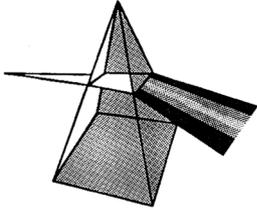


【技術報告】



「もんじゅ」液体廃棄物処理系の 水質改善

前川 嘉治 酒井 章司

敦賀本部 高速増殖炉もんじゅ建設所

資料番号：9-2

Improvement of Water Purity in Liquid Waste Disposal System in Monju

Yoshiharu MAEGAWA Shoji SAKAI

Monju Construction Office, Tsuruga Head Office

高速増殖原型炉「もんじゅ」の液体廃棄物処理系では、濃縮廃液がアルカリ性になる現象が継続していた。この現象は、ナトリウム漏えい事故時に発生したナトリウム堆積物及びエアロゾルを処理した際に更に進展し、廃液は強アルカリ性となった。この原因を調査した結果、廃液中に含まれる炭酸イオンの影響によって水酸化ナトリウムが生成したことによるものであった。このため、処理工程にかかわる水質管理値の見直し及び前処理法の改良によって廃液の性状を通常の状態に改善した。

In the liquid waste disposal system in Monju, the concentrated liquid waste was alkaline. This phenomenon was remarkable when we treated the sodium deposit and aerosol, which were produced during the sodium leak accident. We took a close look at our treatment process and concluded that the decrease in the pH of the liquid waste was due to reaction with sodium hydroxide solution. Consequently we changed the chemical control value and improved the system processing in order to avoid producing the concentrated alkaline liquid waste.

キーワード

「もんじゅ」、液体廃棄物処理系、蒸発濃縮器、pH値、ナトリウム堆積物、ナトリウムエアロゾル、濃縮廃液、炭酸、ナトリウム漏えい事故

Monju, Liquid Waste Disposal System, Liquid Waste Concentrator, pH, Sodium Deposit, Sodium Aerosol, Concentrated Liquid Waste, Carbonic Acid, Sodium Leak Accident



前川 嘉治



酒井 章司

1. はじめに

高速増殖原型炉「もんじゅ」(以下、「もんじゅ」)の放射性液体廃棄物処理系(以下、液体廃棄物処理系)では、管理区域で発生したドレン廃液やナトリウム洗浄廃液は、廃液蒸発濃縮器(以下、濃縮器)により濃縮処理を行い、発生した蒸気は放射性物質濃度が基準値以下であることを確認した後放出するとともに、濃縮固形物を固体廃棄物として保管する。「もんじゅ」では、1995年12月の2次主冷却系ナトリウム漏えい事故時にナトリウム堆積物及びエアロゾル(以下、ナトリウム堆積物等)が発生したが、これらを溶解し液体廃棄物処理系にて処理を行った。このとき濃縮器内の廃液(以下、濃縮液)が強アルカリ性となる現象が発生

した。また、ナトリウム堆積物等処理する以前においても、pH値11程度と比較的強いアルカリ性となる事象が見られていた。このため、廃液の強アルカリ化の原因を調査するとともに、再発を防止するため処理工程にかかわる水質管理値の見直し、前処理法の改善を実施した。

2. 液体廃棄物処理系の概要

2.1 液体廃棄物処理系の構成

「もんじゅ」の液体廃棄物処理系の構成を図1に示す。主な機器として、管理区域の各建物で発生した機器ドレン等の排水を受け入れる廃液受入タンク（容量12m³、3基）、この廃液を濃縮処理する濃縮器（処理能力1m³/h、2基）がある。濃縮器の熱源は、所内補助ボイラから供給される補助蒸気である。濃縮器で発生した蒸気は、廃液凝縮器及び冷却管により冷却され、凝縮液タンクにいったん溜められ、その後、脱塩器で浄化後、モニタタンク（容量12m³、2基）に貯溜し放射性物質のモニタリングを行った後、放水ピットより放流する。

濃縮器中の濃縮液は、一定の固形分濃度（10wt%）に達すると、固体廃棄物処理設備の廃液濃縮液タンク（容量7m³、2基）に移送し、固体廃棄物処理系においてプラスチック固化する設備となっている。これら廃液処理設備の構成は、軽水炉と基本的に同様なものである。

2.2 液体廃棄物処理手順

液体廃棄物処理系の処理手順を図2に示す。廃液受入タンクに収集された廃液は、水酸化ナトリウム又は硫酸によりpH値を7～8の範囲に調整（中和処理）し、その後、濃縮器で濃縮処理する。年間の発生廃液量は、1997年度実績で約1,500m³である。その内訳は、図3に示すように格納容器換気設備で発生する凝縮水が80%を占め、その他は廃棄物処理系等からの排水である。

3. 強アルカリ性廃液の発生

3.1 ナトリウム堆積物等の処理時

1995年12月に発生したナトリウム漏えい事故では、2次主冷却系のナトリウムが約640kg漏えいし¹⁾、それらは漏えい箇所の直下に堆積物となり、一部は空気中の酸素、水分、二酸化炭素と反応しエアロゾルとなって室内に飛散した。事故後

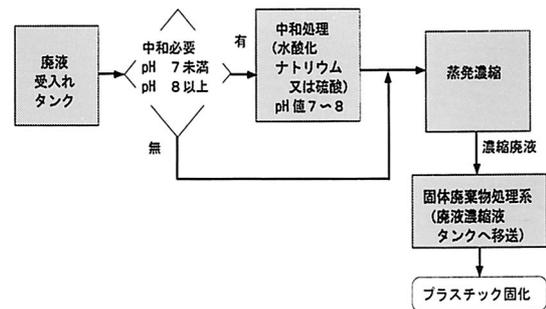


図2 廃液処理手順

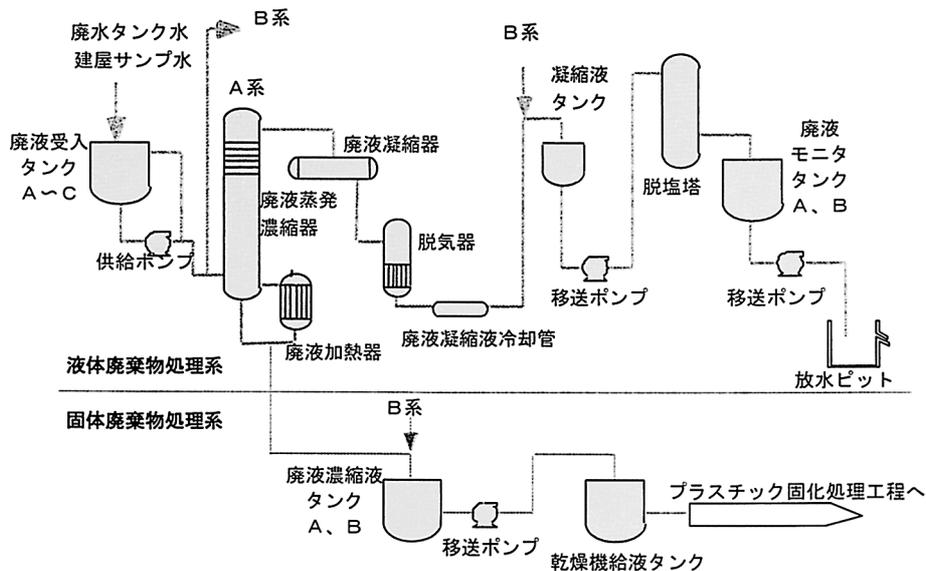


図1 液体及び固体廃棄物処理系概略図

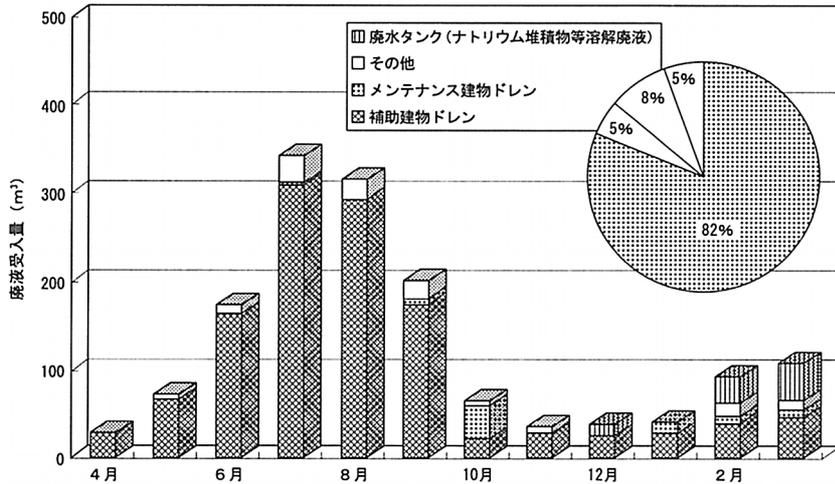


図3 1997年度廃液受入実績

これらは回収し保管されていたが、液体廃棄物処理系において処理することとし、1998年1月から3月にかけて共通修設備に設置されている洗浄槽にて溶解処理した。その処理量は、堆積物430kg、エアロゾル445kgであり、処理後発生した溶解廃液は約100m³である。溶解廃液は、同設備の廃水タンクを経て廃液受入タンクに受け入れ、前述した通常の処理手順により濃縮処理を行った。濃縮液のpH値は、溶解廃液を処理する以前でも比較的高い値を（pH値11程度）を示していたが、溶解廃液を処理したことで更に高いpH値13程度まで急上昇した。図4に濃縮液のpH値変化を示す。

3.2 通常廃液の処理時

前述したとおり、濃縮液のpH値は、ナトリウム堆積物等の溶解廃液を処理する以前から比較的高い値（pH値11程度）となっていた（図4参照）。この期間中は、機器ドレン等の通常廃液を処理手順に基づきpH値調整後、濃縮処理を行っていた。

4. 原因究明

4.1 ナトリウム堆積物等の成分

このような事象を改善するため、強アルカリ性廃液発生の原因調査を行った。強アルカリ性廃液の発生は、ナトリウム堆積物等の溶解廃液の濃縮処理を行った場合に際立って起きていることから、溶解処理前のナトリウム堆積物等の成分に関する分析結果を調査した。図5にナトリウム堆積物等の成分を示す¹⁾。堆積物の主な成分は、約80%が水酸化ナトリウム、15%が炭酸ナトリウム

であり、エアロゾルは、炭酸ナトリウムが70%、炭酸水素ナトリウムが30%から成っていた。両者を合わせるとナトリウム堆積物等全体の約60%

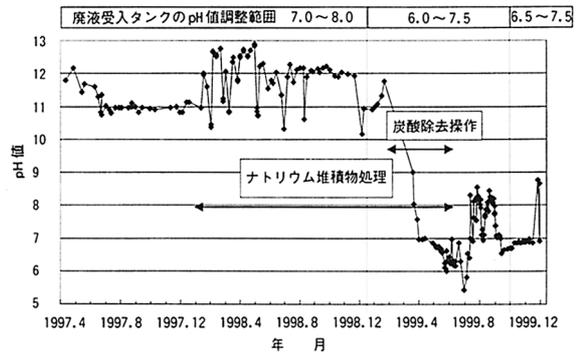


図4 濃縮液のpH値変化

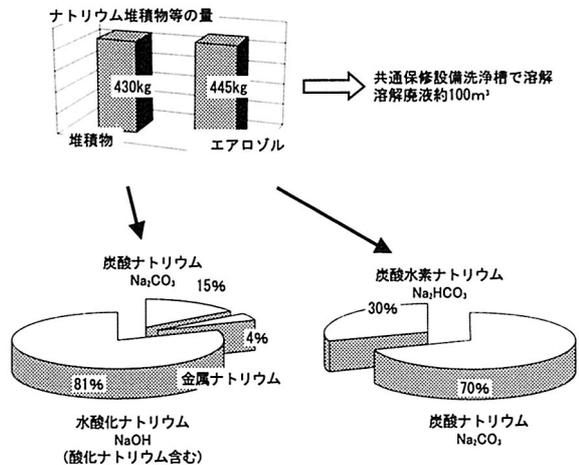


図5 ナトリウム堆積物等の成分

表1 廃液受入タンク水及び濃縮液の分析結果

項目	採取点	受入タンク (中和後)	廃液蒸発濃縮器	
			A号機	B号機
pH		7.4	11.5	11.6
Na ⁺ ※		100	476	476
SO ₄ ²⁻ ※		100	514	503
炭酸イオン※		100	137	131

※受入タンク濃度を基準とした場合の相対値を記載

が、ナトリウムの炭酸塩で構成されていた。

4.2 廃液濃縮液中の成分変化

次に、ナトリウム堆積物等の溶解廃液の処理前後において、廃液受入タンク水及び濃縮液の成分分析を行った。この結果は、表1に示すように、廃液受入タンクでpH値7.4の廃液を濃縮器で処理すると濃縮液のpH値は11.5まで上昇していた。また、ナトリウムと硫酸イオンは受入タンクの濃度を100とした場合、約5倍に濃縮されているが、炭酸イオンは1.3倍であり、ほとんど濃縮していないことが分かった。

4.3 再現試験

この後、模擬廃液と実廃液を用いてピーカ上で濃縮する再現試験を行って、濃縮液のpH値が上昇することを確認した。

4.4 強アルカリ性廃液発生の原因

これらの調査結果から、強アルカリ性廃液発生の原因は、廃液濃縮中に図6に示す現象が起きた結果であると判断した。すなわち、廃液受入タンクの廃液には、当初、中性塩の硫酸ナトリウムと

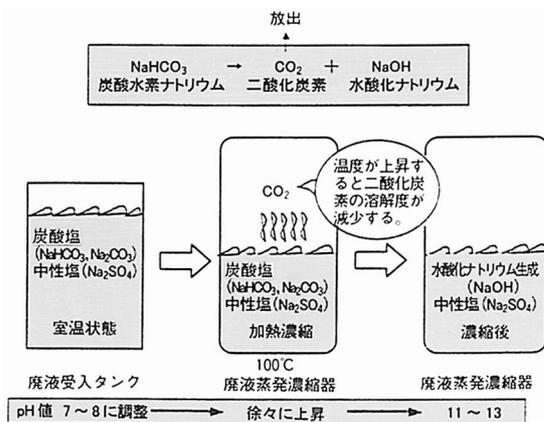


図6 強アルカリ性廃液の発生原因

炭酸ナトリウムが存在する。これを濃縮器で濃縮すると、硫酸ナトリウムはそのままの形で濃縮するが、炭酸ナトリウム中の炭酸イオンは液温が上昇するにしたがって溶解度が低下し、二酸化炭素として液外へ放出され、水酸化ナトリウムに変化した。このため、濃縮液は強アルカリ性に変化した。この現象がナトリウム堆積物等の溶解廃液では顕著に現れることは当然であるが、通常廃液であっても、そのほとんどが換気設備で発生する凝縮水であることから、大気との接触によって二酸化炭素が溶解しており、同様の影響を系統に与えていたものと判断した。

5. 改善対策の立案と試行試験

5.1 処理手順の改善

調査結果を受け、廃液の処理手順に、次のような手順を加えて強アルカリ性廃液の発生を防止する改善対策を立案した。

ナトリウム堆積物等の溶解廃液のように炭酸イオンを多く含んだ廃液は、廃液受入タンクでいったん硫酸によってpH値を4～4.5と酸側にし、廃液循環ラインで攪拌運転を行って、あらかじめ炭酸イオンを除去する操作を実施する（炭酸除去操作）。その後、水酸化ナトリウムにより中和操作を行い濃縮処理する。通常廃液については、廃液受入タンクでのpH値の調整範囲を7～8としていたが、6～7.5とやや酸側にスライドして調整することで中和操作に用いる水酸化ナトリウムの使用量を減らす。

濃縮液のpH値の管理目標を6～10.5と設定する。この値は、他のプラントの実績値を参考にするとともに、実廃液処理を継続しながら試験を行う上で、液体廃棄物処理系の運用に過度な負担を与えない程度に設定した。

これら一連の改善操作を加えた処理手順を図7に示す。

5.2 試行試験の経過

このような手順を用いて1998年12月から1年間、液体廃棄物処理系の試行試験を行った。（試行試験中の濃縮液のpH値変化については図4参照。）まず、試験開始当初は、炭酸除去操作を行わずに処理をした。この際には、通常廃液及びナトリウム堆積物等溶解廃液を処理する過程でpH値はいったん12程度に上昇した。廃液中の炭酸イオン濃度は10ppm程度であったが、炭酸除去操作を行わずに濃縮処理したことから、対策前のpH値

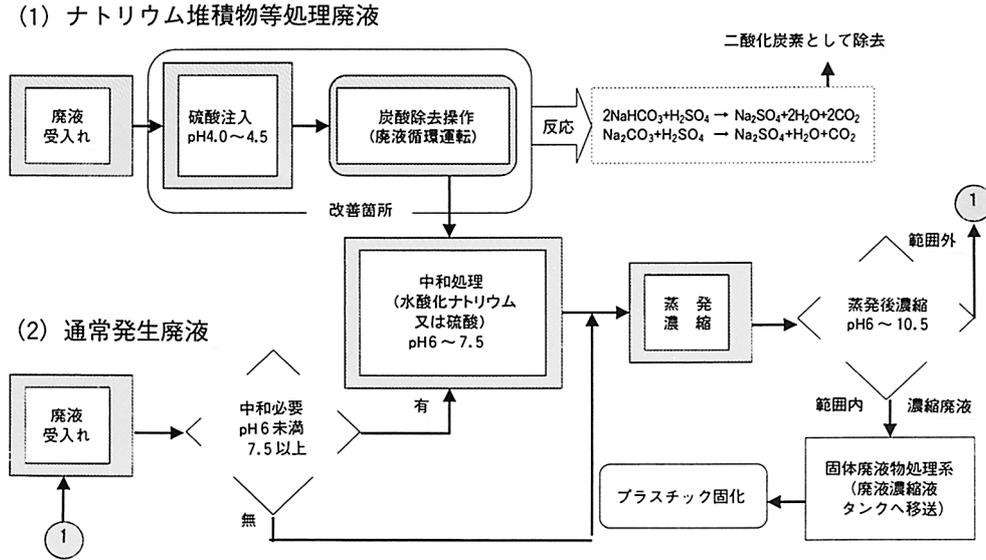


図7 試行試験中の廃液処理手順

上昇を再現する結果となった。その後、炭酸イオン濃度が高い廃液に対して、炭酸除去操作を行いながら処理を継続したところ、濃縮液の性状は中性付近に改善した。しかし、ナトリウム堆積物等の処理廃液に続いて通常廃液の処理を行ったところ、中性から酸性側に低下する傾向が見られた。このことから、廃液受入タンクでのpH値の調整範囲を6～7.5から6.5～7.5に変更して試験を継続した。この結果、濃縮液のpH値は6～9の範囲で良好に推移し、当初の管理目標範囲（pH値6～10.5）を満足する結果が得られた。

5.3 炭酸除去操作

試行試験中に行った炭酸除去操作の結果を図8に示す。炭酸イオンの初期濃度が約100ppmの廃液は、約60時間の除去操作時間を要して1ppm未満となった。炭酸除去を行った廃液を濃縮処理した際の濃縮液の水質状況を調査した結果、処理前後において濃縮液はほぼ中性を保持していることを測定により確認した。

6. おわりに

これまで行った調査結果とその改善対策をまとめると次のとおりである。

ナトリウム堆積物等処理時の強アルカリ性廃液発生の原因は、ナトリウム堆積物等に含まれた炭酸イオンが溶解廃液中に高濃度で存在し、これが濃縮処理過程で放出されたことによる水酸化ナトリウムの生成にあった。

通常廃液処理時のアルカリ性廃液発生の原因は、通常廃液のほとんどを占める換気設備凝縮水に空気中の二酸化炭素が溶解しており、これが上記と同様な影響を与えていた。また、廃液受入タンクでのpH値調整範囲が7～8とアルカリ側に設定されていたことも原因の一つと考えられる。

廃液処理手順に炭酸イオンの化学的性質を利用して除去する手順を加えた結果、濃縮液の性状を中性付近の適正な範囲に保持する見通しを得た。また、一年間の試行試験結果を踏まえて、今後の液体廃棄物処理系に関する水質管理値の見直しを表2のように実施した。廃液受入タンクでは、pH値調整範囲を6.5～7.5に変更した。さらに、炭酸イオン濃度の管

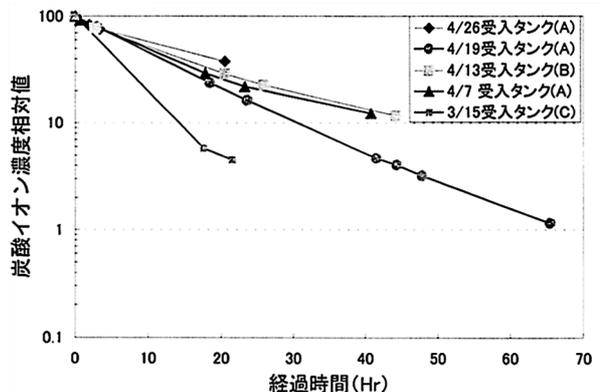


図8 炭酸除去操作中の炭酸濃度変化

理値を新たに設定し、2 ppm未満とした。一方、濃縮器における水質管理値として、従来

表 2 水質管理値

	変更前		変更後	
	廃液受入タンク水	pH	7~8	pH
—		—	炭酸イオン	<2ppm
廃液蒸発濃縮器	—	—	pH	7~10
	固形分	<10wt%	固形分	<10wt%
	塩素	<2000ppm	塩素	<2000ppm

の固形分と塩素濃度に加えてpH値を追加し、その管理範囲を試行試験の結果及び系統材料の長期的な健全性を確保する観点から検討した結果、7~10とした。今後は、本管理値の運用を図ることにより、「もんじゅ」の液体廃棄物処理系の適正な管理を行っていく。

参考文献

- 1) 動力炉・核燃料開発事業団 高速増殖炉もんじゅ建設所：
“40%出力試験中における2次主冷却系ナトリウム漏えい事故
について”，第4報報告書,(1996年9月)。