

硫化水素検出に伴う溶接型タンクの内面点検結果及び今後のタンク計画について

2019年4月25日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要と時系列

- 多核種除去設備入口にてストロンチウム(Sr)処理水の定例サンプリングを実施したところ、濁りと異臭を確認した。これを受け、溶接型タンク内のSr処理水をサンプリングしたところ、浮遊性物質（不溶性鉄を含む）濃度が高いことを確認し、タンク内部から硫化水素が検出された。

<時系列>

- ・ 2018年 8月27日：多核種除去設備入口水の定例サンプリング時に、入口水の濁りおよび異臭を確認。9～10月にかけて濁りおよび異臭の調査に向けた分析計画を検討。
- ・ 2018年10月30日：G3-E1タンク内部にて硫化水素が50ppm以上で滞留していることを確認。不用意に当該エリアタンクを開放しないよう協力企業含む発電所内に周知。
※タンク天板上の作業エリアでは10ppm未満を確認。
- ・ 2018年11月 1,5日：濁りおよび異臭を確認後の分析計画をもとに11月に入り当該タンクSr処理水をサンプリングし、水質分析を実施したところ浮遊性物質の濃度が高いことを確認。

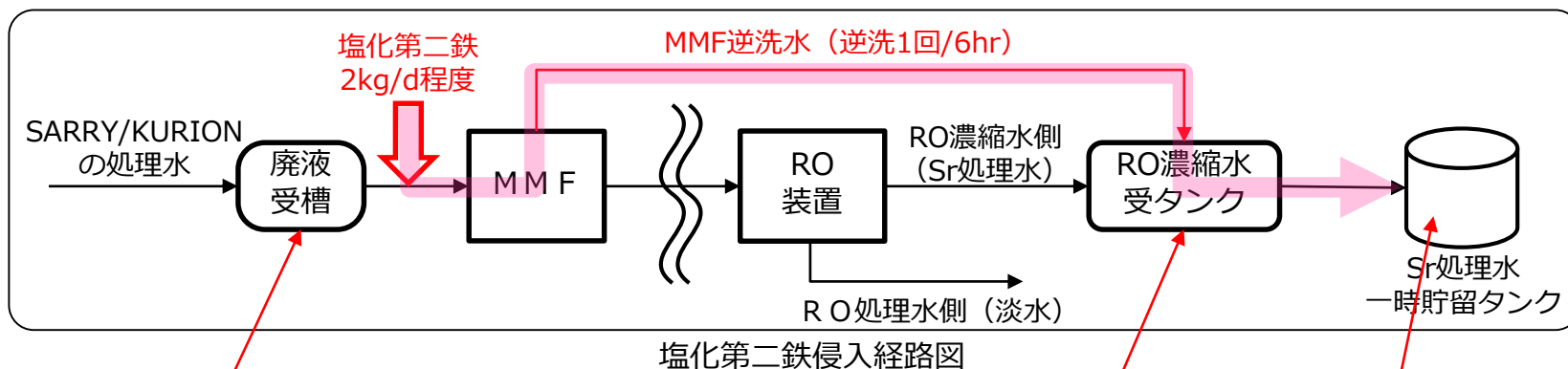
2. 調査方針

- 当該タンクにおいて浮遊性物質濃度が高いことから、その沈殿物の下部が嫌気性環境となり、硫化水素を生成しやすい環境となっている可能性がある。
- 硫化水素に起因する全面腐食については、タンク側面および天板の肉厚測定の結果、問題ないことを確認しているが、念のため、今後タンク1基の水抜きを行い、タンク内面の調査を行うとともに、硫化水素発生の原因調査等を実施していく。

対応	内容	実施時期
① 硫化水素発生箇所の追加調査	硫化水素を生成しているSr処理水について調査するため、各タンク群から代表のタンクを選定し、硫化水素濃度測定を実施	2018年12月 → 実施済み
② タンク内部の状況調査	①の調査結果を踏まえて、調査対象タンク1基を選定し、水抜きを実施し、タンク内面の腐食進行の有無について確認する。また、タンク底部において多量の沈殿物により嫌気性環境となり、硫化水素を生成しやすい環境を形成していないか確認する。	2019年1月開始 → 今回報告
③ 浮遊性物質の処理検討	浮遊性物質の処理方法について検討する。	2019年3月中 → 今回報告

硫化水素発生の原因

- ① 既設ROにて注入し、マルチメディアフィルター(以下MMF)で除去している塩化第二鉄による凝集沈殿物(クラッド)が、MMF詰まり時の逆洗によりRO濃縮水側に移送され、Sr処理水の一時貯留タンクへ移送。
- ② Sr処理水の一時貯留タンクは、運用上、Sr処理水の受入/払出を繰り返し行うことから、徐々にタンク底部に塩化第二鉄による凝集沈殿物(クラッド)が堆積し、嫌気性環境が形成。
- ③ 硫酸塩還元細菌(SRB)による有機物分解が促進し、硫酸塩が硫化物イオンへ還元され、硫化水素を生成。



2019/2/19採取
廃液受槽底部水外観

廃液受槽については
底部の濁りは未確認

底部のクラッド等の堆積、
および濁りを確認



2019/2/19採取
RO濃縮水受タンク底部水外観



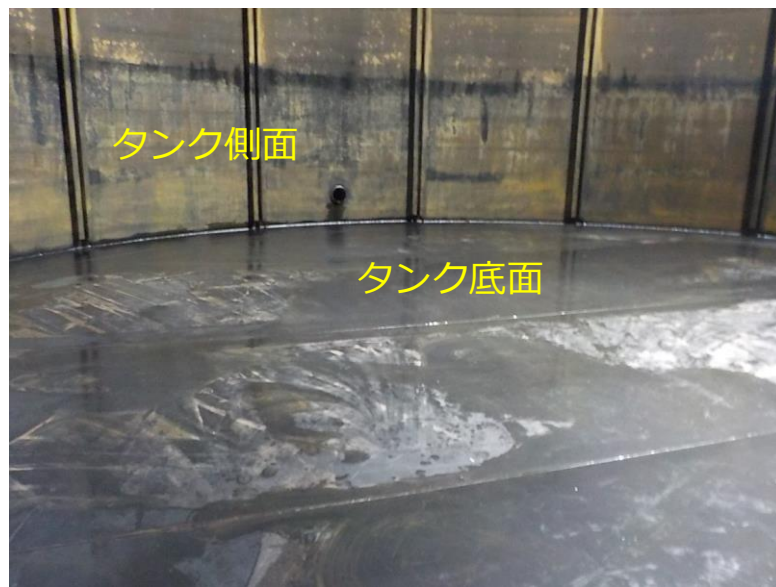
2019/2/12採取
D-C1タンク底部水外観

RO装置内の塩化第二鉄による
凝集沈殿物(クラッド)と判断

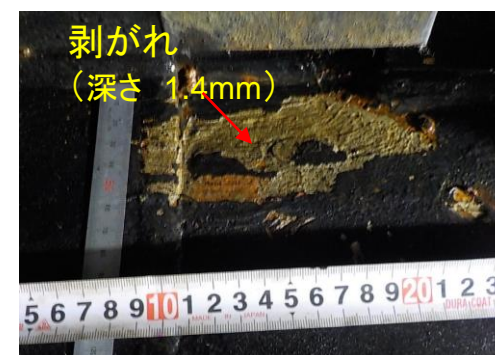
3-2. タンク内部の状況調査に伴う、代表タンクの内面点検結果

- G3エリアの水質分析結果から、浮遊物質濃度が高く、硫酸塩還元細菌が比較的多いG3-E5タンクを内部点検の代表タンクとして選定
- G3-E5タンクの底部スラッジを回収し、内面の目視点検を実施
 - 底面に建設時に付いたと推定される引っかき傷の周辺にかき傷（最大深さ1.7mm）、塗装剥がれ等を確認。又、側面部には塗装の剥がれ等は確認されなかった。
 - 尚、硫化水素が確認されなかった隣接タンク（G3-F4）の点検結果と比べても大きな差異はなかった。
 - 塗装の剥がれ箇所（腐食箇所）を確認した結果、黒色の硫化鉄皮膜が付着していなかったことから硫酸塩還元細菌の影響はないと判断。又、建設時の影響と推定される塗装剥がれ箇所の腐食速度は0.26mm/年であり、通常の炭素鋼の腐食速度0.3mm以下/年と同等程度であることを確認。

上記点検結果を踏まえ、今後、他のS r 処理水を貯留している溶接型タンクについても水抜き後に内面点検及びかき傷等の補修塗装を行い、引き続き運用していく。



内面状況



タンク底面部かき傷等の部位

- 安全確保のため硫化水素発生防止を目的として以下を実施する。

- 塩化第二鉄による凝集沈殿物(クラッド)は、運用上、S r 処理水の受入/払出を繰り返し行っている一時貯留タンク（運用タンク）に堆積し易く、タンク内のスラッジ中に含まれていると考えられるため、全ての運用タンクについてスラッジを回収する。

対象タンクエリア：G 3、J 1、K 1、K 2、H 8、Dエリア

- 尚、ALPS処理水を貯留する溶接型タンクは、受入/払出を繰り返す運用タンクではないこと、また、クロスフローフィルタやメッシュフィルタ等にて粒子が捕捉されていることから、塩化第二鉄による凝集沈殿物（クラッド）がタンク底部に多量に堆積することはなく、硫化水素発生要因である嫌気性環境が形成されることはない。過去にクロスフローフィルタが損傷した際にALPS処理した処理水タンクについても短期間であることから嫌気性環境が形成されるほど多量のクラッドが堆積することはない。

5. 代表タンク内面点検結果に伴う、他エリア溶接型タンクへの影響 (かき傷による対策)

- G3 – E5タンク内面点検で確認した底面部の深さ1.7mmのかき傷について、板厚余裕代9mm（公称板厚12mm – 必要板厚3mm）より問題は無いが、念のため補修塗装を行う。
- その他の溶接型タンク（貯留水：Sr処理水、ALPS処理水）底板の板厚余裕代は、
 - 9mm → G3、G1南、H1～H6、H8、B、J1～J9、K1エリア
 - 19mm → G1南、H4南エリア
 - 22mm → D、G7、H4南、K2～K4エリアであり、一番小さい板厚余裕代はG3 – E5タンクと同じ9mmとなることから、同様のかき傷があっても問題はない



- ・ 現状、かき傷による漏えいの影響は無い
- ・ Sr処理水を貯留している溶接型タンクは今後のALPS処理計画に合わせて、水抜き後に内面点検を進める
- ・ ALPS処理水を貯留している溶接型タンクは今後の長期点検計画の中で水抜きによる内面点検又は水中カメラ等による内面点検を進める

6. 硫化水素対策及びタンク内面補修等の作業工程

- 水バランスシミュレーションの見直しにあたり，考慮した作業工程等は以下のとおり。
 - 硫化水素対策／タンク内面補修の作業工程
 - ・タンク底部の点検／補修を実施するための残水処理
 - ・硫化水素の発生原因となるタンク底部のクラッドを回収
 - ・塗装の剥がれや膨れ，かき傷等の補修
- } 1週間／4基を想定※
 } 1週間／4基を想定※
- 上記を踏まえ，運用タンクのうち，今後，ALPS処理水タンクとして再利用するタンクは105基あることから，全体として約1年程度の作業が必要と想定

※今後の各タンクの点検結果及び補修作業の進捗により見直す可能性あり。

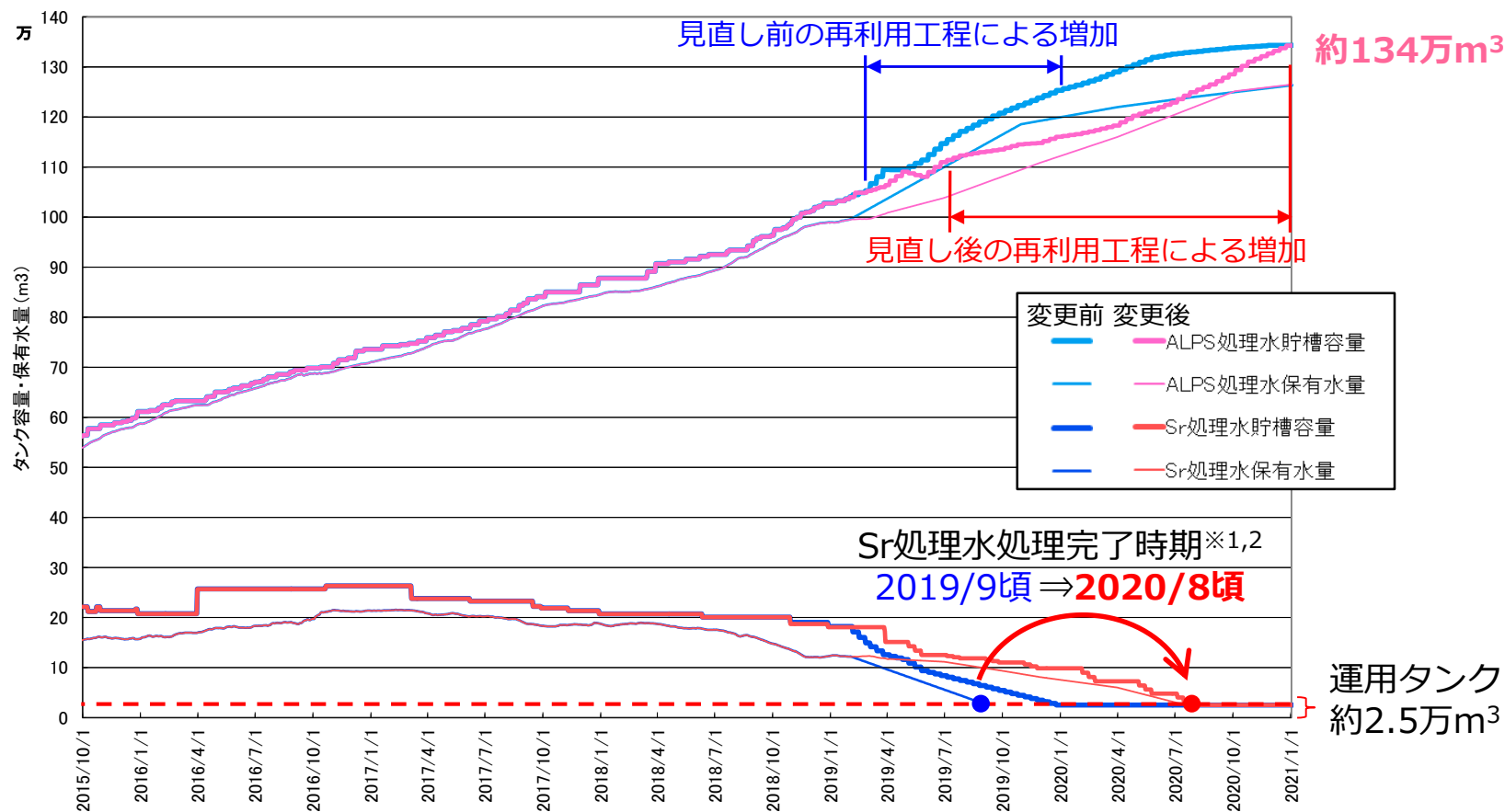
残水処理作業	
内容	日数
サイドマンホール開放	1日
タンク内散水洗浄	2日
クラッド回収	2日
サイドマンホール復旧	1日

補修塗装作業	
内容	日数
ケレン	2日
補修塗装	2日
乾燥	2日
膜厚／板厚測定	1日

- なお，再利用する溶接型タンクの内面には放射性物質の残留物が付着しているため，その影響により，注入したALPS処理水の放射能濃度より高くなる可能性がある。

7. 硫化水素対策等を踏まえた今後のタンク計画について

- 硫化水素対策及びタンク内面点検・補修工程を考慮した今後のタンク計画は下図の通り。
- ALPS処理水貯槽容量は、2020年12月末時点で約134万 m^3 確保可能（変更なし）。
- 再利用分の溶接型タンク内のSr処理水^{※1}の処理完了時期は、2020年8月頃^{※2}の見込み。



※1：運用タンク内のSr処理水は除く。

※2：タンク底部の残水除く。

8. フランジ型タンク/溶接型タンクの運用状況

- 今後、運用タンクは、日々の水処理に必要な約2.5万m³を残し、残りの約9.7万m³はALPS処理水の貯留タンクとして再利用予定。再利用分の溶接型タンク内のSr処理水の処理完了時期は、2020年8月頃の見込み。
- フランジ型タンクの淡水についても、現在Sr処理水を貯留中の溶接型タンクを再利用する計画。タンクの再利用にあたり、硫化水素対策及びタンク内面点検・補修工程を踏まえ、2019年8月頃より溶接型タンクへ移送開始し、2019年9月頃に移送完了する見込み。

< タンク水一覧 >

2019.4.4時点

対象		設備容量	ステータス	処理完了時期	
フランジ型 タンク	Sr処理水	残水 (約0.2万m ³)	完了 (一部残水処理中)	2018年11月17日	
	ALPS処理水	残水 (約0.2万m ³)	完了 (一部残水処理中)	2019年3月27日	
	淡水 (一時貯留タンク)	約1.2万m ³ [12基]	2019年8月頃より 溶接タンクへ移送予定※	2019年9月頃	時期 見直し
溶接型 タンク	Sr処理水	運用タンク (一時貯留タンク)	約2.5万m ³ [24基]	運用中	—
		上記以外の運用タンク (再利用タンク) ⇒ALPS処理水タンク として再利用予定	約9.7万m ³ [105基]	2018年12月より 水抜き実施中	2020年8月頃※
	ALPS処理水	約103.1万m ³ [763基]	貯留中	—	

※第64回廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(2019.3.28)時点

フランジ型タンクの淡水「2019年5月頃より移送予定」、溶接型タンクの再利用分のSr処理水「2019年9月頃完了」

- タンク内部の状況調査結果より、「硫酸塩還元細菌の関与により、通常よりも腐食速度が大きくなっている現象」は無いものと判断される。
- タンクエリアでの作業安全を確保する必要があるため、今後、硫化水素の発生防止対策を順次実施していく。
 - 再利用タンク（Sr処理水をALPS処理後、ALPS処理水を貯留）は、タンク内のスラッジ（塩化第二鉄による凝集沈殿物を含む）を除去する。
 - Sr処理水の水抜き前は、該当タンク周辺では引き続き、必要時以外の立ち入りを制限するなど安全を確保しながら作業を実施する。
- ALPS処理水貯槽容量は、2020年12月末時点で約134万m³確保可能（変更なし）。
- 再利用分の溶接型タンク内のSr処理水の処理完了時期は、2020年8月頃の見込み。
- フランジ型タンクの淡水は、2019年8月頃より溶接型タンクへ移送開始し、2019年9月頃に移送完了する見込み。

【参考】溶接型タンク内ストロンチウム処理水の分析結果

(2018.12.27 チーム会合/事務局会議資料再掲)



■ 10月30日時点でG3-E1タンク内部にて硫化水素が50ppm以上で検出されましたが、12月13日に、同タンクにて再度測定したところ、硫化水素は検出されませんでした。(硫化水素はタンク水に溶解するとともにベントラインから徐々に拡散されたものと考えている。)

試料名称	試料採取日	pH(水素イオン指数)_結果	Cl(塩素、塩素イオン)_結果	Cl(塩素、塩素イオン)_単位	SS(浮遊性物質)_結果	SS(浮遊性物質)_単位	COD(化学的酸素要求量)_結果	COD(化学的酸素要求量)_単位	SO4(硫酸イオン、硫酸濃度)_結果	SO4(硫酸イオン、硫酸濃度)_単位	Na(ナトリウム)_結果	Na(ナトリウム)_単位	Fe(クロム、不溶性鉄)_結果	Fe(クロム、不溶性鉄)_単位	TOC(全有機炭素)_結果	TOC(全有機炭素)_単位	硫酸塩還元細菌数_結果	硫酸塩還元細菌数_単位
Sr処理水タンク-K2-B1中層	2018/10/22	7.9	560	mg/L	<1	mg/L	<1	mg/L	260	mg/L	370	mg/L	0.04	mg/L	1.7	mg/L	0	CFU/mL
Sr処理水タンク-K1-D1中層	2018/10/22	7.8	700	mg/L	<1	mg/L	<1	mg/L	320	mg/L	450	mg/L	0.006	mg/L	2.2	mg/L	0	CFU/mL
Sr処理水タンク-J1-B1中層	2018/10/26	8.4	950	mg/L	<1	mg/L	<1	mg/L	240	mg/L	570	mg/L	0.3	mg/L	1.1	mg/L	0	CFU/mL
Sr処理水タンク-H8-A1中層	2018/10/25	7.6	700	mg/L	<1	mg/L	<1	mg/L	150	mg/L	390	mg/L	0.4	mg/L	1.3	mg/L	0	CFU/mL
Sr処理水タンク-H8-B1中層	2018/10/25	7.8	850	mg/L	<1	mg/L	<1	mg/L	200	mg/L	480	mg/L	1.5	mg/L	2	mg/L	0	CFU/mL
Sr処理水タンク-D-B1中層	2018/10/26	8	1000	mg/L	<1	mg/L	<1	mg/L	240	mg/L	630	mg/L	0.003	mg/L	1.6	mg/L	0	CFU/mL
Sr処理水タンク-G3-E1上層	2018/11/1	7.1	1000	mg/L	3	mg/L	4	mg/L	360	mg/L	730	mg/L	0.25	mg/L	17	mg/L	0	CFU/mL
Sr処理水タンク-G3-E1下層	2018/11/1	7.1	1000	mg/L	110	mg/L	3	mg/L	370	mg/L	730	mg/L	26	mg/L	17	mg/L	0	CFU/mL
Sr処理水タンク-G3-F1中層	2018/11/2	7.4	1100	mg/L	<1	mg/L	<1	mg/L	360	mg/L	660	mg/L	1.6	mg/L	2	mg/L	0	CFU/mL
Sr処理水タンク-G3-G1上層	2018/11/5	7.1	950	mg/L	1	mg/L	2	mg/L	340	mg/L	570	mg/L	0.88	mg/L	6	mg/L	0	CFU/mL
Sr処理水タンク-G3-G1下層	2018/11/5	7.1	900	mg/L	580	mg/L	<1	mg/L	340	mg/L	570	mg/L	120	mg/L	4.9	mg/L	0	CFU/mL
Sr処理水タンク-G3-H1中層	2018/11/1	7.9	110	mg/L	<1	mg/L	<1	mg/L	54	mg/L	81	mg/L	0.14	mg/L	0.7	mg/L	0	CFU/mL

- ※ 硫酸塩が存在し、かつ、十分な酸素が供給されない環境（嫌気性環境）下では、バクテリアによる有機物分解が促進します。この分解により硫酸塩が硫化物イオンへ還元され、硫化水素を生成します。
- ※ バクテリア（硫酸塩還元細菌）の調査は測定方法を見直し再度実施予定。

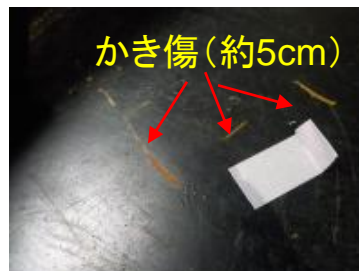
【参考】硫化水素が発生が無く硫酸塩還元細菌が検出されないタンク（G3-F4）

の内面点検結果（2019.2.28チーム会合/事務局会議再掲）

- 昨年12月、溶接型タンク（G3エリア-E1タンク）内部で硫化水素の発生を確認（12/12プレス済）
- 対応状況
 - G3エリアタンクの水質分析結果から、代表タンクとして、浮遊物質濃度が高く、硫酸塩還元細菌が比較的多いG3-E5タンクを選定（次頁参照）
 - G3-E5タンクの水の移送先確保のため、近接するG3-F4タンクの水抜きを実施した（当該タンクでは硫化水素は確認されていない）。
 - G3-F4タンク底部のスラッジを回収した後、内面の目視点検を実施した結果、全体的に塗装は健全であったが、底面にかき傷、ブリストア（水膨れ）および溶接面の塗装剥がれを確認した。今後、当該箇所の補修塗装を実施する。
 - 3月に、G3-E5タンクの水抜き・内面点検を実施予定



スラッジ回収前



スラッジ回収後

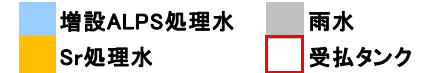
- G3エリア各タンク底部水について、SS(浮遊物質)濃度および硫酸塩還元細菌数を確認する為にサンプリングを実施



- G3-E5タンク底部水において、浮遊物質濃度が高く、硫酸塩還元細菌数が比較的多い状況を確認

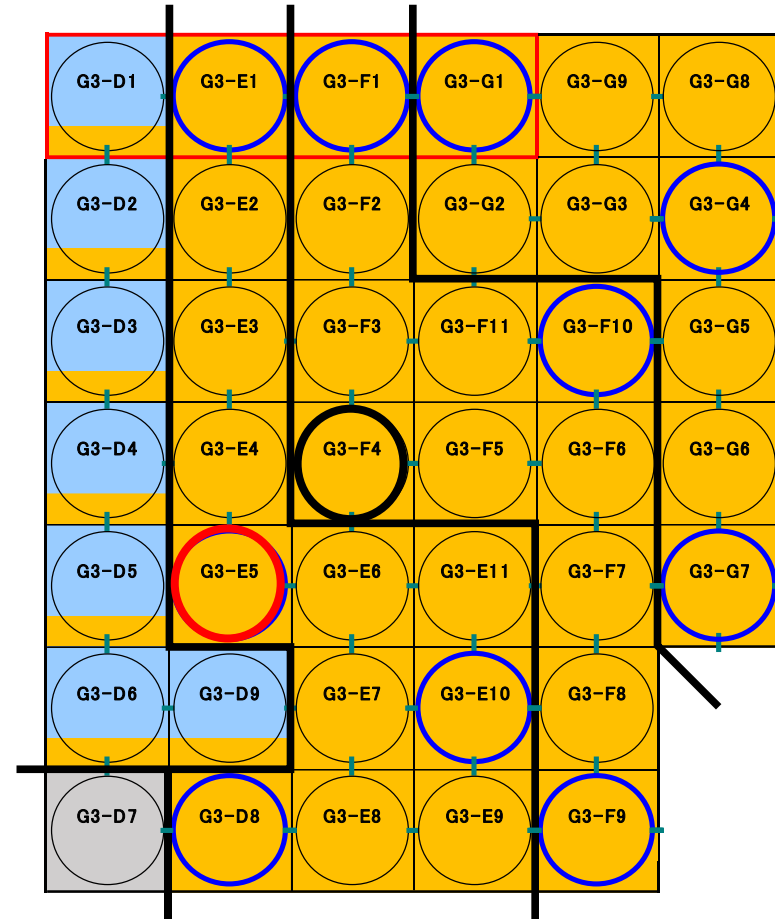


- G3-E5タンクの内面点検を計画



タンク名称

青枠: 底部サンプリング箇所



試料名称	pH	Cl [mg/L]	SS [mg/L]	SO4 [mg/L]	Feクラッド [mg/L]	S [%]	TOC [mg/L]	硫酸塩還元細菌数
G3-E1	7.5	1000	41	330	7.5	77	16	軽
G3-G1	7	1100	90	360	27	3.8	4.3	なし
G3-F1	7.4	1400	53	390	16	3.8	1.8	なし
G3-E5	7.4	1200	110	330	32	32	2.6	強
G3-D8	8	1400	2	190	1.2	6.9	0.8	なし
G3-E10	7.4	1000	38	350	11	8.2	3.8	なし
G3-F10	7.6	1400	72	450	22	3.8	7	なし
G3-F9	7.7	1700	67	450	19	2.6	1.9	なし
G3-G7	7.8	1000	30	290	13	4	2.4	軽
G3-G4	7.4	1000	73	290	25	5.1	2.7	中

【参考】福島第一で運用中のその他フランジ型タンクの使用状況

貯留水の種類	タンク種別	基数	公称容量[m ³]	供用開始時期	今後の使用予定
5,6号滞留水 処理水	5,6号Fエリア (H, I, Jタンク)	21	299×3 508×18	2011/5	パトロール等を実施し継続使用予定 2020年度に基数及び保有水量を低減させる 予定 低減後も使用を継続するタンクは底板及び側 板フランジ部の予防保全を実施済
	5,6号Fエリア (Bタンク※2)	4	110×4	2011/5	パトロール等を実施し2019年度に運用停止 するまで継続使用予定
	5,6号Fエリア (Cタンク)	7	160×5 200×2	2011/5	パトロール等を実施し継続使用予定 底板及び側板フランジ部の予防保全を実施済
RO処理水 (淡水)	処理水バッファタンク (炉注用)	1	1,000	2011/6	パトロール等を実施し2019年度に溶接型タンク にリプレースするまで継続使用予定
雨水	雨水回収タンク	9	600×9	2014/3	パトロール等を実施し継続使用予定 第一段側板フランジ部の予防保全を実施済 雨水回収タンク9基及びモバイルROユニット 前後の5基は運用停止し、溶接型タンクを利用 予定 淡水化ROユニット前後の5基は、溶接型タンク 化又は撤去等を実施予定
	モバイルROユニット ・雨水受入タンク ・処理水タンク	2 3	600×5	2014/5	
	淡水化ROユニット ・雨水受入タンク ・処理水タンク	2 3	600×5	2014/5	
ALPS 処理水	既設ALPSサンプルタンク	4	1,100	2013/4	パトロール等を実施し継続使用予定 第一段側板フランジ部の予防保全を実施済
地下水 バイパス	地下水バイパス用サンプルタンク	9	1,000	2012/12	パトロール等を実施し継続使用予定 第一段側板フランジ部の予防保全を実施済