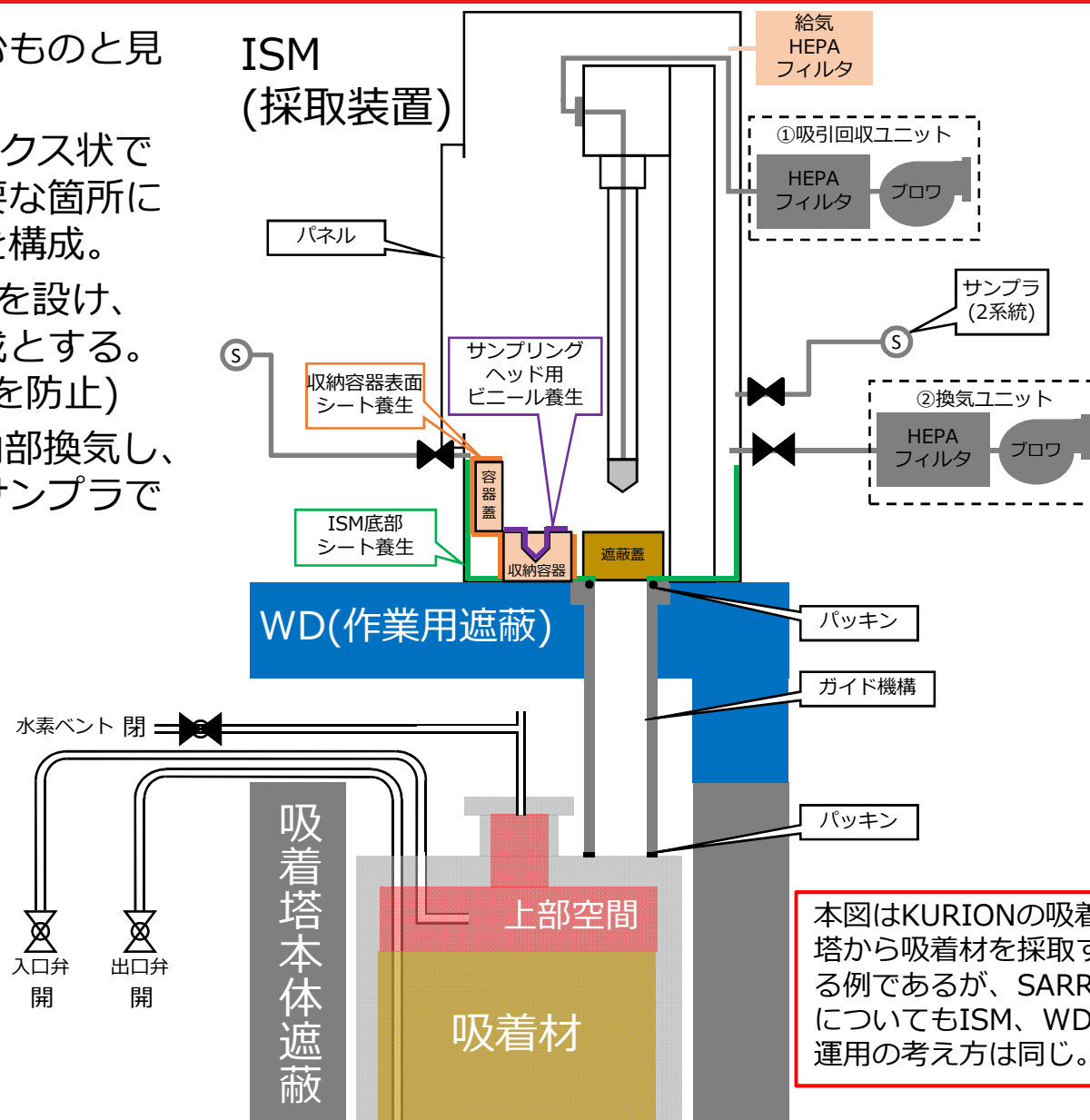
【設備概要】 試料採取装置(ISM)

- 採取作業の人手ミニマム化、汚染拡大防止バウンダリーを確保
- KURION吸着塔上での採取を例示



【設備概要】 放射性ダストの拡散防止

- 吸着塔内の空気はダストを含むものと見做して措置を講ずる。
- ISM(採取装置)はグローブボックス状で気密性のある構造とする。必要な箇所にパッキン等を設けバウンダリを構成。
- HEPAフィルタ経由の排気のみを設け、陽圧になることがない系統構成とする。(吸着塔側VENTからの吹出しを防止)
- ISMのパネル開扉に先立って内部換気し、汚染レベルが下がったことをサンプラで確認してから開とする
- 以後の作業で想定される放射性物質による汚染に対して必要な養生を施す。
- ISMから搬出するサンプルの収納容器は事前養生する。
- 養生の付け外し、その他内部作業を可能とする長手袋を設ける。



【設備概要】 吸引回収(wet)用HEPAフィルタの損傷防止



- 吸着塔穿孔に際して噴霧する切削油および切削片は回収する。
 - 回収は排気側HEPA後段のブロフによる。よってHEPAフィルタにはオイルミストが付着し得ると想定し、オイルミストの存在を前提としたものを選定。
 - 分離エレメントはガラス繊維製。これまでの試験・運転で耐久性を確認済み。

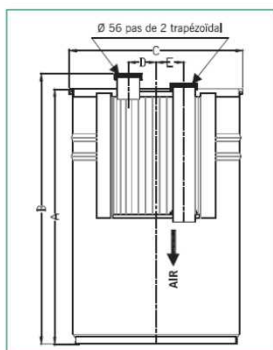
Très Haute Efficacité

BIDONS FILTRANTS DÉCANTEURS



AVANTAGES

- Grande capacité de rétention
- Mobile
- Tenue aux irradiations
- Adaptable sur aspirateur industriel



(カタログ参考記 : [Protection et Sécurité - édition 2012 - France \(doczz.fr\)](http://Protection et Sécurité - édition 2012 - France (doczz.fr)))

アプリケーション: 原子力産業において管理区域内で掃除機や局所換気に適用。

タイプ: デキャンターフィルターキャニスター。

メディア: ガラス繊維紙 (M1 火災分類)。ASME-AG1 に準拠したガンマ線照射に対する耐性。

セパレータ: ガラス繊維。

耐火コーティング: ポリウレタン(火災分類 M3)。

グリッド: 内部および外部保護のための穴あき亜鉛メッキ鋼板。

キャニスター材料: 塗装 (内側/外側) 軟鋼。

ウラニン (蛍光染料) 法浄化係数: > 99,98% (規格 NFX 44-011)。

ウラニン法浄化効率: > 5000 (規格 NFX 44-011)。

最大流量: 公称流量

温度: 連続使用時、最大 80° C (最大ピーク: 120° C、1 時間)。

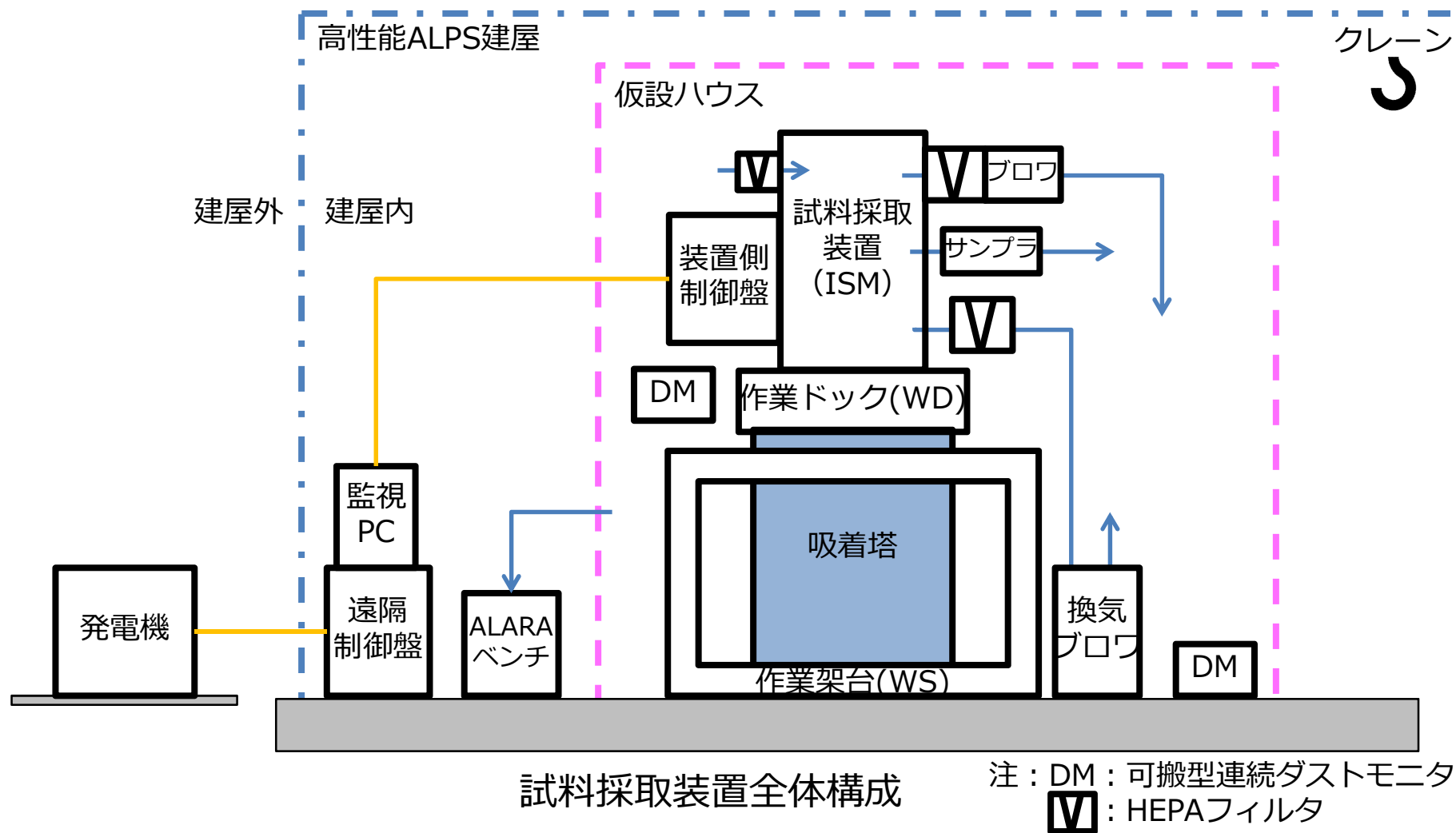
コントロール: 100% オイルミスト。

NOTE: 非常に高汚染のダストの場合、複数の缶を直列配置して構成することが可能。

モデル No.	モデル名	寸法 [mm]					容量 [ℓ]	ウラニン法 浄化効率	メディア表面 積 [m ²]	公称流量/ΔP [m ³ /h/Pa]	最大許容圧力低下 [Pa]	ユニット質量 [kg]	ユニット体積 [m ³]
		A	B	C	D	E							
3261.01.10	フィルターキャニスター 10ℓ	300	340	235	37	37	10	> 5000	2,4	150 / 700	35,000	2,9	0,02
3262.01.10	フィルターキャニスター 25ℓ	370	410	330	60	60	25	> 5000	3,82	200 / 700	27,000	5,4	0,04
3263.05.10	フィルターキャニスター 40ℓ	440	480	375	60	60	40	> 5000	3,82	200 / 700	20,000	6,4	0,06
3263.01.10	フィルターキャニスター 50ℓ	540	580	375	60	60	50	> 5000	3,82	200 / 700	20,000	7,1	0,07

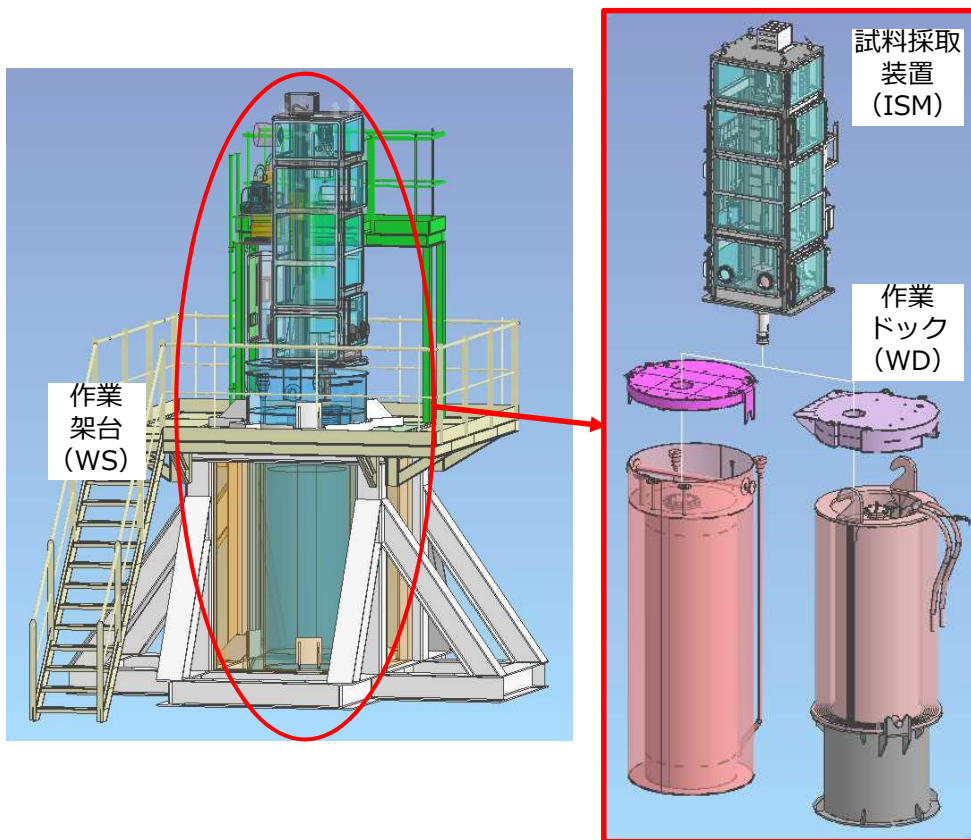


- 高性能ALPS建屋内に作業エリアを構築する。



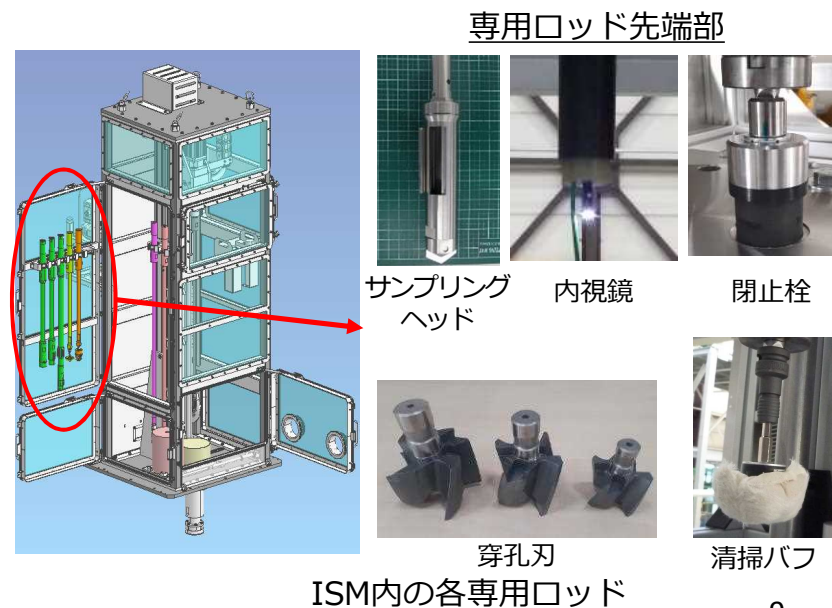
- 吸着塔交換等は、仮設ハウス内のダスト濃度が低いことを確認してから行う。

【装置の概要】 試料採取装置の構成要素と機能

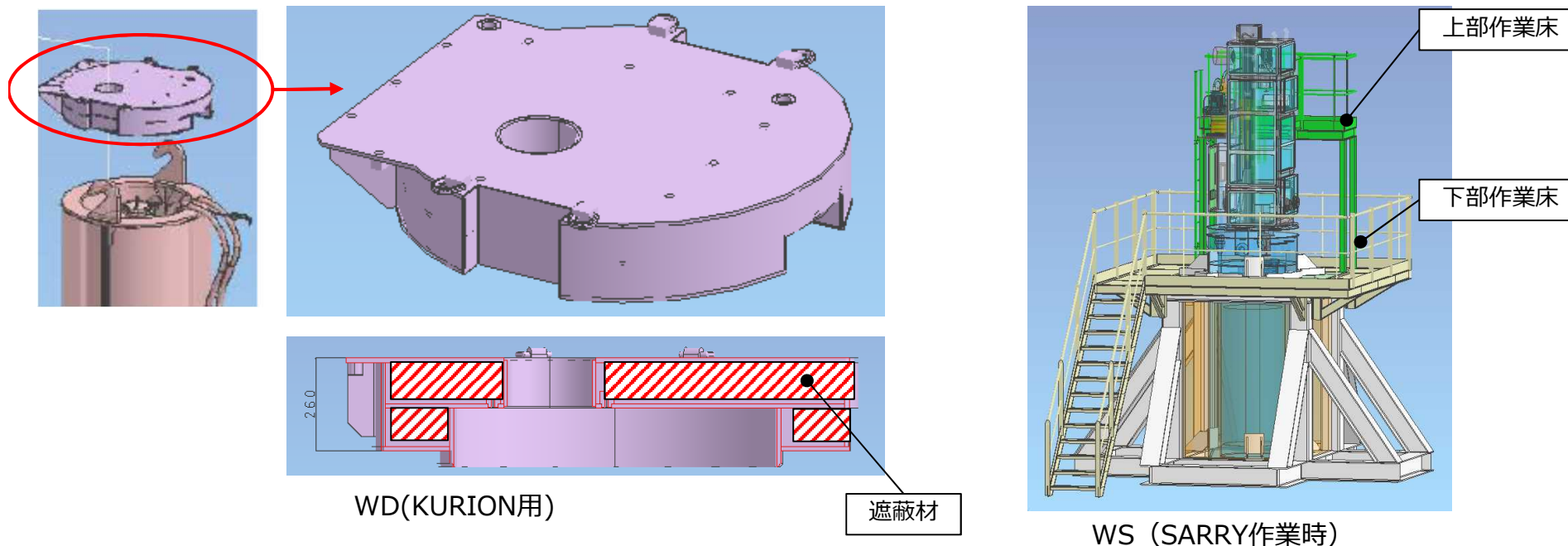


全体構成

構成	概要
試料採取装置 (ISM)	作業ドック上部に本装置を設置し、KURION・SARRY両吸着塔のサンプリングに対応する。「吸着塔の穿孔」「試料の採取」「穿孔部の閉止」のサンプリング一連作業を実施できる機能を有する。
作業ドック (WD)	採取装置を吸着塔に設置するための接続装置である。また、遮へい機能を有し、吸着塔上部からの放射線を遮蔽する。
作業架台 (WS)	吸着塔を安定的に固定するとともに、採取装置周辺での作業床を確保するための専用架台。



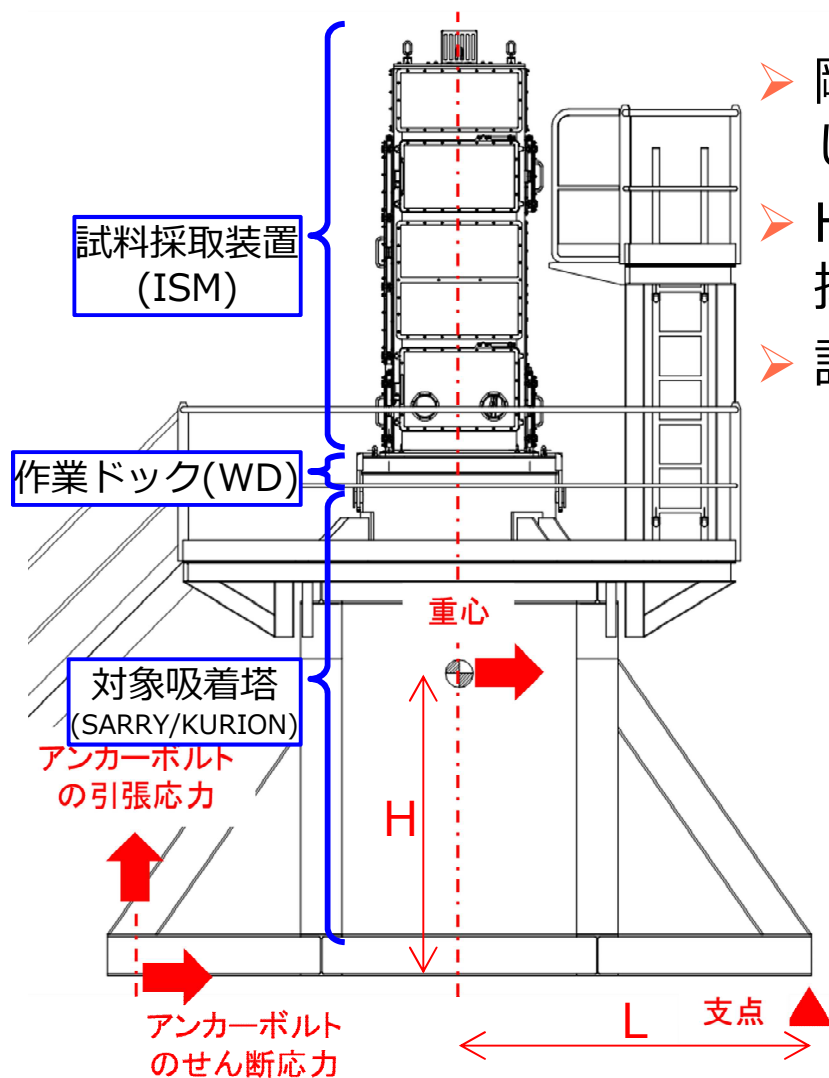
【装置の概要】 作業ドック(WD)、作業架台(WS)



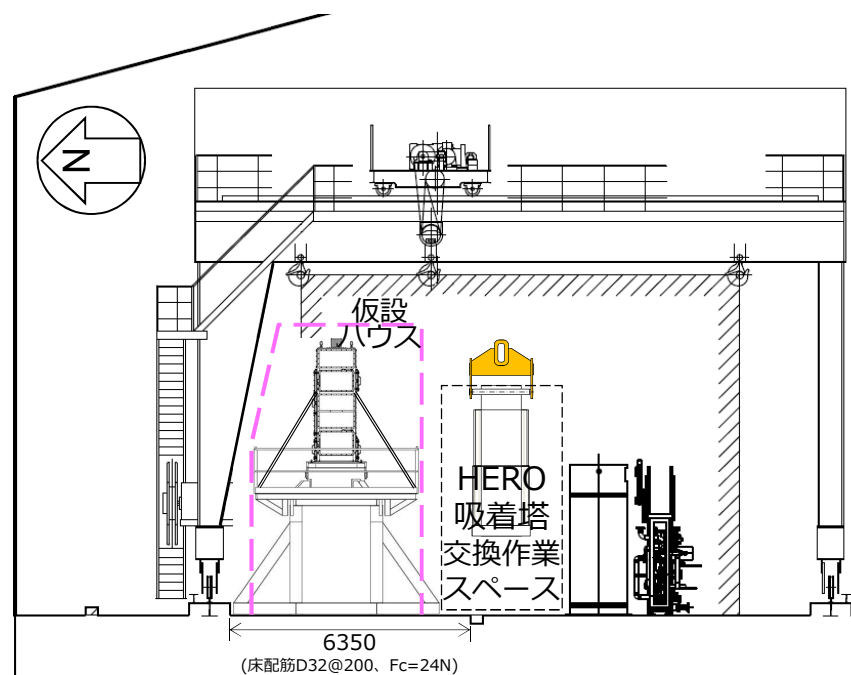
WD、WSの目的、役割

項目	作業ドック (WD)	作業架台 (WS)
目的・役割	吸着塔の上面に設置し、ISMと吸着塔の位置合わせ、および遮蔽体の役割を持つ。	採取作業中の吸着塔の転倒防止、採取装置周りでの作業床としての役割を持つ。
機能	KURION、SARRYで吸着塔上面の構造が異なるためそれぞれ専用設計とする。遮蔽能力、ISM、吸着塔と接続するための、ガイド機構、締結機構を有する。	基本構造はKURION、SARRY共用とし、吸着塔の高さが高いSARRY適用時は、上部構造材を追加する。
設置	天井クレーンにて設置する。遠隔での設置を検討中。	コンクリート床版にアンカーボルトにて固定する

● 耐震性確保(ALPS設備、クレーンを壊さない)+ 汚染拡大防止



- 剛設計。横1Gでアンカーボルト無しでも転倒しない
- HERO/クレーンへの滑動をアンカーボルトで抑止
- 設備の換気HEPA+仮設ハウス+DM^注配置



H<Lとなる架台(WS)設計

(H: 吸着塔、WD、ISM、支持構造物の複合重心高さ)

注: DM: 可搬型連続ダストモニタ

- SARRYのセシウム吸着塔に ^{137}Cs が $5.1\text{E}15\text{Bq}$ 吸着し、充填量を保守的に(少なめに) 1m^3 としてそのうち 20mL を採取するものと設定
 - ^{137}Cs は無減衰で評価。 ^{134}Cs は5.5半減期経過しているため無視する
- 採取サンプル中のインベントリーは ^{137}Cs : $1.02\text{E}11\text{Bq}$
- 取扱い時にこれが無遮蔽となった場合、最寄り敷地境界であるBP70(距離約 400m)への直スラ線影響(QADによる計算値)は $1.14\text{E}-2\mu\text{Sv/h}$
- 事象収束時間(吸引回収あるいは追加遮蔽)を 6hr とすると、線量は $6.84\text{E}-2\mu\text{Sv/事象}$ ($\ll 50\mu\text{Sv}$)
(サンプルは固体であり、グローブボックス状のISM、仮設ハウス、建屋で覆う計画であることから、ダスト成分の放出・取込みは無いものとした)

想定される重要なリスクと対応

No.	想定されるリスク	対応
1	吸着塔内の水素が燃焼する	<ul style="list-style-type: none"> 対象吸着塔の水素ベントから吸引して濃度測定する(吸引ラインにはラインフィルタ装備) 対象吸着塔全数で測定する。水素濃度が高い場合は低下するまで吸引を続ける(抽気継続で濃度低下させる)
2	作業時に発生した放射性ダストが建屋外に拡散する	<ul style="list-style-type: none"> 作業は本設建屋内で実施する
3	作業時に発生した放射性ダストが建屋内に拡散する	<ul style="list-style-type: none"> 試料採取装置にHEPAフィルタ付き排気を設ける 作業エリアを覆うダストモニタ配備の仮設ハウスを設ける
4	HEPAフィルタが損傷してダストが拡散する	<ul style="list-style-type: none"> ミスト回収性能のあるHEPAフィルタユニットを採用する(フィルタエレメントがガラス繊維製) HEPAフィルタ通過排気の放出先にダストモニタを配置する HEPAフィルタ排気先を仮設ハウス内とする
5	周囲の本設設備を損傷させる	<ul style="list-style-type: none"> 高性能ALPS設備及び同クレーン側に転倒・滑動・倒壊せぬよう架台の耐震・強度を確保し、床版に固定する
6	過剰被ばく、汚染取込み等の防止	<ul style="list-style-type: none"> 吸着塔との間に遮蔽床(WD)を設けた上でISMの作業を行う。ガイド機構経由の上向き放射線は遮蔽蓋で塞ぐ 高線量吸着材がISM内にある期間、収納容器に挿入される前の人手作業は不要

- ISMは遮蔽(WD)上に配し吸着塔からの線量を抑制する
 - KURIONで本設蓋とWDを入替える際は離れたところからの無線でクレーン操作を行う。作業視野確保のためのITVを設ける
- 装置の運転・監視は遠方から行う
- 試料の入ったサンプリングヘッドは遮蔽性能のある収納容器内に挿入した後にロッドから切離す
- 収納容器の蓋閉止、養生剥がし等はパネル開放前に実施
- ISMはパネル開放時でも内向き気流となるものとし、有人作業時のマスク等の汚染を防止する
- ISMのパネル開放前にISM内空気のダストサンプリングを行う。
- 必要箇所に可搬式連続ダストモニタを配備する
- 有人作業に携わる作業員は構外及び現地コールドモックアップでトレーニングを行ってからホット作業にあたる
- 現地コールドモックアップでは未通水の実吸着塔を用いて、一連作業で不具合停止(過剰被ばくの元)がないことを確認

被ばく線量推定



- 作業ドック (WD) の設置から、試料採取装置 (ISM) による一連の操作完了までの被ばく線量

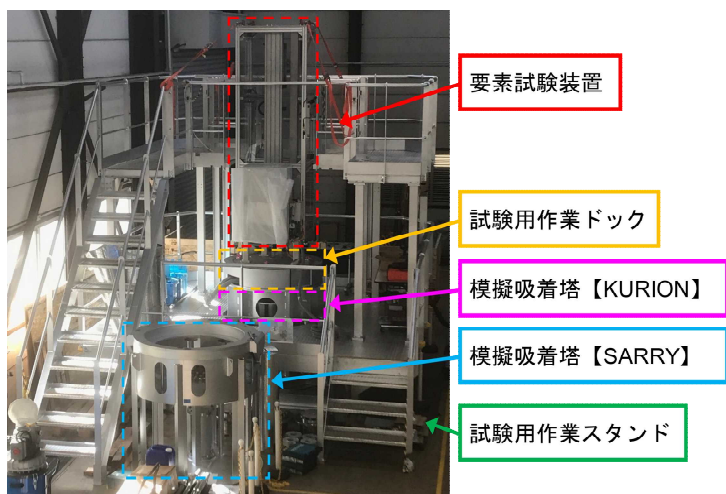
■ : 遠隔自動操作

■ : 高線量試料の接近作業

遠隔運転中も運転時間の20%は装置直近での監視を行うと仮定。



SARRY 吸着塔1基 : 9.4人mSv
KURION吸着塔1基 : 5.5人mSv



SARRY採取作業における被ばく線量 (KURIONについても同様の評価を実施)

作業ステップ	必要時間 (〇時間〇分)	作業係数	作業時間 (〇時間〇分)	時間 (時間)	作業人数	想定線量率 (mSv/h)	被ばく量 (人・mSv)	作業エリア	備考
WDの設置	3:00	1	3:00	3.000	4	0.12	1.440	⑤	ポートカバーの取外しを含む
ISMの設置	1:00	1	1:00	1.000	4	0.12	0.480	⑤	制御盤の接続を含む
レーザー距離測定	0:01	2	0:02	0.033	2	0.12	0.008	⑤	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.12	0.048	⑤	
φ60穿孔	7:00	1	7:00	7.000	3	0.001	0.021	④	自動運転中の遠隔操作員
装置監視	1:25	1	1:25	1.417	1	0.12	0.170	⑤	装置に接近して監視
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.12	0.048	⑤	
レーザー距離測定	0:01	2	0:02	0.033	2	0.12	0.008	⑤	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.12	0.048	⑤	
内面確認	0:10	2	0:20	0.333	2	0.12	0.080	⑤	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.12	0.048	⑤	
φ50穿孔	0:40	1	0:40	0.667	3	0.001	0.002	④	自動運転中の遠隔操作員
装置監視	0:08	1	0:08	0.133	1	0.12	0.016	⑤	装置に接近して監視
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.12	0.048	⑤	
レーザー距離測定	0:01	2	0:02	0.033	2	0.12	0.008	⑤	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.12	0.048	⑤	
内面確認	0:10	2	0:20	0.333	2	0.12	0.080	⑤	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.12	0.048	⑤	
φ40穿孔	0:40	1	0:40	0.667	3	0.001	0.002	④	自動運転中の遠隔操作員
装置監視	0:08	1	0:08	0.133	1	0.32	0.043	⑤-1	装置に接近して監視
ダスト測定	0:20	0.5	0:10	0.167	2	0.32	0.107	⑤-1	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.32	0.128	⑤-1	
レーザー距離測定	0:01	2	0:02	0.033	2	0.32	0.021	⑤-1	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.32	0.128	⑤-1	
内視鏡撮影	0:10	2	0:20	0.333	2	0.32	0.213	⑤-1	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.32	0.128	⑤-1	
試料採取	0:04	1	0:04	0.067	3	0.001	0.000	④	自動運転中の遠隔操作員
装置監視	0:04	1	0:04	0.067	1	3	0.200	at1m	装置に接近して監視
サンプリングヘッド収納	0:03	2	0:06	0.100	2	12	2.400	at0.5m	試料を容器内に自動収納後、側方からの手動操作で切離し、蓋を載せる
ダスト測定	0:20	0.5	0:10	0.167	2	3	1.000	at1m	
容器取出し	0:03	2	0:06	0.100	4	3	1.200	at0.5m	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.32	0.128	⑤-1	
バフ清掃1回目	0:05	1	0:05	0.083	1	0.32	0.027	⑤-1	自動運転、監視
バフ交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.32	0.128	⑤-1	
バフ清掃2回目	0:05	1	0:05	0.083	1	0.32	0.027	⑤-1	自動運転、監視
バフ交換	0:04	2	0:08	0.133	3	0.32	0.128	⑤-1	
バフ清掃3回目	0:05	1	0:05	0.083	1	0.32	0.027	⑤-1	自動運転、監視
ダスト測定	0:20	0.5	0:10	0.167	2	0.32	0.107	⑤-1	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	2	0.32	0.085	⑤-1	
内視鏡撮影	0:10	2	0:20	0.333	2	0.32	0.213	⑤-1	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	2	0.32	0.085	⑤-1	
閉止栓取付	0:02	1	0:02	0.033	3	0.001	0.000	④	自動運転中の遠隔操作員
装置監視	0:02	1	0:02	0.033	1	0.32	0.011	⑤-1	
ツール交換	0:04	2	0:08	0.133	2	0.2	0.053	⑤	
内視鏡による閉止栓撮影	0:10	2	0:20	0.333	2	0.2	0.133	⑤	
ツール取外し	0:04	2	0:08	0.133	2	0.2	0.053	⑤	

9.425
mSv人

注：モックアップで作業時間を計測。
エリア線量率は保守的に設定

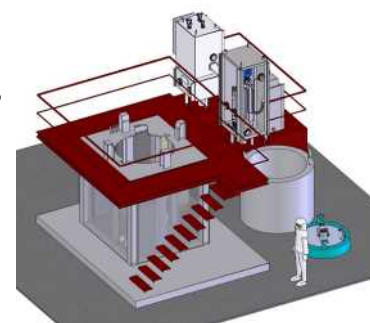
【参考】 サンプリング技術開発経緯

➤ 経緯

IRID研究として、2016年より研究を開始。

2016年

- ・ KURION吸着塔を対象とした概念設計



2016年 KURION概念設計



2017年

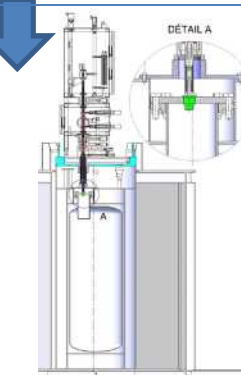
- ・ 採取要素試験装置の設計製作
- ・ 採取予備試験



2017年 採取予備試験

2018年

- ・ 採取予備試験の継続（試料固着等の条件を追加）
- ・ SARRY吸着塔を対象とした概念設計



2018年 SARRY概念設計

2019年

- ・ 試験用総合装置(S-ISM)及び模擬吸着塔の設計・製作
- ・ 穿孔、採取、閉止の一連の要素試験の準備
- ・ 試験計画の策定



2019年 試験用総合装置 (S-ISM)



2019年 模擬吸着塔

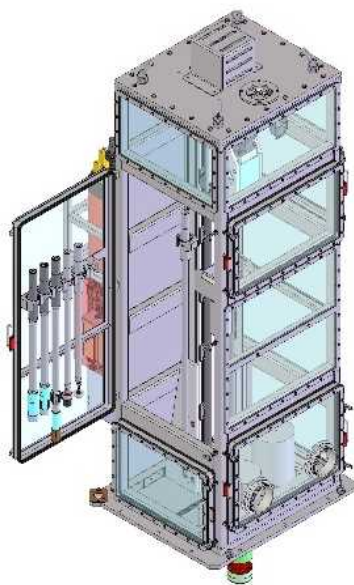
【参考】 サンプリング技術開発経緯

2020年

- ・ 試験用総合装置の製作（2019年より継続）
- ・ 穿孔、採取、閉止の要素試験の実施
- ・ 試験結果の評価

2021年（実施中）

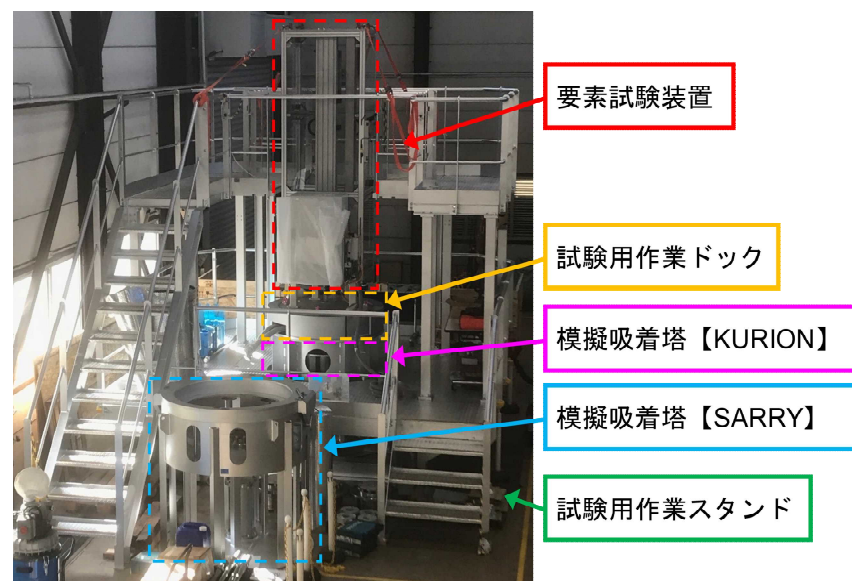
- ・ 試料採取装置等の設計・製作
- ・ 試料採取装置等の性能確認試験（穿孔、採取、閉止等）の実施
- ・ 1Fにおける実試料等の採取計画の策定



2021年 試料採取装置



2020年 要素試験の概要(上)と装置の全体構成(下)



- 使用済み吸着塔内から吸着材サンプルを採取する装置について現場環境での技術検証を行う
- 代表的な吸着材について、サンプル採取を行う

吸着材採取



- 処分重要核種(^{14}C 、 ^{129}I 、等)の合理的な分析方法を開発する
- 吸着材サンプル内の放射性核種に関する分析を行う(2023年度以降。輸送含む)



廃棄物の
性状把握