

ゼオライト土嚢等処理設備の進捗状況について

2025年7月8日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

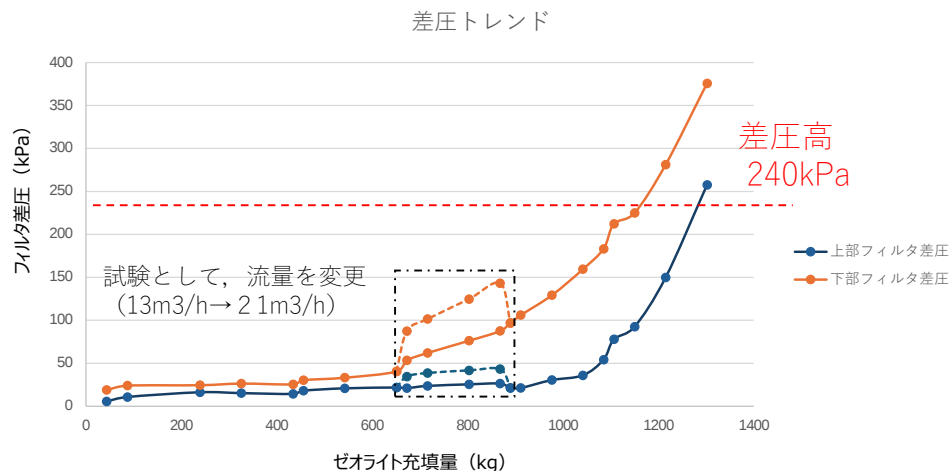
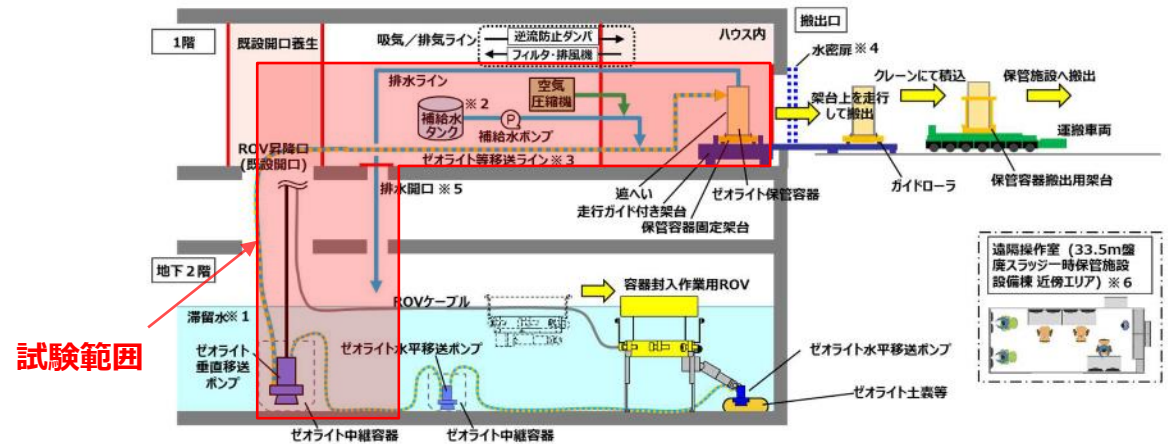
1. ゼオライト保管容器のモックアップ試験時に確認した差圧上昇について

- ゼオライト保管容器を満充填するモックアップ試験※を実施していた際、充填途中にフィルタ差圧が大きく上昇し、満充填前に設計差圧超過を確認。

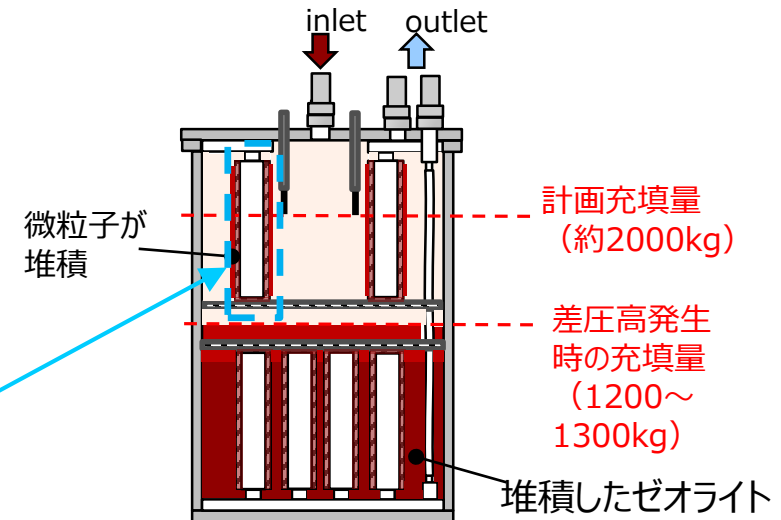
（満充填は約2000kgだが約1200～1300kgで差圧高警報が発生。

※ 垂直移送ポンプからゼオライト保管容器へ、ゼオライト粒子、スラッジ（砂・酸化鉄）を模擬した混合物の移送試験。

- フィルタ差圧を上昇させている付着物を分析した結果、ゼオライトであることを確認。



取り出したフィルタの状況
（赤色は酸化鉄）



差圧高が発生したゼオライト保管容器

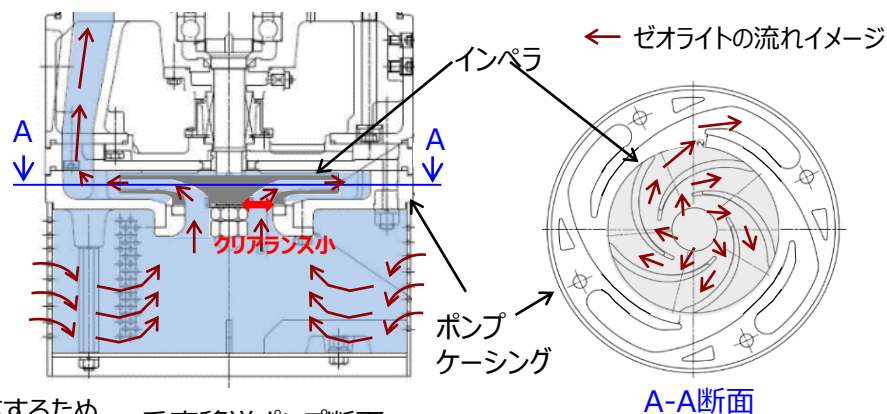
2. 容器封入作業モックアップ試験時のゼオライト細粒化の原因と対策

<推定原因>

- ゼオライト垂直移送ポンプによる細粒化と推定。
 - 当該ポンプを用いた検証試験を行った結果、ゼオライト粒子の細粒化を確認。
 - 当該ポンプは極力高い揚程※¹を稼ぐため、ポンプ内のインペラとケーシングのクリアランスが小さい型式を採用しており、ゼオライト移送の際、摺動するインペラ等と衝突する回数が多く発生したと推定※²。

※¹ 系統圧力損失（主に配管の圧力損失とゼオライト保管容器のフィルタ差圧）に対応するため。

※² 垂直移送ポンプ以外（水平移送ポンプや集積作業用ポンプ）については、インペラとケーシングのクリアランスが比較的大きい型式を採用しており、有意な細粒化事象は確認されていない。

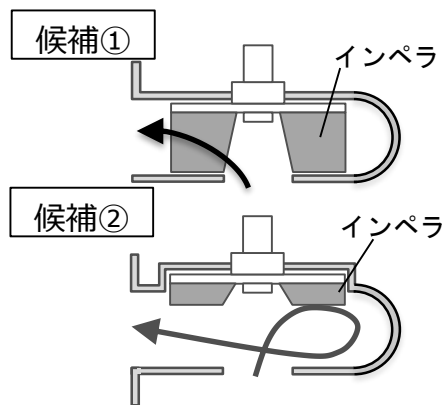


垂直移送ポンプ断面

現状の垂直移送ポンプ構造

<対応策>

- 現状のままでは、ゼオライト保管容器の満充填まで回収出来ない可能性があり、水処理廃棄物の保管容器が増えてしまう懸念があることから、ゼオライト垂直移送ポンプの見直し（インペラとケーシングのクリアランス、または流路（断面積）が大きい型式への見直し）を対応策等の検討を進めていく。

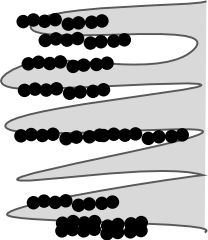


垂直移送ポンプの見直し案

【参考】ゼオライト保管容器フィルタ堆積物の調査

- フィルタ差圧を上昇させている付着物（フィルタ深部の付着物）を分析した結果、ゼオライトであることを確認。
（酸化鉄（赤錆）は、差圧上昇の主要因でないことを確認）

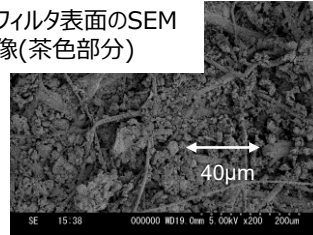
差圧上昇は
細粒化した
ゼオライト
による



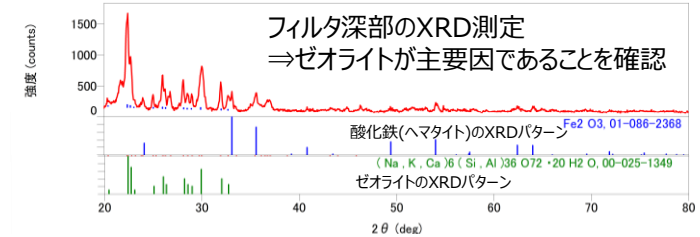
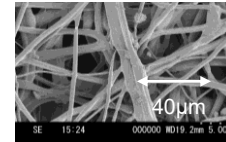
フィルタ断面拡大イメージ

＜上部フィルタ付着物の分析結果＞

フィルタ表面のSEM
像(茶色部分)

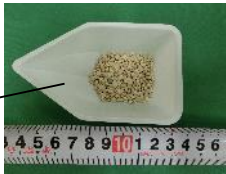


【参考】新品フィルタ

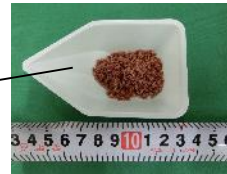


- 試験前後のゼオライト粒子を調査した結果、一回り小さくなっていることを確認

新品ゼオライト



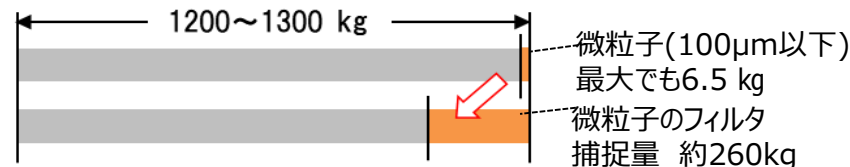
保管容器内部から
採取したゼオライト
(赤色は酸化鉄
の影響)



ゼオライトは、新品（約3mm～0.5mm）に対して
、一回り小さくなっている状況を確認

- ゼオライト保管容器の微粒固形物捕集可能量（差圧を上昇させる微粒子）は約286kgであることにに対し、フィルタに堆積した微粒子の総量は約260kgで、保管容器はほぼ設計通りに機能したことを確認。
- 一方、ゼオライト粒子に付着している微粒子、スラッジ模擬で投入した酸化鉄等の微粒子の総量は約6.5kgと推定され、試験プロセスの中でゼオライト粒子が細粒化されていると推定。

- ① 投入したゼオライト
- ② フィルタに付着した固形物量



移送によりゼオライトが細粒化し、
保管容器内で沈降せずに
フィルタに付着したと推定

3. ゼオライト垂直移送ポンプの見直しについて

- 要素試験の結果、ゼオライト垂直移送ポンプは下記候補②を採用する。
 - ゼオライト粒子の細粒化は候補①も候補②も数%程度であり、他ポンプ（水平移送ポンプや集積作業用ポンプ）と同程度であり、ゼオライト保管容器のフィルタ差圧上昇を大きく抑制出来る見込み。
細粒化割合は候補②の方がより小さく、その効果はより大きいと評価。
 - 候補①も②も配管閉塞を発生させない流量（要素試験において $6.5\text{m}^3/\text{h}$ 以上であれば配管閉塞発生させないことを確認）は確保できる見込みであり、問題ないと評価。
- 候補②を採用し、モックアップ試験等で改めて確認を行っていく。合わせて。インペラの耐久性等も確認していく。
- 今後、実施計画変更申請への影響（主に系統流量）については精査の上、補正申請を行う。

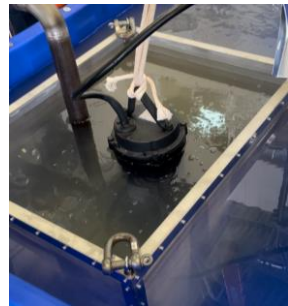
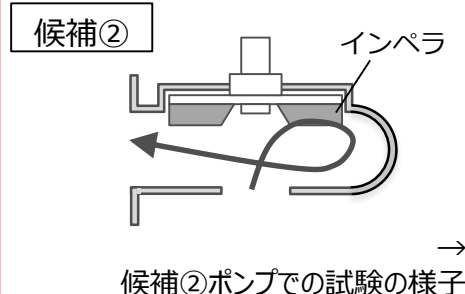
	垂直移送ポンプ（変更前）	候補① ポンプ	候補② ポンプ
細粒化割合※1,2	約20% 約1300kgのゼオライト充填量に対し、約260kgが細粒化	2.6~4.0% 満充填（約2000kg）に対し、最大約80kgが細粒化	1.8~2.2% 満充填（約2000kg）に対し、最大約44kgが細粒化
ポンプ揚程※3	78 m	50 m	41 m
系統流量※4	13 m^3/h ~	10 m^3/h ~	9 m^3/h ~
評価	—	○	◎

※1 ゼオライト保管容器の微粒固形物捕集可能量は約286kgであり、垂直移送ポンプによる細粒化が数十kg程度であれば、他ポンプによる細粒化影響やスラッジ類の影響を加味しても十分に満充填可能と想定。

※2 ゼオライトにおける試験結果を記載。活性炭についても同様の試験を行っているが、細粒化割合はより小さい傾向。候補②は1.4~1.5%。

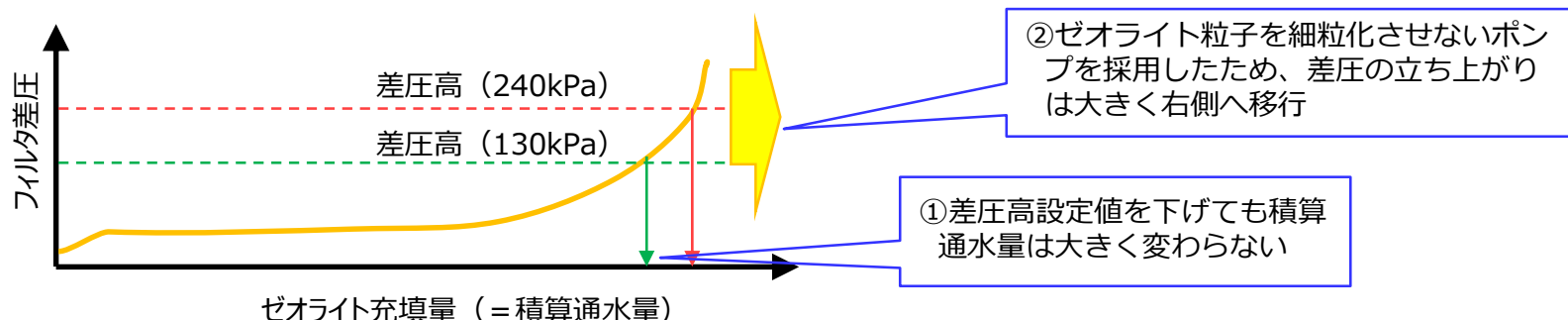
※3 ゼオライト保管容器での設計上の圧力損失（差圧高設定値）の見直し（240kPa → 130kPa）、系統流量の低下に伴う系統圧力損失の低下を考慮し、変更前より数十m低いポンプ揚程の採用可能と判断。

※4 最も系統の圧力損失が大きいケース（配管長が長いPMBかつフィルタ差圧高の状態）での流量を保守的に評価。実際は9~15 m^3/h の範囲になると評価。



■ ゼオライト保管容器のフィルタ差圧

- ① ゼオライト保管容器のフィルタ前後の差圧は、ほとんど初期差圧と変わらない傾向を示す一方、フィルタの捕集可能量の上限近くまで微粒固形物が堆積してきた場合、差圧上昇量が急激に大きくなる傾向（指数関数的傾向）を示すことから、差圧高の設定値を下げても（240kPa → 130kPa）、ゼオライト充填量（積算通水量）に大きな変化はない。
- ② ゼオライト粒子をほとんど細粒化させないポンプを採用するため、差圧は上昇しにくくなる傾向となる。



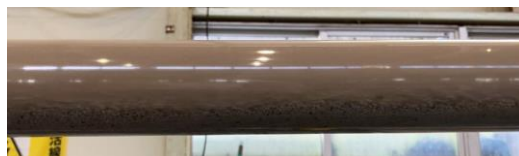
■ 配管閉塞を発生させない流速

- 固液2相流（スラリー）の挙動は管径、濃度、流速等の輸送条件により変化し、下記の理論式⁽¹⁾がある。その結果に応じて、下記3つの相流動様式をとるが、第2、第3相流動様式であれば閉塞なく移送が可能と判断できる。

V_0 : 管内流速

$$V_1 = F_1 \times (2 \times g \times D \times (S - 1))^{1/2} \quad (F_1 : \text{フルード数}, g : \text{重力加速度}, D : \text{管径}, S : \text{比重})$$

- ゼオライトを設計想定 of 3wt% で移送する場合、流速が約0.95m/s、50A配管の流量換算で約6.5m³/h程度の場合が第2相流動様式となり、実際に試験をたところ、配管下部で摺動しながら、流れていく様子を確認されたことから、概ねこの理論式通りの挙動であることを確認。



6.5m³/hでの試験の様子

(i) 第1相流動様式



堆積層を伴う流れ

$$V_0 < V_1$$

(ii) 第2相流動様式



しゅう動層を伴う流れ
(サルテーション流れ)

$$V_0 = V_1 \sim (1.5 - 2.0) V_1$$

(iii) 第3相流動様式



均質流れ



非均質流れ

$$V_0 = (2 - 3) V_1 \text{ 以上}$$

(1) 日本技術経済センタ、スラリー輸送システム
実用化技術資料集（1974）