

水熱分解設備 スラリ供給配管の設置について

4月に発生した水熱分解系統排気のトラブルの原因は、スラリ供給配管内のスラリの堆積・閉塞にあると判明したが、当該設備の運転状況及び、閉塞状況調査結果を踏まえ、これまでのスラリ供給配管の問題点と、新たなスラリ供給配管設置に向けて今後必要となる改善策を以下にまとめた。

1. スラリ供給装置の概要と運転状況

廃粉末活性炭スラリ供給装置は、平成27年度7月の試運転以降、処理を実施してきた。廃粉末活性炭スラリ供給装置の概略系統図を図-1に示す。また、試運転も含めたこれまでのスラリ投入日数と投入量を表-1に示す。

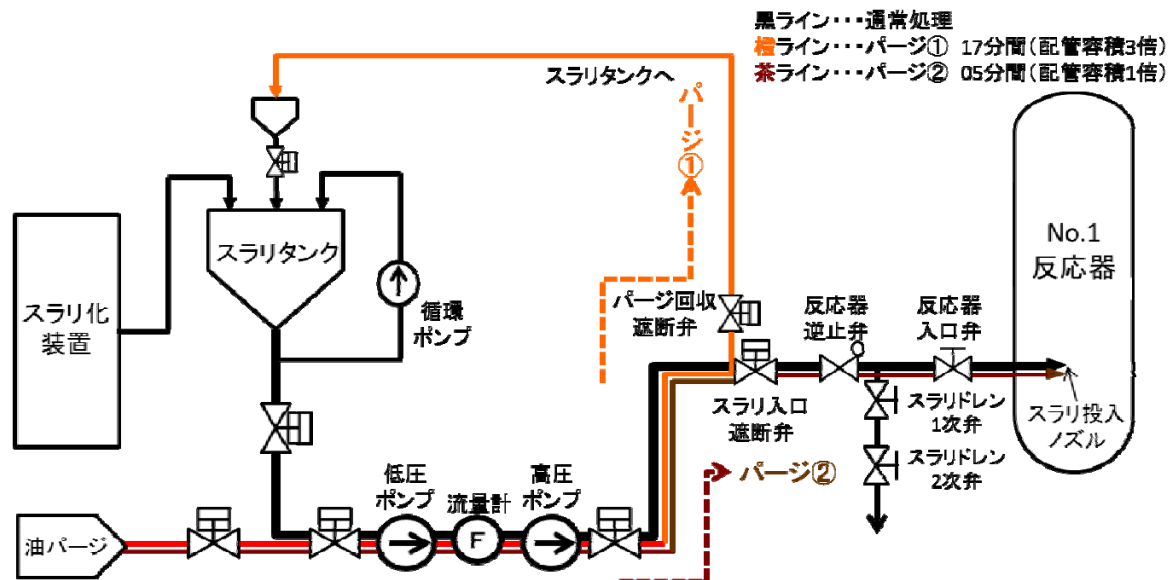


図-1 廃粉末活性炭スラリ供給装置 概略系統

表-1 スラリ投入日数及び投入量

種類	No.1 系水熱反応器		No.2 系水熱反応器	
	投入日数(日)	投入量(kg)	投入日数(日)	投入量(kg)
大阪事業所	76	19,640	56	16,428
北九州事業所	28	6,437	25	4,408
計	104	26,077	81	20,836

2. スラリ供給停止の詳細

No.1 系水熱反応器においては、今回の OLM「高高」トラブルに先立って、スラリ供給において、スラリ高圧ポンプ吐出圧力低下という異常が生じていた(3月24日)。この異常が起こるまでは、スラリ供給(流量及び供給圧力等)に異常は無かった。異常な現象の内容は以下のとおりである。

1) No.1 系スラリー高圧ポンプ吐出圧力低下の内容

1 系において、スラリー供給時にスラリー高圧ポンプの吐出圧力の低下が発生したため、停止時に行うこととしている配管洗浄（パージ作業）を実施してスラリー供給運転を停止した。翌 3 月 24 日に再度スラリー供給操作を試みた結果、高圧ポンプ吐出圧力は正常の値に上昇したものの、スラリー流量が出なかったためスラリー供給運転を停止した。

配管の閉塞が疑われたため、遮断弁近傍のドレン管（1 次、2 次）を開けたが、流れが無く、閉塞が生じていると判断された。

2) No.1 系スラリー高圧ポンプ吐出圧力低下の原因（推定）

スラリー高圧ポンプはダイヤフラム式であり、この異常現象については以下のような現象であったと考えられる。ポンプ内に設けられたボール状の逆止機構に異物咬み込みが生じると吐出圧力の低下を起こすとされており、今回と同様の症状は PCB の供給を行う高圧ポンプ類で経験をしている。

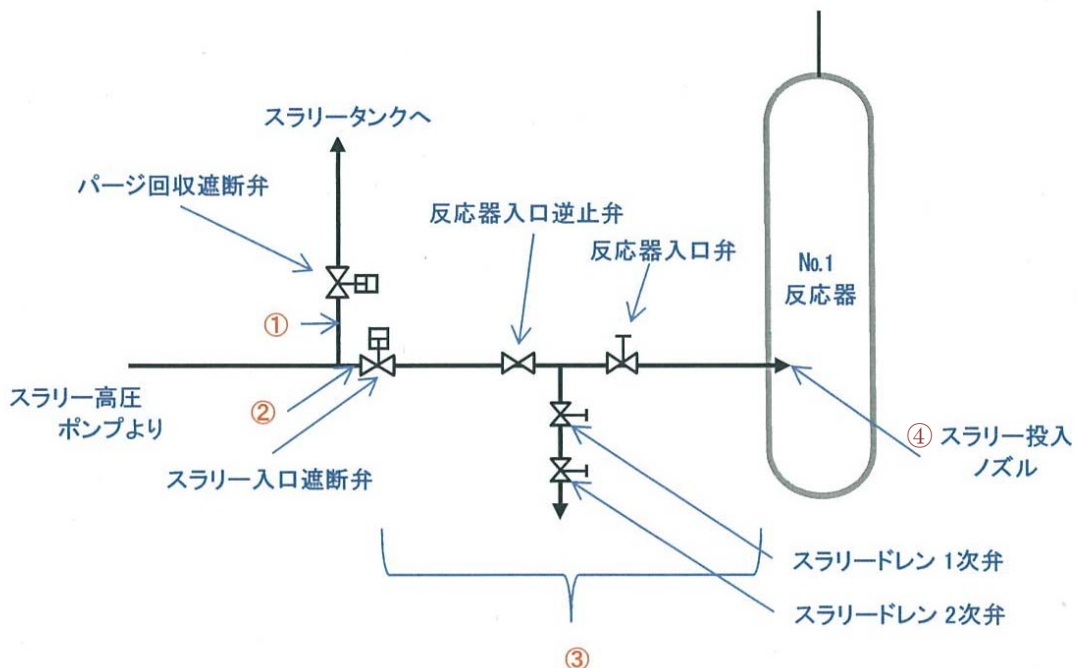
当初、圧力低下が確認されたが、これは高圧ポンプに昇圧不良となる不具合が生じていたことを意味し、原因としてはポンプ内部の機構に異物咬み込み等が発生したことが考えられる。

その後、翌日の再起動時には吐出圧力が正常に復帰したが、停止の際に行ったパージ運転の際には液送先がスラリー投入時と異なり低圧となることから、その際に異物が取り除かれたものと考えられる。

なお、ボール状逆止機構の当たり面に摩耗が確認されたため、これについては継続して観察していく必要がある。

3. スラリー配管閉塞調査

No. 1 系及びNo. 2 系のスラリー供給配管についてスラリー入口遮断弁から反応器までの配管を切断して、内部状況を確認した。また、遮断弁フランジを取外すことで、遮断弁手前の配管についても内部状況を確認した。概略の構成を図－2 に示す。



図－2 スラリー投入配管の概略

1) No.1系の調査結果

No.1系のスラリ供給配管について、各部を切断して15分割とし、内部の詰まり状況の目視調査及び通気確認を実施した。（詳細は図-3参照）なお、配管の材質は水熱反応器直近からNCF690、NCF625、SUS316を使用しており、いずれも15A×sch160の配管を使用、内径は12.3mmとなっている。

上流側のスラリ入口遮断弁からスラリ投入管までの配管及び弁については、スラリの堆積はあるものの、詰り閉塞までに至っておらず通気を確認した。

スラリ投入管（図-2の④）は、通気が無かったため6分割に切断して内部状況を確認した結果、先端部に20mmの硬い固まりで閉塞を確認、その他の部位については、堆積物で詰まっており閉塞ではないが、管壁に隙間が1mm程度しかない物やφ2mm程度の貫通穴しかない状態でほとんど堆積物の詰まっていることが確認された。先端部の閉塞部は、ほとんど閉塞に近い状態であったが、少ない隙間や貫通穴で流量は出ていたが、前述の吐出圧力低下異常で停止して翌日の確認運転までの間に閉塞となったもの、と考えられる。図-5にスラリ投入管の閉塞状況（No.1系）を示す。

なお、この閉塞物は、流動性を失って堆積したスラリ中の廃粉末活性炭である。

2) No.2系の調査結果

No.1系に引き続き、No.2系のスラリ供給配管について、各部を切断して9分割とし、内部の詰まり状況の目視調査及び通気確認を実施した。（詳細は図-4参照）一部に堆積が認められたものの全体として堆積は進んでおらず、スラリの供給は確保されていた。

No.1系及びNo.2系の主要箇所（図-2中の①～④）での堆積・閉塞の結果を表-2にまとめた。

表-2 配管調査結果（No.1系及びNo.2系のまとめ）

	パージ回収遮断弁 （図-2の①）	スラリ入口遮断弁上流側 （図-2の②）	スラリ入口遮断弁下流側 （図-2の③）	スラリ投入管 （図-2の④）
No.1系	【堆積なし】	【堆積あり】 2mm程度の堆積を確認した。	【閉塞なし】 水平部に2～5mm程度の堆積を確認した。	【閉塞あり】 スラリ投入管先端部に20mmの硬い固まりで閉塞を確認した。
No.2系	【堆積なし】	【堆積あり】 1mm程度の堆積を確認した。	【閉塞なし】 わずかに付着はあったが固形物の堆積はなかった。	【閉塞なし】 固形物の堆積・閉塞はなかった。

赤線は、配管切断位置を示す。
 配管は15分割し、①~⑮とした。
 分割した各管について、目視及び通気確認を行った。

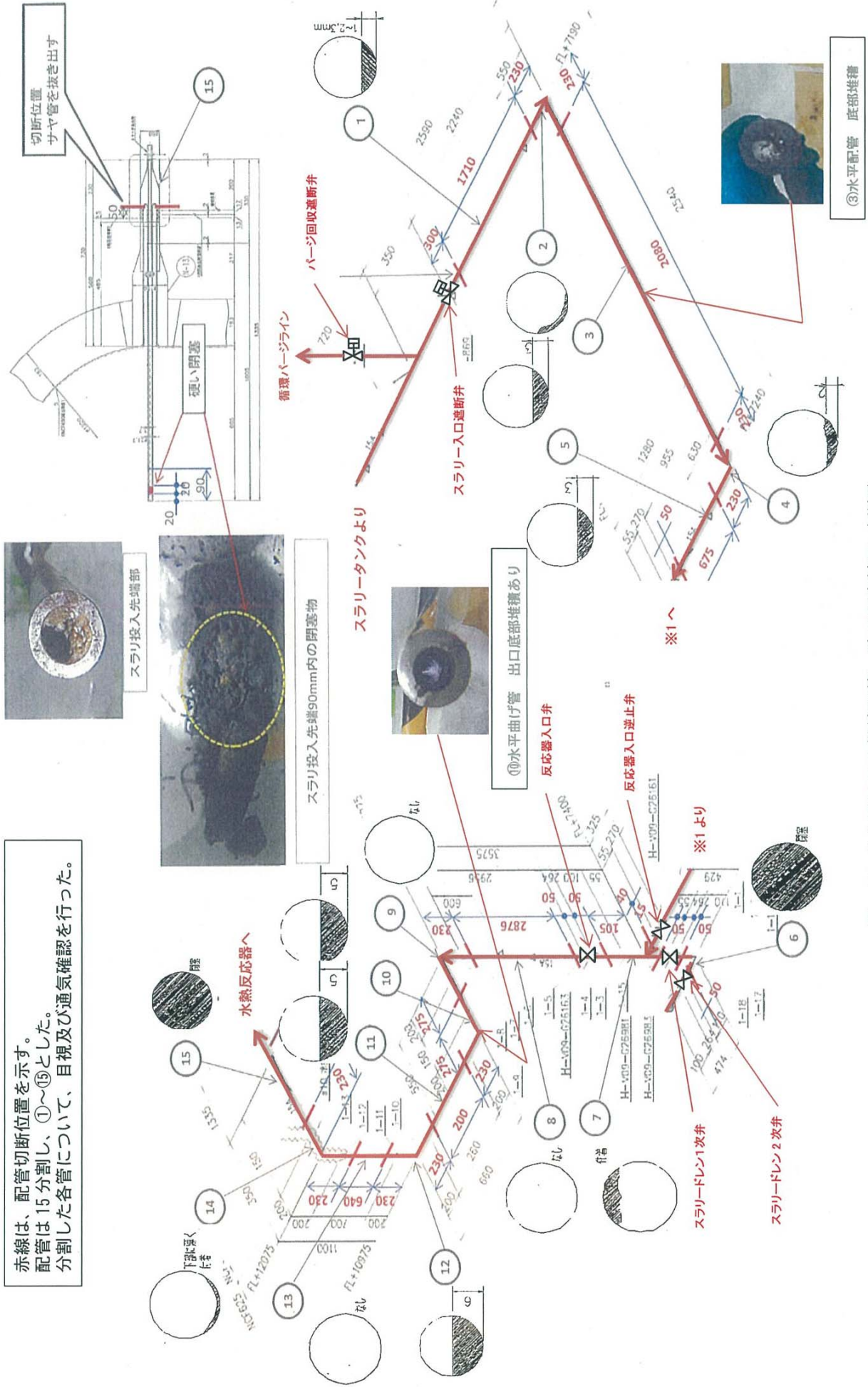


図-3 No.1系スラリ供給配管 詰り調査結果 (詳細)

赤線は配管切断位置を示す。
配管は9分割し、①～⑨とした。
分割した各管について、目視及び通気確認を行った。

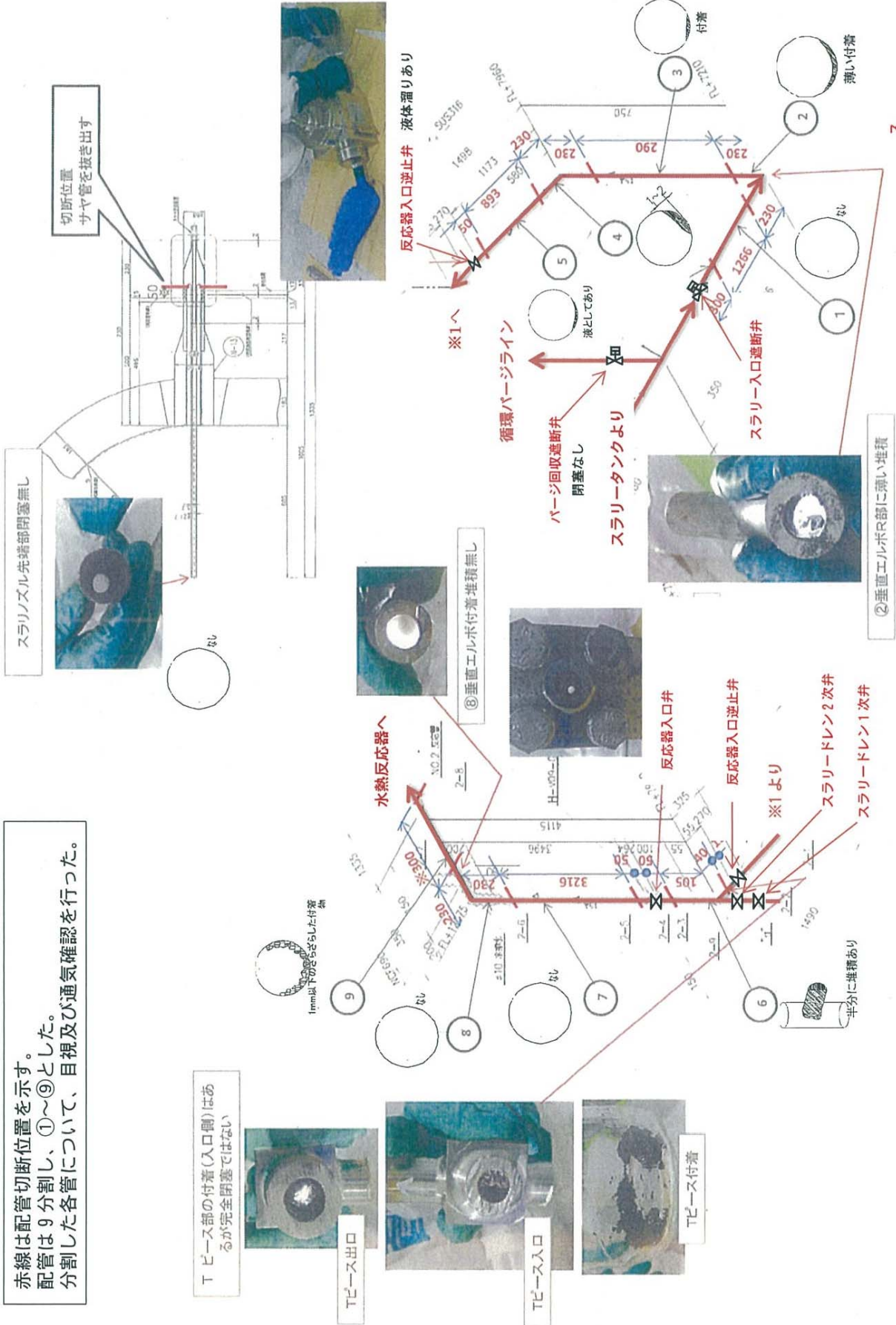


図-4 No.2系スラリ供給配管 詰り調査結果 (詳細)

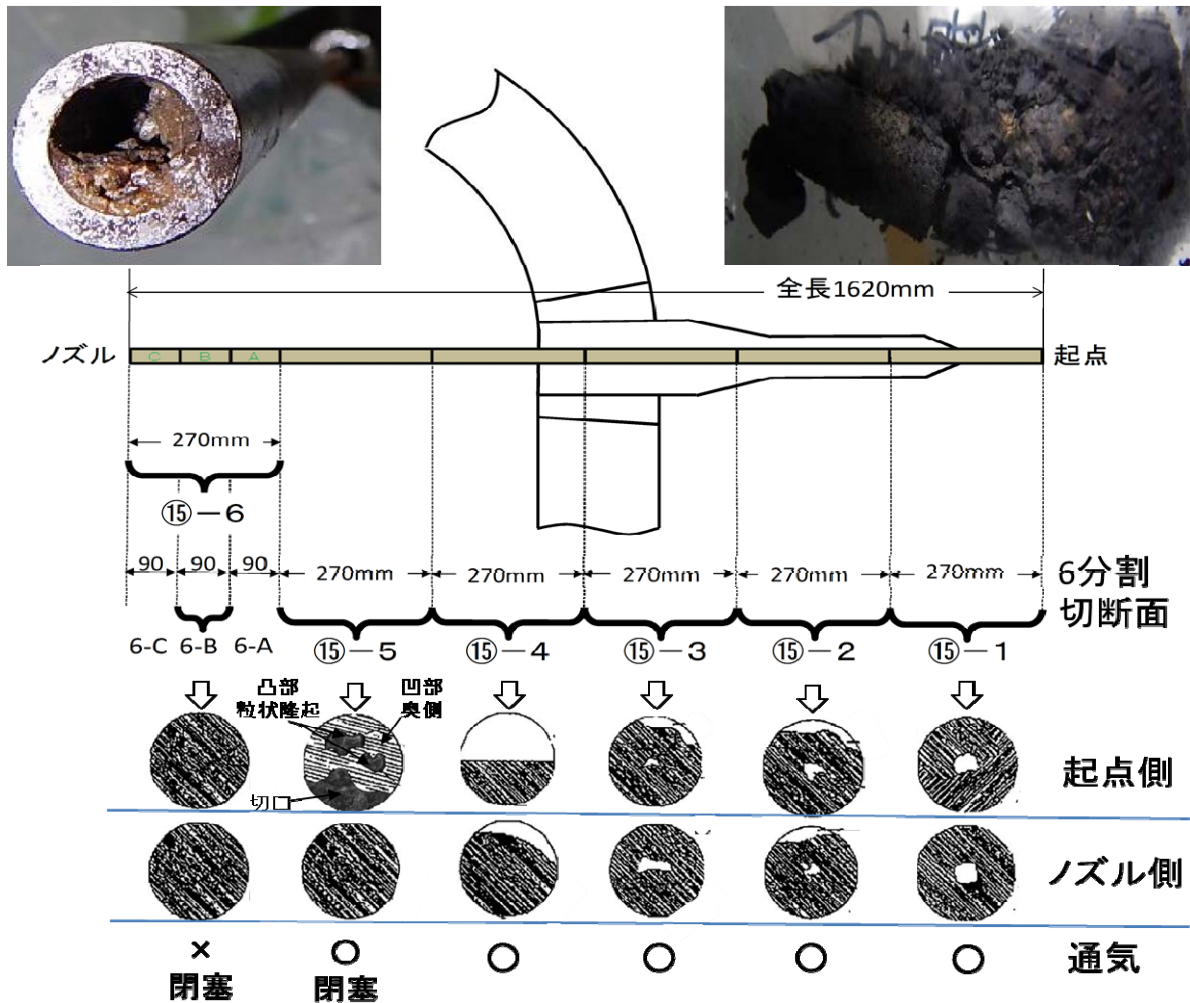


図-5 スラリ投入管の閉塞状況 (No.1 系)

4. スラリ液の調査

トラブル発生時に送液していたスラリ液に、堆積・閉塞をもたらすような性状面での問題がなかったのかを確認するため、スラリタンク内の液の分析を行った。分析の結果を表-3に示す。スラリの性状分析は、各項目で計画値を下回っており、堆積の原因をスラリ性状の変化に帰することはできない。

表-3 スラリの性状

	PCB 濃度 (%)	活性炭濃度 (%)	比重	固形分粒度	粘度(50°C) (mPa·s)
計画値	6~7	24~26	0.9	200 μm以上 4%以下	14
スラリタンク A (北九州)	3.9	20.8	0.92	40 μm全量パス	10.2
スラリタンク B (北九州)	2.9	20.2	0.91	141 μm全量パス	9.8

また、活性炭、希釈油、分散剤(北九州のみ)の調合比率については、スラリ液を静置した時の分散状況を調査した結果、従来より選定している値で問題ないことを確認した。(詳細を表-4に、結果を表-5に示す) なお、この調査により、一旦流動性を失って堆積したスラリは強い粘着性を持ち再流動しにくい性質であることが再確認された。

	調合比率 (wt%)		分散後経過時間												
	活性炭	希釈油	0	1	2	3	4	5	6	8	24				
北九州 No.1	10	0	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	10	90	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	10	85	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	10	80	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	10	70	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	20	0	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	20	80	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	20	75	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	20	70	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	20	60	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	30	0	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	30	70	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	30	65	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	30	60	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	30	50	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
40	0	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
40	60	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
40	55	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
40	50	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
40	40	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
北九州 No.2	10	0	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	10	90	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	10	85	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	10	80	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	10	70	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	20	0	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	20	80	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	20	75	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	20	70	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	20	60	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	30	0	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	30	70	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	30	65	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	30	60	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	30	50	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
40	0	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
40	60	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
大阪 No.1	10	90	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	20	80	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	30	70	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	40	60	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	40	50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
大阪 No.2	10	90	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	20	80	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	30	70	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	40	60	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	40	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

↑ : 選定した調合比率

判定	試料の状態	備考
◎		濁り状態を維持 (透明な層および沈殿は認められない)
○		試料上部に透明な層が認められる (沈殿は認められない)
□		試料上部に透明な層は認められない (試料底部に沈殿が認められる)
△		試料上部に濁りのある透明な層が認められる (試料底部に沈殿が認められる)
×		試料上部に濁りの少ない透明な層が認められる (試料底部に沈殿が認められる)

表-4 スラリ分散状況試験結果 (詳細)

表-5 スラリ分散状況試験結果

	活性炭	希釈油	分散剤
大阪事業所	3	6	1
北九州事業所	3	7	-

5. スラリ供給設備の問題点

1) 配管内スラリ堆積の原因

スラリ供給配管系の不具合について原因調査を行った結果、問題となる1系の配管等の堆積状況を見ると、スラリ入口遮断弁上流側には堆積がなく、スラリ入口遮断弁下流側には堆積が確認された。このことから配管内の堆積の違いは、パージの方法・内容に原因があると考えられる。

配管内のパージには、スラリ入口遮断弁～水熱反応器の管部では、反応器内で分解反応が起こることから油パージは最小限に抑えて行っていた。また、パージのタイミングの問題として、スラリ入口遮断弁下流側についてはパージ待機状態となる間にスラリの滞留・堆積の可能性があると考えられる。

このように、スラリ入口遮断弁の下流側に有効なパージが出来ていなかったことが、No.1系のスラリ投入配管の閉塞や配管内堆積の原因と考えられる。

また、投入管先端部の硬い閉塞物については、水熱反応器内の高温・高圧環境下に長時間さらされていたために変質した可能性がある。

図-6にスラリ配管のパージ状態図を、表-6にパージ内容を示す。

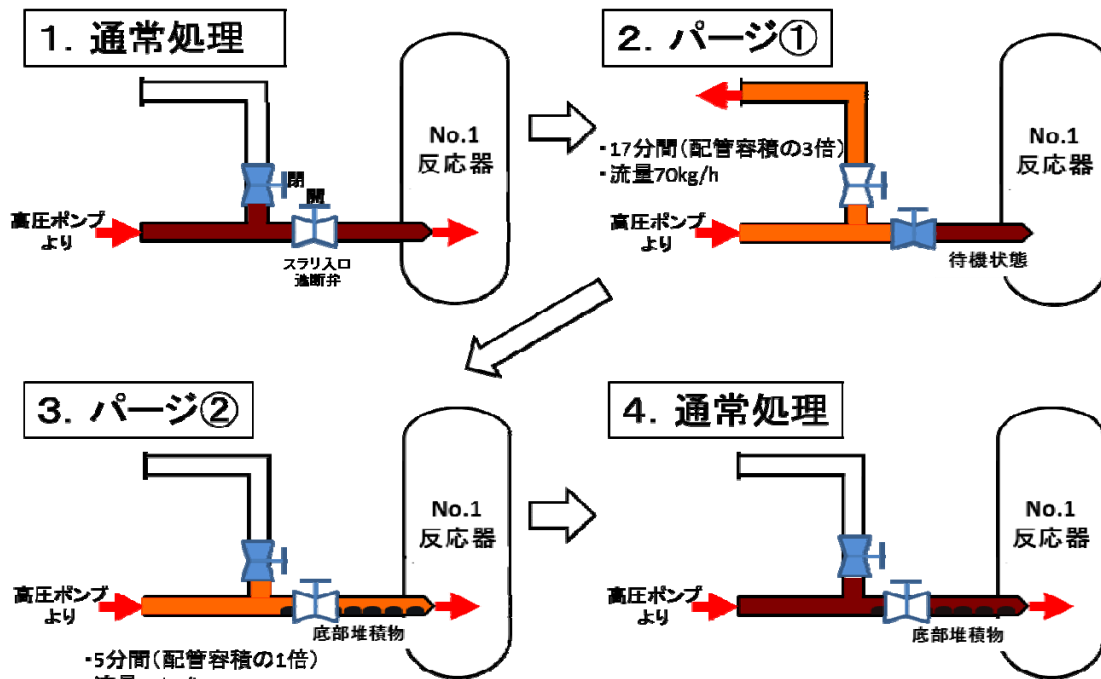


図-6 スラリ配管パージ状態

表-6 パージ内容

	スラリ入口遮断弁上流側	スラリ入口遮断弁下流側
パージ流量	70kg/h	14kg/h
パージ時間	17 分間	5 分間
パージ量	配管容積の3倍	配管容積の1倍
パージのタイミング	パージ①として、スラリ投入停止後、直ちに実施。	パージ②として、スラリ投入停止後、17分間そのまま待機した後、実施。

2)再発防止対策

前述のようにスラリ供給配管系については、パージの内容・方法に問題点のあったことが分かった。このため、新設するスラリ供給配管系に対しては、堆積を防止するために新たな観点で設計し製作することが必要である。

この新たな対策の中心は、次の二点である。

- ①スラリ供給配管を処理液投入管に繋ぎ込むこと、
 - ②スラリ入口遮断弁下流側の配管系のパージ液を油から水に変更する
- スラリ供給配管系の問題点とそれに対する対策を表-7に示す。

表-7 スラリ供給配管系の問題点と対策

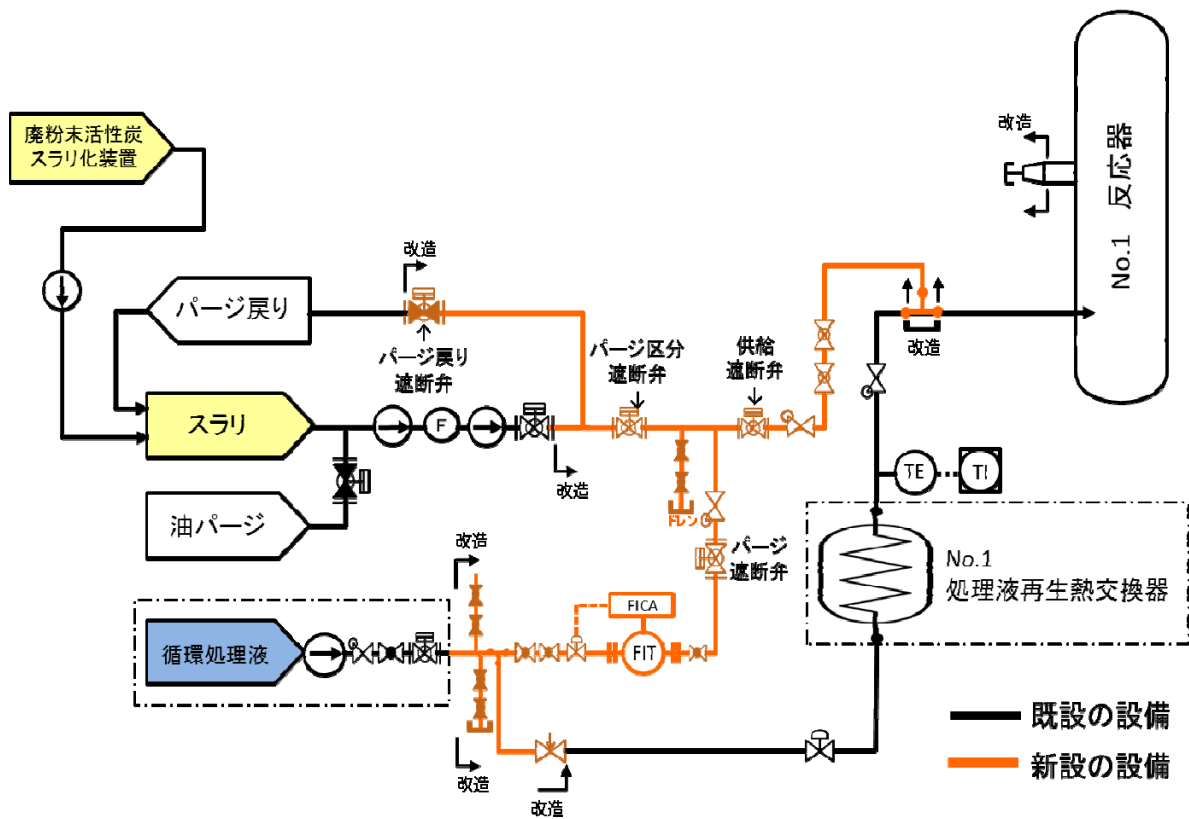
課題	問題点	対策
反応器内温度のハンチング防止対策	スラリ供給位置がPCB液供給位置よりも高い場所にある。	スラリ供給位置について、PCB液供給位置と同一の高さとする。さらに、既設の処理液ラインへスラリ供給管を繋ぎ込む。
スラリ堆積防止対策	スラリ投入管での配管閉塞の防止 (反応器内部への挿入状態)	スラリ配管を常に水熱反応器に供給されている25Aの処理液投入管(平均投入量1,200kg/時)に接続する。これにより、処理水は水熱反応器に常時供給されているため、スラリ供給停止時にも、反応器投入箇所はパージ状態となる。
	スラリ入口遮断弁下流側のパージ流量が少ない。	スラリ入口遮断弁下流側の配管部パージ液を油から水に変更する。 処理液配管から新たに分岐の配管を設け、スラリ供給停止時に入口遮断弁上流側と同一流量の水パージができるようにする。
	スラリ入口遮断弁下流側にあったパージ開始までの待機時間をなくす。	スラリ入口遮断弁下流部分においても、スラリ供給停止直後に水パージが出来るように配管と遮断弁を設ける。
	現状のドレン管は全て下向きに設置されているため、スラリの堆積・閉塞が生じる。	ドレン管の分岐・設置を水平方向とすることで閉塞防止を図る。(高圧配管範囲で全て実施する) 低圧配管で配置上困難なものについては、閉塞解除は容易であり、解除の手順の作業標準化を図る。
スラリ高圧ポンプの不具合対策	ダイヤフラムポンプであり、ポンプ内部にスラリ供給停止につながる異物咬み込みの起きることが考えられる。	ポンプの異物咬み込み時には、配管パージによる異物除去が有効であるので、緊急対応として作業標準化を図る。不具合が解消されない場合には、点検整備により問題解消を図る。(ポンプメーカーに点検整備の結果を反映した改善対策を検討させる。)

6. 新設スラリー供給配管の検討

1) 新設スラリー供給配管系統の構成

新たなスラリー供給配管系統を設置するに際しては、表－7で述べた対策に基づき設計を行う。主な設計内容は次のようになる。（図－7参照）

- (1) 水熱反応器へのスラリー投入部については、スラリー配管を処理液投入管(平均投入量1,200kg/h)に接続し、処理水をキャリアとして使用する。
- (2) スラリー配管のパージについては、スラリー入口遮断弁を境にして二種類に分けることとし、スラリー入口遮断弁上流側は従来と同様にパージ油によりスラリータンクへ戻す。一方、スラリー入口遮断弁下流側は処理水によるパージとし、処理液配管から一部分岐をし、スラリー入口遮断弁の上流側に接続する。



図－7 新設スラリー供給配管系統

2) 新設スラリー供給配管系統のパージ方式

新たなスラリー供給配管系統のパージについては、やはり表－7で述べた対策に基づき実施するものとする。主な内容は次のとおりである。

(1) 実施時期

実施の時期については、従来と同様に以下のとおりとする。

一日一回、スラリー供給の停止時、一週間毎（一週間以上のスラリー供給停止時）

(2) 実施内容

新たな配管と遮断弁を設けて、スラリー配管の全体を同時にパージできるようにする。（図－8参照）

パージ時には、次のような油、処理水の流れとなる。

油パージ	スラリー入口遮断弁(図中の①)を閉、パージ回収遮断弁(図中の②)を開けて、①の上流側配管内を油によりパージする。
処理水パージ	新たに設ける遮断弁(図中の③、④)を共に開けて、③から水熱反応器に至る配管内をパージする。

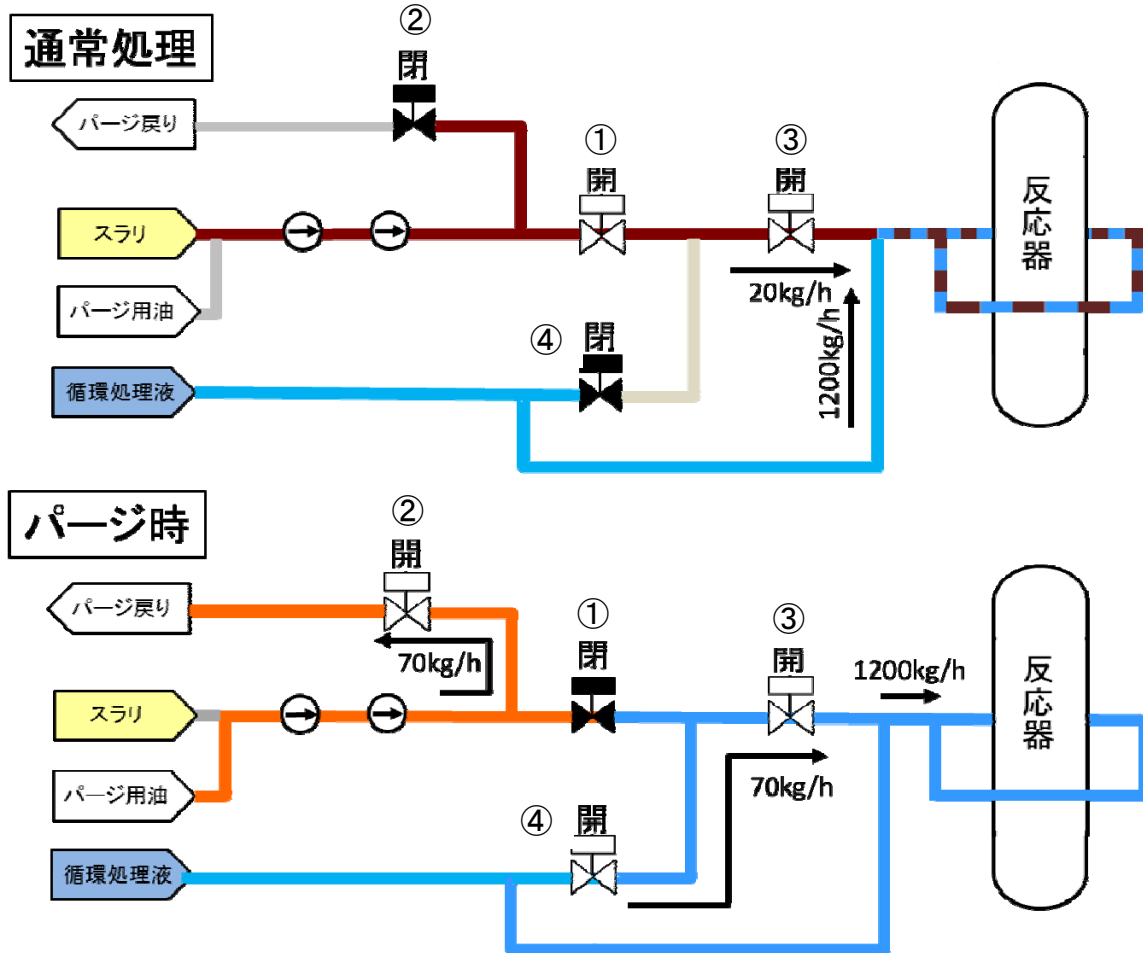


図-8 新設スラリー供給配管の通常処理とパージの方法

3) 整備スケジュール

設置時期については、平成 28 年の年末に予定している水熱反応器の循環冷却系統設置工事による停止時に併せて実施するよう、作業を進めている。(表-8 参照)

表-8 新設スラリー配管の概略整備スケジュール

項目	28 年度									
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
設備設計	■									
機器製作・設置工事			■							
設備再稼働									■	