

高性能放射性物質吸着剤

High-performance radioactive material absorbent

AgR



AgX



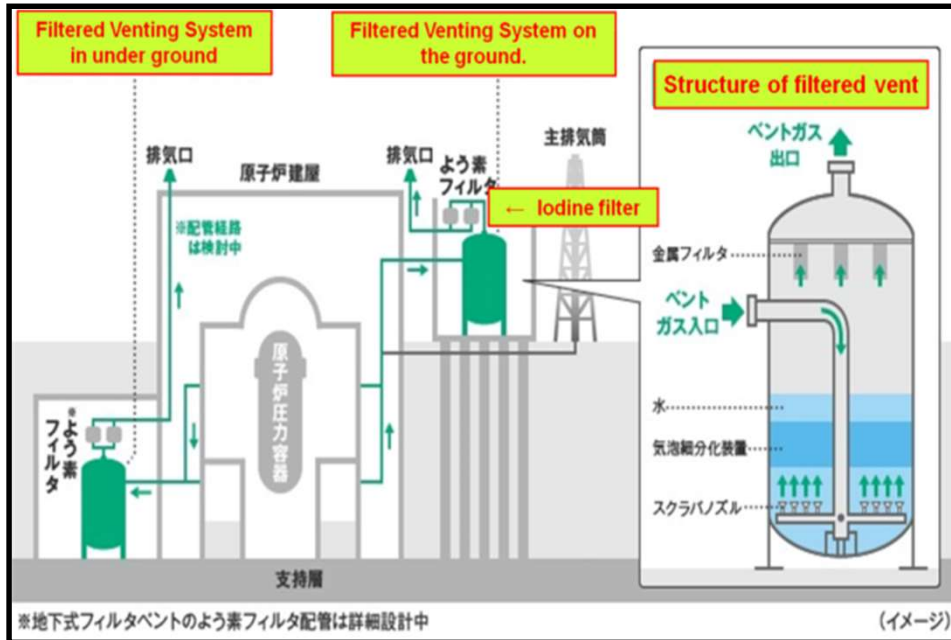
XeA



ラサ工業株式会社
Rasa Industries, Ltd.

まえがき

ラサ工業は、1980年から放射性ヨウ素吸着剤として銀ゼオライト(AgX)を提供して参りました。AgXは当初考えられた合成ゼオライトの中で、一番ヨウ素吸着性能が高いX型を選択した銀ゼオライトです。厳しい条件下で、放射性ヨウ素、特に放射性有機ヨウ素(CH₃I)を除去するのに非常に効率的かつ耐久性が高い事が確認されています。現在、日本の原子力発電所では、フィルタベントシステムの放射性ヨウ素対策として、AgXフィルタを採用いただいております。許認可を含めて既の実績があります。



東京電力が発表した
フィルタベントシステム図



東京電力柏崎刈羽7号機に
搬入されるAgXフィルタ
(柏崎刈羽原子力発電所7号機)

原子力発電
シビアアクシデント
対策

AgX AgR AgXフィルタ

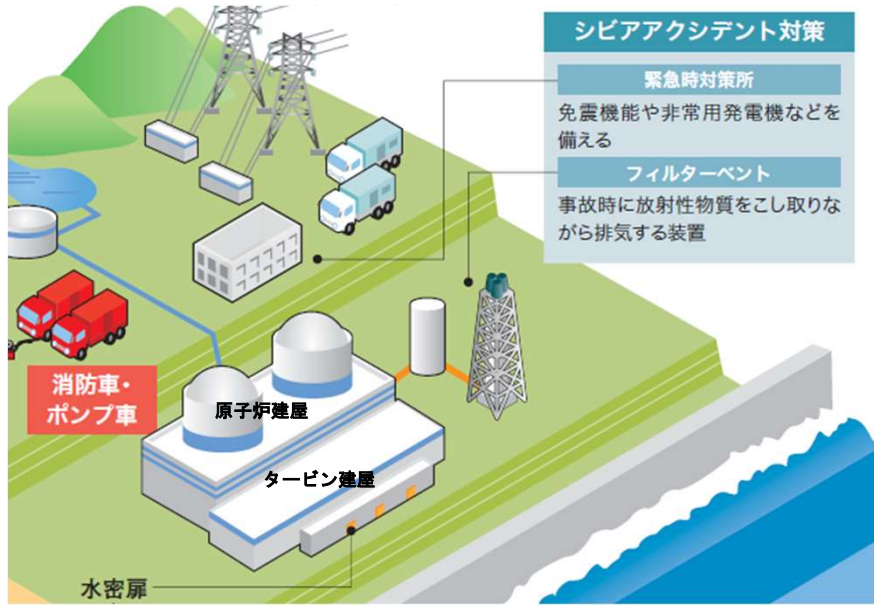
通常、銀ゼオライトは白金(Pt)やパラジウム(Pd)のように、水素と酸素を結び付ける水素触媒反応があります。この水素触媒反応が極めて少ない(Reduce)銀ゼオライトとして、欧州の電力会社の要求に基づいて開発した銀ゼオライトがAgRです。

また、XeAは原子力で唯一対策が難しいとされてきた放射性希ガスであるキセノン(Xe)を吸着できる(Adsorb)特殊な銀ゼオライトです。僅かに発生するクリプトン(Kr)にも効果があることが確認されています。

新規制基準

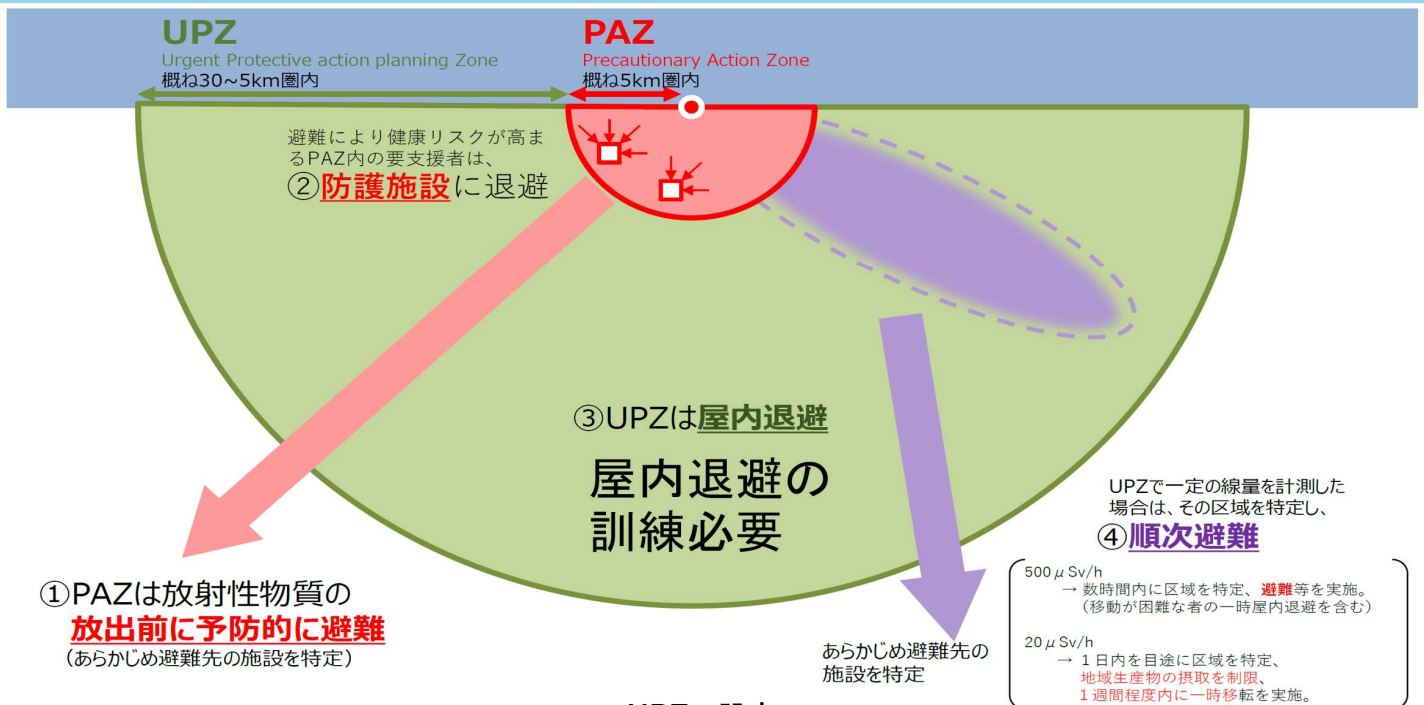
わが国では、福島第一原子力発電所の事故の教訓を生かした新規制基準が策定され、格納容器の過圧破損防止対策として、フィルタベント（圧力の逃がし装置）の設置が義務付けられています。

これにより、事故のリスクを大幅に低減するとともに、立地地域の皆様の安全安心を高め、再稼働の促進にも大変有効であります。フィルタベントの設置により、放射性物質の飛散がなければUPZ圏の範囲内（5～30km）では屋内退避となります。



新規制基準概要
(電気新聞 奈良林直氏 監修)

- **福島第一原発事故以前**は住民避難などの防災対策を検討する範囲は**原子力施設から10Km圏内**だったが、**その範囲を30Km圏内に拡大**するとともに、**原子力施設からの距離**に応じて、即時避難や屋内退避等の**避難の考え方を整理**。
- また、**避難計画の策定**にあたって、自治体任せにせず、**政府が策定支援する枠組みを構築**。



UPZの設定

(フィルタベント 原子力安全の切り札を徹底解説 p222-223 日本機械学会発行)

特徴 Characteristics

- AgXは、放射性ヨウ素の吸着容量が非常に大きく、活性炭の代替などとしては交換の必要がありません。
- 吸着が化学吸着で、阻害される物質が殆んどなく、特定の物質を除去できる特徴があり、過酷事故時の有機ヨウ素などを選択的に高い吸着率で補足することができます。[表1][表2]
- 通常、銀ゼオライトでは吸着が難しいとされる常温領域でも高い吸着率を示します。[表3]

表1 高温、高湿度下でのヨウ化メチル吸着性能

接触時間 [sec.]	ヨウ化メチル吸着率 [%]				
	99°C (DPD 0K)	101°C (DPD 2K)	104°C (DPD 5K)	109°C (DPD 10K)	114°C (DPD 15K)
0.16	99.860	99.922	99.913	99.964	99.990
0.24	99.988	99.995	99.974	99.990	99.998
0.32	99.997	99.999	99.989	99.999	99.999

※TUV（ドイツの評価機関）による放射性ヨウ化メチルを用いた試験結果
DPD (Dew Point Distance 露点温度差) 0K：99°C 相対湿度100%
通常の銀ゼオライトでは、DPD10K以上での利用に限定されます。

表2 高温、高圧下でのヨウ化メチル吸着性能

接触時間 [sec.]	ヨウ化メチル吸着率 [%]
0.246	99.967
0.369	> 99.999
0.492	> 99.999

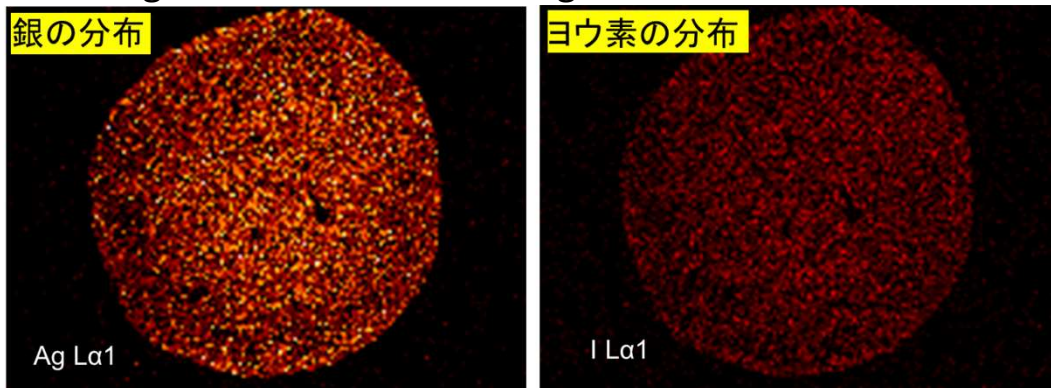
※NUCON社による放射性ヨウ化メチルを用いた試験結果（DPD2Kに相当）
試験条件：130°C、399kPa

表3 常温、高湿度でのヨウ化メチル吸着性能

接触時間 [sec.]	ヨウ化メチル吸着率 [%]			
	相対湿度 95%			相対湿度 70%
	30°C	60°C	90°C	66°C
0.250	98.738	99.685	99.970	> 99.999
0.375	99.850	99.950	99.983	> 99.999
0.500	99.960	99.987	99.995	> 99.999

※NUCON社による放射性ヨウ化メチルを用いた試験結果
原子力用活性炭では、湿度を除去する必要があります。

AgXへのヨウ素吸着の様子（AgXの内部まで均一に吸着）



ヨウ化メチルが吸着したAgXをSEM-EDXで測定（東北大）
銀と同じ位置にヨウ素が存在しておりヨウ素が均一に吸着していることが確認できます

■ AgXは、経年劣化が殆んどなく耐久性に優れています。高温環境（500℃）や100%湿度条件、浸水後などの条件下でも性能の劣化が起こりません。これまで原子力で利用されてきた活性炭などは水分子等の影響を受けることが確認されています。

■ 水素と酸素を結び付ける水素触媒反応が大きいという特徴を持っています。PWRでの利用では、PAR（水素リコンバイナー）の補助的な役割を担うことが期待されています。PARは白金（Pt）やパラジウム（Pd）の水素触媒反応を利用した装置ですが、シビアアクシデント時の放射性ヨウ素や水分による触媒反応の減小が懸念されており、この働きを補助することが期待されています。

■ 高湿度下やヨウ素存在下でも水素触媒反応が確認されています。**[表4] [表5]**

■ シビアアクシデント時に発生するガスの影響が殆んどありません。水素ガス、一酸化炭素、二酸化炭素、窒素、酸素、塩化水素などの影響が殆んどないことが確認されています。**[表6]**

■ 不燃性であり火災等の危険性がありません。

■ 放射性ヨウ素との反応時間が早く、乾燥設備も不要となるため、設備のコンパクト化が可能です。

表4 実際のシビアアクシデント条件下でのヨウ化メチル吸着性能

経過時間 [min.]	ガス組成 [vol%]			AgX 温度 [°C]	ヨウ化メチル 吸着率 [%] ※
	水素	窒素	水蒸気		
0-3	28	60	12	22-70	> 99.6
3-6	28	60	12	70-75	> 99.6
6-9	28	60	12	75-75	> 99.6
15-18	23	53	24	105-115	> 99.6
35-38	5	12	83	140-145	> 99.8

※実際のガス条件を再現した評価。検出下限から算出
AgXフィルタは、常温のまま高温・高湿度のガスを流しています。
結露があっても性能が落ちません。

表5 水素除去性能

試験条件				AgX 温度 [°C]	Results	
湿空気 流量 [ml/min.]	水素 流量 [ml/min.]	接触 時間 [sec.]	入口側 水素濃度 [vol%]		温度 上昇 [°C]	出口側 水素濃度 [vol%]
6600	205	0.87	3.0	75	1	> 1.5
				120	15	< 0.5
				136	17	< 0.5

※ラサ工業での試験結果

表6 共存ガス（CO, CO₂）条件下でのヨウ化メチル吸着性能

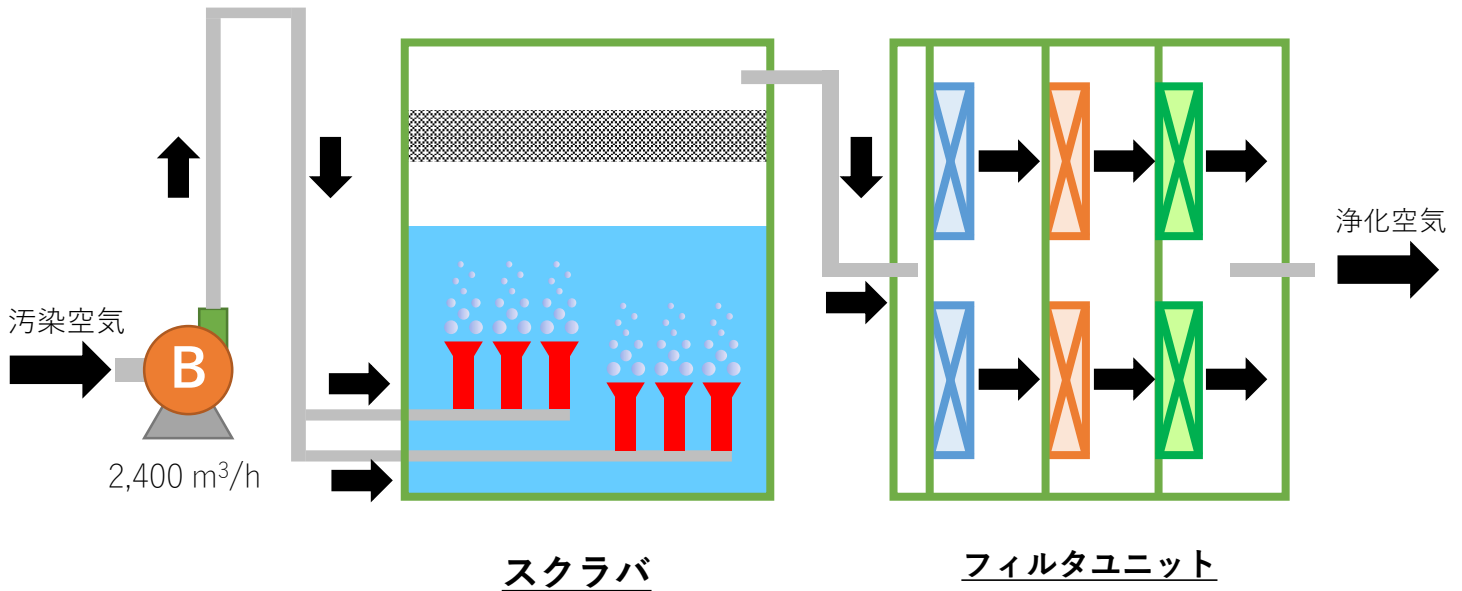
ガス濃度 [vol%]						吸着率 (%)			
窒素	CO	CO ₂	酸素	水素	水蒸気	5分	15分	30分	60分
25.2	3.6	9.5	5.7	1.9	54.1	99.43	99.74	99.97	100.00

試験条件: 140°C, 0.148秒

主な用途
Application

- 1 フィルタベントの放射性ヨウ素除去フィルタ (WETシステム / DRYシステム両方で使用可能)
- 2 フィルタベントの最終フィルタの放射性有機ヨウ素対策
- 3 SGTS / アニュラスの活性炭の代替
- 4 緊急時対策所の空気浄化システム
- 5 自治体原子力防災 (活性炭のような事故時のセットの必要がありません)
- 6 核シェルタの空気浄化システム
- 7 PWRの格納容器内でPARの補助的役割
- 8 BWRのSGTSや原子力建屋の水素爆発防止と放射性ヨウ素吸着剤

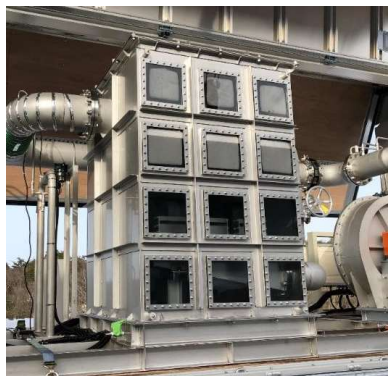
◆緊急時対策所の空気浄化システム 自治体原子力防災向け (イメージ)



トラックに各種技術を集結した設備を設置



空気浄化システム (外観)



スクラバ水槽



フィルタユニット

特徴

Characteristics

■ AgRは、水素と酸素を結び付ける水素触媒反応が殆んどないという特徴があります。PWRでの利用で、万が一水素濃度が非常に高くなった場合でも水素触媒反応が起こらず、過度の温度上昇を防ぎながら、放射性ヨウ素を除去することが可能です。AgXと同様に、PAR（水素リコンバイナー）の水素触媒反応を阻害するヨウ素を除去し、水素リコンバイナーの働きを助ける利用が可能です。[表7]

■ 実際のシビアアクシデント条件で機能することが確認されており、高温、高圧、高湿度の条件下で高い吸着率を示します。[表8]

■ 経年劣化が殆んどなく、耐久性に優れています。高温(500℃)や100%湿度条件、浸水後などの条件下でも性能の劣化が起こりません。通常の銀ゼオライトは、劣化や吸着機能がなくなることが確認されています。

■ 銀ゼオライトでの吸着が難しいとされる、高湿度条件でも高い吸着率を示します。[表9]

■ 不燃性のため、火災等の危険性はありません。

表7 水素存在下でのヨウ化メチル吸着性能

経過時間 [min.]	ガス組成 [vol%]				AgX 温度 [°C]	ヨウ化メチル 吸着率 [%] ※
	水素	窒素	空気	水蒸気		
0-2	10	13	24	53	26-122	99.9
7-9					101-105	> 99.9
15-17					126	> 99.9
30-32					124	> 99.9
60-62					120	> 99.9

※ラサ工業による試験結果（検出下限から算出）

AgRフィルタは常温のまま高温、高湿度のガスを流しています。

結露があっても性能が落ちません。

水素濃度が高い条件でも温度が上昇しないことが確認されています。

表8 高温、高圧下でのヨウ化メチル吸着性能

接触時間 [sec.]	ヨウ化メチル 吸着率 [%]
0.125	99.998
0.187	99.912
0.250	> 99.999

※NUCON社による放射性ヨウ化メチルを用いた試験結果（DPD2Kに相当）
試験条件：130℃、399kPa

表9 高温・高湿度下でのヨウ化メチル吸着性能

接触時間 [sec.]	ヨウ化メチル吸着率 [%]			
	99°C (DPD 0K)	101°C (DPD 2K)	104°C (DPD 5K)	109°C (DPD 10K)
0.16	97.68	99.21	99.45	99.83
0.24	99.54	99.89	99.934	99.979
0.32	99.924	99.985	99.994	99.998

TUV（ドイツの評価機関）による放射性ヨウ化メチルを用いた試験結果

※DPD 0K：99℃ 相対湿度100%

通常の銀ゼオライトでは、DPD10K以上での利用に限定されます。

- シビアアクシデント時に発生する共存ガスの影響が殆んどありません。水素ガス、一酸化炭素、二酸化炭素、窒素、酸素、塩化水素などの影響が殆んどないことが確認されています。[表10]
- 放射性ヨウ素との反応時間が早く、乾燥設備も不要となるため、設備のコンパクト化が可能です。
- 銀使用量が少なく、AgXより経済性に優れています。

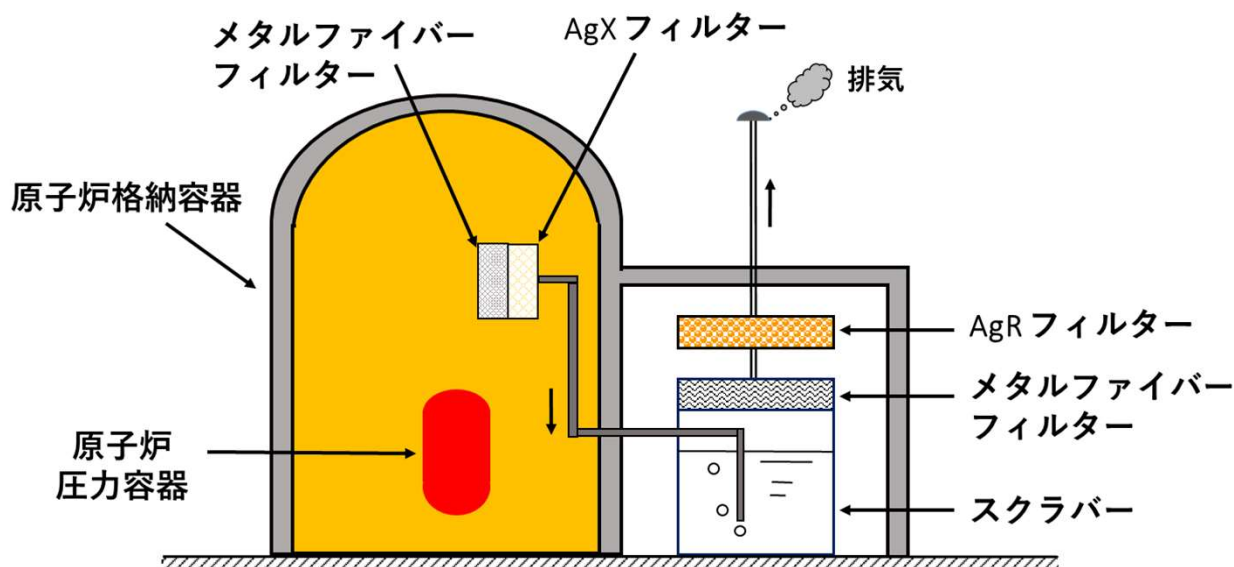
表10 共存ガス (CO, CO₂) 条件下でのヨウ化メチル吸着性能

ガス濃度 [vol%]						吸着率 [%]			
窒素	CO	CO ₂	酸素	水素	水蒸気	5分	15分	30分	60分
19.1	3.7	9.8	4.9	9.8	52.7	98.64	99.57	99.72	99.59

試験条件: 140°C, 0.156秒

主な用途 Application

- 1 フィルタベントの放射性ヨウ素除去フィルタ (WETシステム / DRYシステム両方で使用可能)
- 2 フィルタベントの最終フィルタの放射性有機ヨウ素対策
- 3 格納容器内でPAR (水素リコンビナー) のヨウ素対策
- 4 格納容器内で水素センサーの誤計測防止



フィルタベントシステムへのAgX及びAgRの適用案

XeA

放射性希ガス吸着剤

特徴

Characteristics

- XeAは、希ガスの吸着保持機能が、活性炭を使ったシステムと比べ、コンパクト化が期待されます。
- 乾燥雰囲気では、活性炭の80倍の吸着保持機能があることが確認されています。【図1】
- 高湿度の中でも、希ガスの吸着保持機能が、高いことが確認されています。通常の希ガス用活性炭の場合、乾燥雰囲気では、十分な性能を発揮するには、4.5秒の接触時間が必要とされています。相対湿度100%、接触時間1.53秒、30°Cの条件のもと、キセノン濃度を約40分吸着保持しました。【図2】
- 特に低濃度のキセノンに対し、優れた吸着保持性能があることが確認されています。【図3】
- 不燃性のため、火災の心配がありません。
- 空気浄化システムに利用することで、ほぼ全ての放射性物質を緊急時対策所に侵入させず、緊急時の空気ポンプ等の装備を無くすことが期待されています。

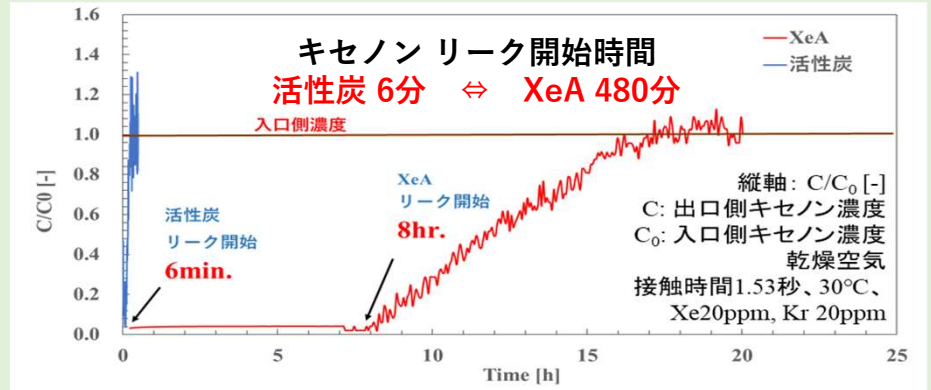


図1 乾燥空気下でのキセノン保持性能

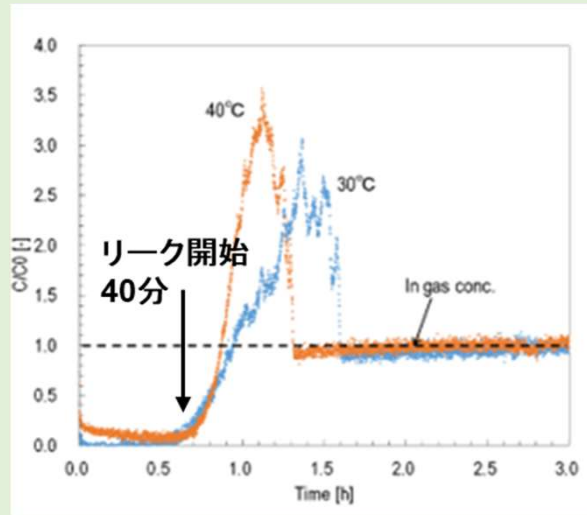


図2 湿空気下でのキセノン保持性能

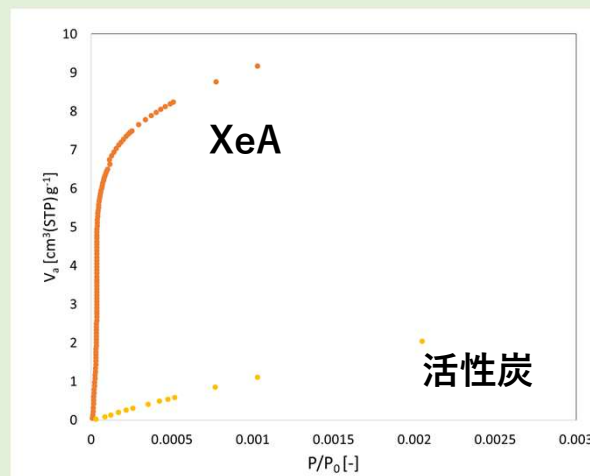
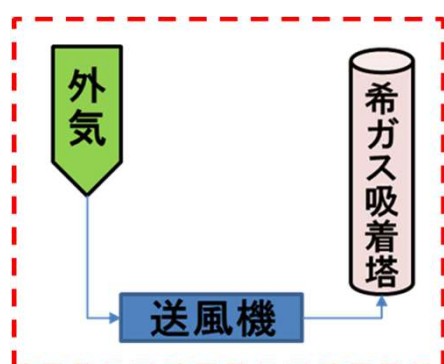


図3 キセノン吸着等温線

主な用途 Application

- 1 シビアアクシデント（格納容器損傷など）の際のフィルタベント起動時の緊急時対策所における空気浄化システム（希ガスの半減期待機の不要化、非常時の空気ポンベの不要化）
- 2 希ガスホールドアップシステムの希ガス用活性炭の代替
- 3 空気浄化システムに組み込み、核シェルターの空調設備
- 4 水爆、原爆等の実験の希ガス捕獲剤

◆緊急時対策所などへの空気浄化システムへの適用

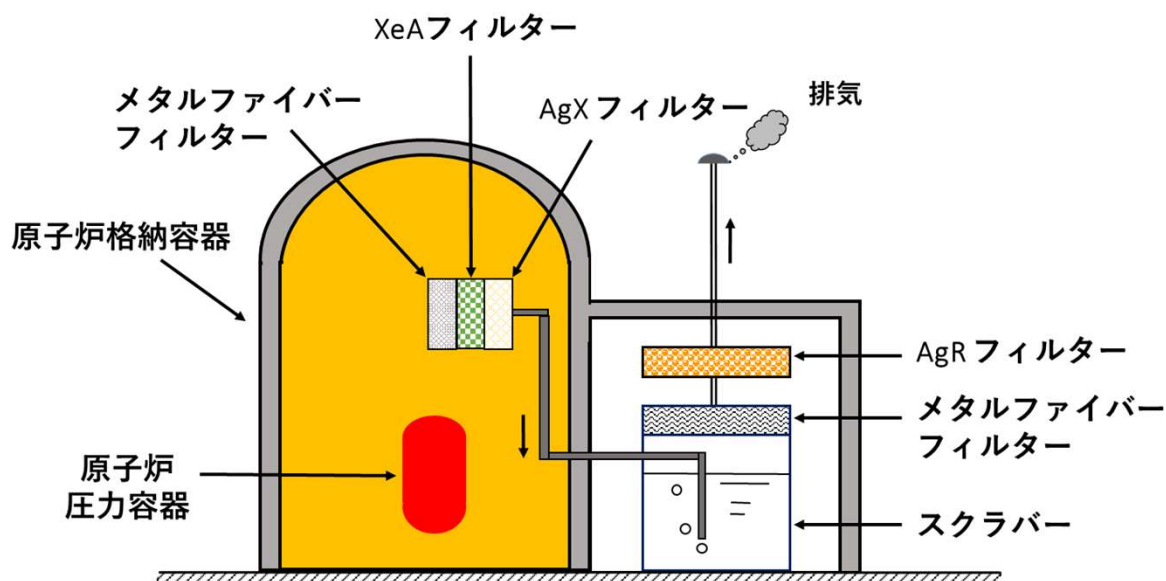


空気浄化システム



緊急時対策所など

◆FCVSへの銀ゼオライト技術（AgX, AgR, XeA）の適用（イメージ）



原子炉格納容器内にAgX, XeAを設置
ヨウ素及び希ガスを除去しFCVSへの負荷を軽減

AgX製品規格

No.	項目	仕様	備考
1	組成	合成ゼオライト	
2	交換金属カチオン	銀 (Ag)	
3	銀成分	≧ 36 %	乾燥基準
4	形状	ビーズ	
5	サイズ	10 × 20 mesh	JIS K 1474
6	充填密度	1.05 ~ 1.15 g/ml	ASTM D - 2854
7	回転強度	≦ 3.0 %	ASTM D - 4058
8	水分含有量	≦ 12 wt%	150 °C 3hr 乾燥
9	圧力損失	0.15 kPa	厚み: 50 mm LV: 20 cm/sec.

AgR製品規格

No.	項目	仕様	備考
1	組成	合成ゼオライト	
2	交換金属カチオン	銀 (Ag)	
3	銀成分	≧ 9.5 wt%	乾燥基準
4	形状	ペレット	
5	サイズ	≧ 98wt% (≧ 0.85mmΦ)	JIS K 1474
6	充填密度	0.80 ~ 0.90 g/ml	ASTM D - 2854
7	回転強度	≦ 3.5 wt%	ASTM D - 4058
8	水分含有量	≦ 10 wt%	150°C 3hr 乾燥
9	圧力損失	0.50 kPa	厚み: 100 mm LV: 20 cm/sec.



連絡先

ラサ工業株式会社 電子材料事業部
〒101-0021
東京都千代田区外神田1-18-13 秋葉原ダイビル
Homepage: <http://www.rasa.co.jp/>
Tel: 03-3258-1842 Fax: 03-3258-1857
Email: koji.endo@rasa.co.jp

三本木工場

〒989-6313
宮城県大崎市三本木音無字山崎26-2
Tel: 0229-52-3811 Fax: 0229-52-3597
Email: yoshihiro.ishikawa@rasa.co.jp



ラサ島

北緯: 24° 27' 57"
東経: 131° 11' 23"