

使用済燃料貯蔵施設における塩分流入低減装置の開発

背景

現在、わが国では、使用済燃料の乾式貯蔵に金属キャスクが使用されているが、経済的に有利なコンクリートキャスクの実用化が望まれている。除熱のために自然換気を利用した使用済燃料貯蔵施設(以下、貯蔵施設)が海岸近傍に立地されると、給気口から流入する海塩粒子が、コンクリートキャスク内に収納されている金属容器(キャニスタ)に付着して応力腐食割れ(Stress Corrosion Cracking ; SCC)を引き起こすことが懸念される。SCC を起こす三要因(材料、応力、環境)の内、環境対策を講じる場合、貯蔵施設の給気口に低圧力損失で高い塩分捕獲率を有する塩分流入低減装置(以下、低減装置)を取り付ける必要がある。

目的

当所が考案した低減装置(図 1)の性能を評価するとともに、実施設への適用可能性を評価する。

主な成果

低減装置を用いた室内試験および屋外での実環境試験を実施することにより、以下の結果を得た。

1. 室内試験

低減装置形状をパラメータとした室内試験を行ない、装置の内部構造および寸法を工夫することにより、既存の低圧力損失フィルタの 1/10 程度の圧力損失で 80%以上の塩分捕獲が可能であることが分かった。ただし、塩分捕獲率は、粒子径に大きく依存する(図 2)。

2. 屋外試験

海岸近傍での三地点(横須賀、新潟、下田)において、屋外試験を実施し、実環境下での気中塩分濃度と塩分捕獲率に関するデータを取得した。飛来する海塩粒子径が相対的に大きい場合は、既存のフィルタの 1/7 の圧力損失の低減装置を用いて、最大 80%の塩分捕獲率を得ることができた。

3. 実施設への設置検討

使用する低減装置形状、海塩粒子の密度および流速に対して、重力沈降で除去可能な粒子径および矩形ダクトの圧力損失を評価できるモデルを構築した。また、貯蔵施設の給気口(図 3)およびコンクリートキャスクの給気口に、本低減装置を取り付けた場合の装置性能を評価した(表1)。

今後の展開

SCC 対策として、環境の塩分を極力低減する装置の実用化を目指し、実環境下での装置性能データの更なる取得・整備を図る。

主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 上席研究員 竹田 浩文

関連報告書 「キャニスタ系使用済燃料貯蔵施設における SCC 対策(その 3)ー塩分流入低減装置の開発ー」
電力中央研究所報告: N08050 (2009 年)

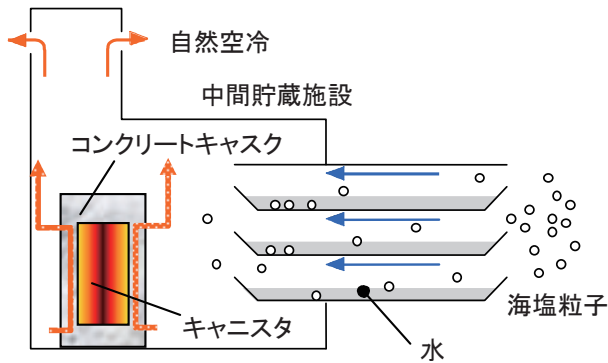


図1 本考案の塩分流入低減方法

中間貯蔵施設の給気口に水を張ったトレイまたは、水で濡らした板を複数設置することにより、施設内に空気とともに流入する海塩粒子を水に溶解込ませて除去する方法を考案した。

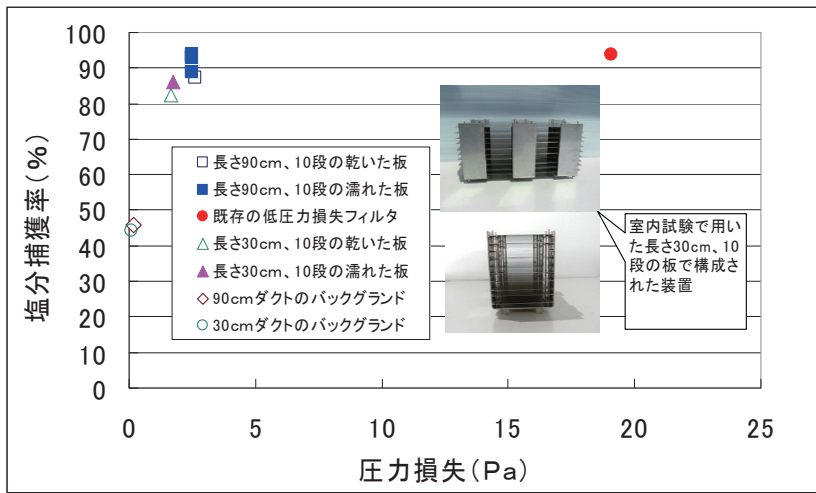


図2 室内試験での装置圧力損失と塩分捕獲率の関係

水平ダクトのテストセクションに多段のステンレス板で構成された本装置を設置して塩粒子の捕獲率および装置の圧力損失を調べる試験を実施した。なお、流速は、貯蔵施設で観測されている 1m/s とした。板の長さ(30cm および 90cm)および多段のステンレス板の乾/湿をパラメータとした試験を実施した結果、本試験条件においては、既存フィルタの 1/10 以下の圧力損失で、80%以上の塩分を捕獲できることが分かった。

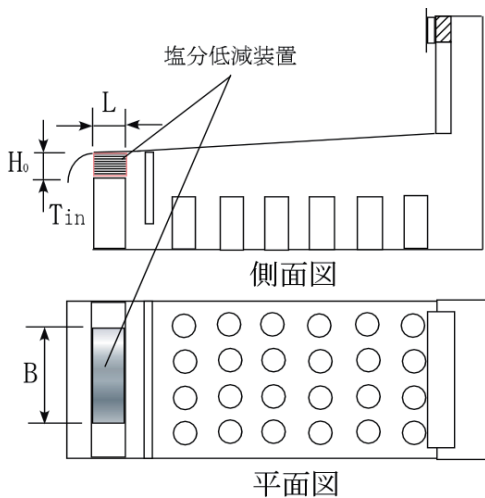


図3 本塩分低減装置を設置した貯蔵施設

貯蔵施設の給気口の水平部分に本塩分低減装置を設置した場合の塩分捕獲率および装置圧力損失を検討した。

表1 貯蔵施設に本塩分低減装置を設置した際の計算結果

板の枚数 (n)	一段当たりの流路高さ: H(mm)	流路内流速: u(m/s)	捕獲可能な粒子径: dp(μm)	流路内のレイノルズ数: Re	装置の圧力損失: ΔP(Pa)	装置の圧力損失係数: ξ _{total}
5	559.5	0.785	84	5.6E+04	0.01	0.04
10	279.5	0.785	60	2.9E+04	0.03	0.09
20	139.5	0.787	42	1.4E+04	0.08	0.21
28	99.5	0.788	36	1.0E+04	0.12	0.32
40	69.5	0.790	30	7.3E+03	0.19	0.50
50	55.5	0.791	27	5.8E+03	0.25	0.67
60	46.2	0.792	24	4.9E+03	0.31	0.84
70	39.5	0.794	23	4.2E+03	0.38	1.02
80	34.5	0.795	21	3.6E+03	0.45	1.22
90	30.6	0.797	20	3.2E+03	0.52	1.42
100	27.5	0.798	19	2.9E+03	0.31	0.83

図3において、 $H_0=2.8\text{m}$ 、 $B=12\text{m}$ 、 $L=2\text{m}$ 、板の厚さ ($H_t=0.5\text{mm}$)、流入流速 ($U_0=0.784\text{m/s}$)、飛来塩分濃度 3.5%とし、本塩分低減装置を構成する板の枚数(n)をパラメータとして計算した結果、28枚の板を設置することにより、捕獲できる塩分粒子径は $36\mu\text{m}$ 以上であると評価された。なお、この場合の圧力損失係数は、0.32 となり、除熱上問題がないものである。