

発電用原子炉施設故障等報告書

平成25年12月 6日

東京電力株式会社

件名	福島第一原子力発電所 汚染水貯留設備RO濃縮水貯槽からの漏えいについて
事象発生の日時	平成25年8月19日14時28分 (福島第一規則第18条第12号に該当すると判断した日時)
事象発生の場所	福島第一原子力発電所
事象発生の発電用原子炉施設名	汚染水処理設備等 貯留設備(タンク等) 中低濃度タンク RO濃縮水貯槽
事象の状況	<p>1. 事象発生時の状況</p> <p>平成25年8月19日9時50分頃、汚染水貯留設備の現場パトロールを実施していた当社社員が、H4北エリアRO濃縮水貯槽(鋼製円筒型タンク:フランジボルト締めタイプ)周辺に設置してある堰(以下、「当該堰」という。)の中に水が溜まっていること、および当該堰の外側2箇所に水溜まりがあることを発見した。</p> <p>また、当該堰に設置してある降雨水排水用のドレン弁2箇所(常時「開」運用[*]1)から、当該堰内に溜まった水が堰外へ流出していることを確認したため、直ちに流出が確認されたドレン弁2箇所および近隣にあるドレン弁1箇所を閉止した。</p> <p>水溜まりの状況を確認したところ、当該堰内では深さ約1cm、当該堰外では約3m×約3mの範囲で深さ約1cmと約0.5m×約6mの範囲で深さ約1cmであることを確認した。</p> <p>現場確認中に当社社員が携行していたAPDの警報(設定値:β線5mSv、γ線0.8mSv)が鳴動したことから、当該堰外にある水溜まりの雰囲気線量当量率を測定したところ、最大で98.5mSv/h(70μm線量当量率(β線))を超えていることを確認した。</p> <p>その後、H4北エリアに設置してあるRO濃縮水貯槽26基の外観について目視確認を実施したが、タンク表面に亀裂や漏えい等の異常は確認されなかったことから、水溜まりの発生原因の特定には至らなかった。</p> <p>水溜まりの発生原因は特定できていないものの、当該堰内に溜まっていた水がドレン弁を通じて堰外へ漏えいしていたこと、当該堰外にある水溜まりで高い放射線量が測定されたことから、H4北エリアRO濃縮水貯槽に貯留しているRO濃縮水が漏えいした可能性があるかと判断し、8月19日14時28分に福島第一規則第18条第12号「発電用原子炉施設の故障その他の不測の事態が生じたことにより、核燃料物質等(気体状のものを除く)が管理区域内で漏えいしたとき」に該当すると判断した。</p> <p>なお、前日の8月18日17時頃に実施した現場パトロールにおいては、当該堰内に水溜まりはあるが堰外に明確に認識できるような水溜まりは確認されていないこと、8月18日17時頃から水溜まりを発見するまでの間、発電所敷地内に設置した感雨計で降雨は感知されていないことを確認した。</p>

事象の状況

当該堰内に溜まった水については、仮設ポンプおよび仮設タンクを設置し、8月19日19時頃から同日24時頃にかけて約4m³の水を回収したが、8月20日1時頃に当該堰内を確認したところ、H4北エリアI群にあるRO濃縮水貯槽No.5タンク（以下、「当該タンク」という。）付近から水溜まりが広がっているように見えること、および8月20日7時頃に確認した際には水溜まりの深さが約3cmまで上昇していることを確認した。

また、8月20日7時頃に当該タンクの上蓋を開けて水位を目視確認したところ、本来なら天井から約0.5mにあるべき水面が天井から約3mまで低下していることを確認した。

H4北エリアI群のRO濃縮水貯槽5基には連結配管が設置されており、RO濃縮水を受け入れる時には、RO濃縮水貯槽5基の水位が均等になるよう連結配管の弁を開けた状態で受け入れており、受け入れ後に連絡配管の弁を閉している。

その後、当該タンクおよびH4北エリアI群にある他のRO濃縮水貯槽4基（No.7～No.10タンク）について、タンク上蓋を開けて水位（巻尺を用いてタンク天井から水面までの距離）を測定したところ、他のRO濃縮水貯槽4基の水面は、タンク天井から0.5～0.6m程度、当該タンクの水面については、タンク天井から約3.4mの位置であったことから、水溜まりの発生原因については、8月20日9時40分に当該タンクからのRO濃縮水の漏えいであると判断した。

当該タンクの水位低下が約3mであることから、漏えい量は約300m³（タンク内径約12m）であることを確認したが、当該堰内に溜まっていた水の回収量（約4m³）や当該堰外で確認された水溜まりの量（約8m³）から考えると、当該タンクから漏えいしたRO濃縮水の大半は当該堰外に流出して土壌に浸透した可能性が高いと推定した。

なお、当該タンクの水の放射能濃度はCs-134が $4.4 \times 10^1 \text{Bq/cm}^3$ 、Cs-137が $9.2 \times 10^1 \text{Bq/cm}^3$ 、Sb-125が $5.3 \times 10^1 \text{Bq/cm}^3$ 、全βが $2.0 \times 10^5 \text{Bq/cm}^3$ であった。

事象発生日の現場確認において、H4北エリアから東側にある排水路（以下、「当該排水路」という。）、およびH4北エリアから南東側にある沈砂池までの地表面に水の流れは確認されなかったが、H4北エリア周辺の表面線量当量率等を測定したところ、H4北エリア周辺に設置してある土のう式堰の外側地表面（当該排水路近隣）で、最大95.55mSv/h（70μm線量当量率（β線））の地点があることを確認した。

また、8月21日に実施した現場確認において、当該排水路のコンクリート壁面に筋状の流れた痕跡を確認したため、コンクリート壁面の表面線量当量率を測定したところ、最大5.80mSv/h（70μm線量当量率（β線））であったことから、汚染した土砂等が排水路に流れ込んだ可能性があることが判明した。

なお、事象発生前後でモニタリングポスト指示値に有意な変動は確認されていない。

※1 旧原子力安全・保安院からの指示文書に対して提出した「福島第一原子力発電所における淡水化装置濃縮水貯槽からの放射性物質を含む水の漏えいを踏まえた対応について（報告）」（平成24年4月5日）において、「雨水が溜まらないよう集水桝には隔離弁を設けておき、万一タンクからの漏えいが確認された場合は速やかに閉じる運用とする」と報告し常時「開」運用としていた。

2. タンクからの漏えい拡大防止策（応急対策）

2-1. 当該タンクからの漏えい拡大防止策

(1) 当該タンクからの漏えい防止策

当該タンク内に貯留されているRO濃縮水の漏えいを防止するため、RO濃縮水については、8月20日21時55分から8月21日21時13分にかけて、仮設ポンプによりH4北エリアB群に設置してあるRO濃縮水貯槽No.10タンクへ移送した。

事 象 の 状 況

(2) 当該堰内における漏えい範囲の拡大防止策

当該堰内における漏えい範囲の拡大を防止するため、当該タンクからの漏えいが顕著な箇所について、8月19日に吸水マットを設置するとともに、その周辺に土のうを設置した。

また、当該タンク周辺に設置した土のう内に溜まった水については、断続的に仮設タンクへ回収を行っていたが、8月20日21時55分から8月22日15時00分にかけて、仮設タンク内の水を仮設ポンプによりH4北エリアB群に設置してあるRO濃縮水貯槽 No.10 タンクへ約8m³移送した。

(3) H4北エリア周辺における漏えい拡大防止策

当該タンクから漏えいしたRO濃縮水の大半が当該堰外に流出して土壌へ浸透した可能性が高いこと、H4北エリア周辺に設置してある土のう式堰の外側地表面で高い放射線量が測定された地点があったことから、H4北エリア周辺における漏えい拡大や当該排水路への流出を防止するため、8月20日に以下の応急対策を実施した。

- a. 土のう式堰の隙間から漏えいが拡大するのを防止するため、土のう式堰の前面または背面に盛土を設置した。
- b. 土のう式堰を設置していない箇所から漏えいが拡大するのを防止するため、盛土（一部は土のう）と遮水シートによる土堰堤を設置した。
- c. 降雨水等が土壌へ浸透することにより、汚染された水や土砂等が排水路に流れ込むのを防止するため、土のう式堰の外側で高い放射線量が測定された地点までの道筋に遮水シートやブルーシートを設置した。

(4) 土のう式堰内の汚染土壌の回収

当該タンク周囲の堰内の表面および堰外の地表面の放射線量測定を実施した結果、漏えいしたタンクから側溝（B排水路）に向かって汚染範囲が認められた。このため、土のう式堰内の汚染土壌の除去を8月23日より開始した。

- a. 除去にあたり、線量調査結果を踏まえて汚染範囲を特定した後、当該範囲の土壌を回収し、角形タンク等に保管している。また、掘削毎に線量を確認し、70μm線量当量率（β線）が0.01mSv/h未満になることを基準としている。
- b. 除去完了箇所については、深さ約40～300cmにて汚染が明瞭にみられないことを確認した。
- c. 無線中継所付近については、多数の干渉配管等有り、汚染土壌の回収実施中である。（平成26年1月完了予定）

(5) 排水路内の汚染土壌回収

漏えいしたタンク付近の側溝（B排水路）コンクリート壁に汚染が認められたため、B/C系排水路合流部に土のうを設置し（8月27日完了）、H4北エリア周辺のB系排水路の清掃を実施した（9月11日完了）。

排水路内の土壌については、排水路内の滞留水を回収・移送後、堆積した土壌を回収するとともに、水路周辺部の除草を実施した。回収した水および土壌等については、鋼製角形タンク群へ移送し保管した。

2-2. タンク周辺の監視強化

当該タンクからRO濃縮水の漏えい事象を踏まえて、漏えい拡大防止や本事象の影響確認のために以下の対策を実施した。

(1) 堰外への漏えい拡大防止策

当該堰内に溜まった水が堰外に漏えいするのを防止するため、事象発生直後に閉止したドレン弁（3箇所）と同様に当該堰に設置されているすべてのドレン弁（21箇所）について、8月19日に閉止した。また、タンクを設置している全エリアのドレン弁についても8月28日に閉止した。

なお、堰内に溜まった降雨水はタンクにくみ上げ、暫定排水基準を満たしていれば排水する。暫定排水基準を満たさない堰内溜まり水はタンク等に回収する。年内までの暫定運用として、迅速な対応が求められる場合、堰内の溜まり水を堰内4箇所以上から直接採取・分析して、測定結果（前回（直近実績）と今回）が暫定排水基準を満たしていれば、降雨水排水用ドレン弁を開、もしくは排水ポンプにより堰内から直接排水する。

(2) タンク周辺の監視強化

- a. タンクからの漏えい状況の変化等を速やかに把握するため、これまで一日2回の頻度で行っていたタンク周辺の現場状況の確認を、9月2日から頻度および人数を増やし、9月21日からは一日4回（3名×10エリア×4回）に増強した。
- b. これまでは、主に漏えいに着眼した目視確認のみであったが、それに加え、個々のタンクの状態を確認するため線量・水位の測定を実施することとした。なお、水位の確認については、全フランジ型タンクを対象に個々のタンクに水位計を設置する予定であり、設置完了までの措置としてサーモカメラを用いた外部からの定期的な水位確認を実施している。
- c. パトロール方法の改善としては、個々のタンクについて確実に点検ができる方法（目視確認、線量測定、水位確認）、記録様式に変更するとともに、パトロール員に対して必要な教育・訓練を実施した。

(3) 汚染の状況把握

漏えい水が地下水、排水路、海洋へどのように影響しているのかを調査するため、既設の地下水バイパス井戸、調査坑のサンプリングに加え、新たにボーリングを行い、継続的に地下水の放射性物質濃度の測定を行うとともに、排水路の水や海水の放射能濃度分析を継続実施している。

事象の状況

2-3. 類似タンクの点検調査

当該タンク内の放射線量が高いことを考慮すると、漏えい箇所の特定や原因調査に時間を要する可能性もあることから、発電所構内で使用している当該タンクと同じ全ボルト締めタイプの類似タンク（305基^{※2}）、およびタンク周辺に設置してある堰（以下、「外周堰」という。）について、8月22日に外観点検および雰囲気線量当量率測定を実施した。

外観点検の結果、すべての類似タンクおよび外周堰に漏えいや水溜まり等の異常は確認されなかったが、雰囲気線量当量率を測定した結果、H3エリアA群RO濃縮水貯槽 No.10 タンク底部のフランジ部近傍で約 69.5mSv/h（70 μ m 線量当量率（ β 線））、H3エリアB群RO濃縮水貯槽 No.4 タンク底部のフランジ部近傍で約 99.5mSv/h（70 μ m 線量当量率（ β 線））あることを確認した。

上記のタンク2基について水位を測定したところ、RO濃縮水受け入れ時と比較して水位低下は確認されなかったことから、タンク2基ともに漏えいの可能性はないと判断した。

なお、念のため、タンク内に貯留しているRO濃縮水の漏えいリスクを低減する観点から廃液RO供給タンクへ水移送を行うこととし、H3エリアB群RO濃縮水貯槽 No.4 タンクについては移送中、H3エリアA群RO濃縮水貯槽 No.10については9月11日に移送完了した。

※2 フランジ型タンクは底板止水構造により TYPE-1～5に大別され、設置数305基の内訳は TYPE-1は120基、TYPE-1'は20基、TYPE-2は37基、TYPE-3とTYPE-4は59基、TYPE-5は69基である。なお、当該タンクはTYPE-1である。

<p>事 象 の 状 況</p>	<p>2-4. 使用履歴調査</p> <p>当該タンクの使用履歴調査を進めているなかで、当該タンクを含むタンク3基について、元々はH1東エリアに設置したが、タンク設置後の水張り試験中にタンク周辺の基礎部分が一部沈下したため、平成23年8月上旬に解体していること、および解体後のタンク3基はH2エリアに移設する計画であったが、実際には当該タンクを含めH4北エリアに移設（他のタンク2基はH4北エリアI群RO濃縮水貯槽 No.10 タンクおよびH4北エリアII群RO濃縮水貯槽 No.3 タンク）していることが判明した。</p> <p>なお、H4北エリアに移設した後は、平成23年10月に水張り試験を実施してタンク3基ともに漏えい等の異常がないことを確認していた。</p> <p>当該タンクと同様の経緯を辿ったタンク2基については、タンク内に貯留しているRO濃縮水の漏えいリスクを低減する観点から水移送を行うこととし、H4北エリアII群RO濃縮水貯槽 No.3 タンク内のRO濃縮水については、H4北エリアB群に設置してあるRO濃縮水貯槽（No.10 タンク）へ移送中である。（H4北エリアI群RO濃縮水貯槽 No.10 タンクについては8月27日に移送完了）</p>
<p>事 象 の 原 因</p>	<p>1. 原因調査内容および結果</p> <p>当該タンクからの漏えい箇所および漏えい原因の特定のために行った調査の内容及び結果について、以下に整理する。調査については、当該タンク構造から、漏えい箇所として推定される部位について、タンクの解体前、解体中、解体後に分類して調査を行った。また、漏えい箇所として、側板および底板における母材（溶接部）とフランジ部、並びに他タンクとの連結管と隣接弁を対象とした。</p> <p>1-1. タンク漏えい箇所の調査結果（解体前）</p> <p>(1) 側板</p> <p>a. 母材（溶接部）</p> <p>①外面目視確認</p> <p>側板外面について、タンク内保有水の水抜き前に行った目視確認の結果、有意な漏えいは確認されなかった。</p> <p>②外面線量測定</p> <p>タンク内の高いβ線量を有する汚染水が漏えいした場合、漏えい痕は高いβ線量を示すと考えられるため、側板外面の線量測定を行った。測定の結果、側板1段目板材の下部と周方向フランジ材との溶接部近傍において、比較的線量の高い部位（約40mSv/h（70μm線量当量率（β線）））が1箇所確認された。（局所的な錆の発生も確認）</p> <p>また、その他の箇所では漏えいを示唆するような高線量箇所は認められなかった。</p> <p>③側板外面局所バキューム試験</p> <p>側板外面において比較的高線量が確認された箇所（発錆部）について、念のためタンク外面からの局所バキューム試験を行った。試験の結果、当該部に塗布した発泡液からの継続的な泡の発生は確認されず、漏えいパスとして想定されるタンク内面の溶接部付近に塗布したムースの吸い込みも確認されなかったため、漏えいパスは確認されなかった。</p> <p>④内面目視確認</p> <p>側板内面について、タンク内部から行った目視確認の結果、側板1段目板材と縦フランジ材との溶接部の近傍において、一部に錆の発生と思われる変色部が確認された。確認された錆と思われる変色部の表面付着物は容易に剥離するものであり、付着物剥離後のタンク内表面には塗装が概ね残存していた。</p>

事 象 の 原 因

- b. フランジ部
- ①外面目視確認
「(1) 側板 a. 母材 (溶接部) ①外面目視確認」と同様に行った目視確認の結果、有意な漏えいは確認されなかった。
- ②外面線量測定
「(1) 側板 a. 母材 (溶接部) ②外面線量測定」と同様に行った線量測定の結果、漏えいを示唆するような高線量箇所は確認されなかった。
- ③内面目視確認
「(1) 側板 a. 母材 (溶接部) ④内面目視確認」と同様に行った目視確認の結果、フランジ部 (周方向及び縦方向) 内面のシーリング材の変形、剥離およびパッキンの飛び出しを一部確認した。
- ④内面線量測定
タンク内部から行った線量測定の結果、フランジ部 (周方向及び縦方向) 内面の線量は概ね 10mSv/h 程度 (70 μ m 線量当量率 (β 線)) で、最大約 20mSv/h 程度 (70 μ m 線量当量率 (β 線)) であり、著しく線量の高い部位は確認されなかった。
- (2) 底板
- a. 母材 (溶接部)
- ①底板バブリング試験
タンク内部に低水位で水を張った状態で底板下部 (底板とコンクリート基礎との隙間) を空気により加圧し、タンク内部での気泡発生有無を確認する底板バブリング試験を行った。試験の結果、タンク内部での気泡の発生は確認されず、漏えいパスは確認されなかった。
- ②底板下部バキューム試験
タンク水抜き後、底板下部 (底板とコンクリート基礎との隙間) をタンク外部から真空ポンプにて吸引し、タンク内部に塗布したムースの吸い込み有無を確認する底板下部バキューム試験を行った。試験の結果、底板フランジ取り付け溶接部において泡は吸込まれず、漏えいパスは確認されなかった。
- b. フランジ部
- ①底板バブリング試験
「(2) 底板 a. 母材 (溶接部) ①底板バブリング試験」と同様に行った試験の結果、気泡の発生は確認されなかった。
- ②内面目視確認
タンク内部から行った目視確認の結果、フランジ部のシーリング材の膨らみが一部確認された。
- ③ボルト打診試験
底板フランジ部のボルト打診試験の結果、ボルト (5本) の緩みが確認された。
- ④内面線量測定
タンク内部から行った線量測定の結果、底板フランジ部の線量は概ね 10mSv/h 程度 (70 μ m 線量当量率 (β 線)) で、最大約 22mSv/h (70 μ m 線量当量率 (β 線)) であり、著しく線量の高い部位は確認されなかった。
- ⑤底板下部バキューム試験
「(2) 底板 a. 母材 (溶接部) ②底板下部バキューム試験」と同様に行った試験の結果、底板フランジ部のうち隣り合う2本のボルト部 (ボルト打診試験で緩みが確認されたボルトではない) から泡の吸い込み (漏えいパスと考えられる貫通部が存在すること) が確認された。

事 象 の 原 因

⑥底板局所バキューム試験

底板下部バキューム試験にて泡の吸い込みが確認された箇所について、タンク内部から局所バキューム試験を行った。試験の結果、当該部に塗布した発泡液による当該ボルト部での発泡（漏えいパスと考えられる貫通部が存在すること）が確認された。

なお、念のため、緩みが確認されたボルト（5本）およびシーリング材の膨らみが確認された代表部についても試験を実施したが、発泡は確認されなかった。

(3) 連結管および隣接弁

a. 外観目視確認

当該タンクと隣接するタンクを連結するための連結管および連結管に設置されている当該タンク隣接弁に対して、水抜き前に行った外観目視検査の結果、有意な漏えいは確認されなかった。

b. 線量測定

連結管および隣接弁の線量測定の結果、漏えいを示唆するような高線量箇所は確認されなかった。

1-2. タンク漏えい箇所の調査結果（解体中）

(1) 側板

a. フランジ部

①ボルトのトルク測定

側板1段目の縦方向フランジおよび底板と接続する周方向フランジのボルトトルク測定を行った。測定の結果、平均して縦方向フランジでは約 $390\text{N}\cdot\text{m}$ 、周方向フランジでは約 $450\text{N}\cdot\text{m}$ のトルク値であり、締付け時のトルク値（縦 $950\text{N}\cdot\text{m}$ 、周 $600\text{N}\cdot\text{m}$ ）からの低下が見られた。また、底板フランジ（後述）と比較するとトルク値は高い傾向であった。なお、側板フランジのボルトはタンク外面に位置しており、タンク設置後に2回の増し締めを実施している。

(2) 底板

a. フランジ部

①フランジ面間・段差測定

底板フランジ部のシーリング材を除去した後、フランジ面間距離およびフランジ段差の測定を行った。面間距離測定のため、フランジ（設計幅 $25\text{mm}\times 2$ 枚）を含むフランジ幅を測定した結果、漏えいパス箇所と考えられるボルト部（2本）のあるラインのフランジの幅は概ね 50mm 程度であり、他のラインの底板フランジの幅と比較するとやや値が小さい傾向が見られた。なお、漏えいパス箇所と考えられるボルト部（2本）の両脇のフランジ幅は 49.9mm と 50.9mm であり、同一ライン上の他箇所のフランジ幅との顕著な相違は確認されなかった。

フランジ段差測定の結果、測定された段差は最大で 4mm 程度であり、漏えいパス箇所と考えられるボルト部（2本）において、段差はみられなかった。

②ボルトのトルク測定

底板フランジ部のボルトトルク測定の結果、確認されたトルク値は平均で $202\text{N}\cdot\text{m}$ 程度であり、全体的に締付け時のトルク値（ $950\text{N}\cdot\text{m}$ ）から低下が見られた。なお、漏えいパス箇所と考えられるボルト部（2本）のトルク値は $100\text{N}\cdot\text{m}$ と $240\text{N}\cdot\text{m}$ であり、他のボルトと比較して顕著な低下はみられなかった。

③底板下部バキューム試験

底板フランジ部のシーリング材を除去した後、再度底板下部バキューム試験を行った結果、シーリング材除去後のフランジ上面からのムースの吸い込みは確認されなかった。

また、漏えいパス箇所と考えられる部位のボルト2本を取り出し、底板下部バキューム試験を同様に行った結果、当該両ボルト穴内のフランジ面下側において、泡の吸い込みが確認された。

事 象 の 原 因

- ④漏えいパス箇所と考えられるボルト部の隙間測定および目視確認
- 漏えいパス箇所と考えられるボルト部（2本）について、ボルトを取り外す前に行った隙間測定の結果、2本のボルトにおいて、フランジとワッシャー、ワッシャーとボルトの間に隙間が確認され、隙間は最大で0.23mm程度であった。
- また、当該ボルト2本を取り外した後にボルト穴内の目視確認を行った結果、隣り合うボルト穴2箇所のうちマンホールに近い側にて幅約3mmで長さ約22mm、もう一方の箇所にて幅約2mmで長さ約11mmの開口部が確認された。なお、当該開口部は、底板下部バキューム試験にて泡が吸い込まれた箇所であった。
- 1-3. タンク漏えい箇所の調査結果（解体後）
- (1) 側板
- a. フランジ部
- ①浸透探傷液塗布による目視確認
- タンク解体中（直前）にタンク側板一段目のフランジ部内面に浸透探傷液を塗布し、タンク解体後にフランジ面の目視確認を行った。フランジ面の目視確認の結果、浸透探傷液の染み出し等の漏えいパスを示唆する部位は確認されなかった。
- (2) 底板
- a. フランジ部
- ①浸透探傷液塗布による目視確認
- タンク解体直前にタンク内面のフランジ部およびボルト部に浸透探傷液を塗布し、タンク解体後にフランジ面の目視確認を行った。フランジ面の目視確認の結果、既に確認されている漏えいパス部位と考えられるボルト部（2本）以外には、浸透探傷液の染み出し等の漏えいパスを示唆する部位は確認されなかった。
- ②漏えいパス箇所と考えられるボルト部の詳細目視確認
- 漏えいパスと考えられるボルト部（2本）近傍について、タンク解体後のフランジ面の詳細目視確認を行った。確認の結果、当該部のパッキン接触面は大きく蛇行しており、パッキン上端がフランジ面下端よりも下に飛び出していた痕跡（漏えいパスが形成されている状態）が確認された。
- また、当該のパッキンが飛び出していた箇所のフランジ面においては、パッキン接触痕とパテの間のフランジ面に発錆が確認された。
- ③フランジの開き測定
- 念のため行ったタンク解体後の底板フランジの開き（上端に対する下端の開き）測定の結果、漏えいパスと考えられる箇所（ボルト2本）および当該ラインのフランジ部において、フランジ下側の開きが確認されているものの、上端・下端の距離（約116mm）に対して軽微（1～2mm程度）なものであった。
- ④取外しボルトの外観確認
- 念のため行ったタンク解体後に、取外しボルトの外観確認および寸法測定の結果、漏えいパスと考えられる箇所のボルト2本において、有意な変形等の異常は確認されなかった。
- ⑤フランジ面の目視確認結果
- タンク解体後、フランジ面の目視確認を行った。確認の結果、フランジ面の状況から、パッキンがフランジ面下部に抜けるような様子（フランジ面のボルト部から下部にわたる発錆）は当該部以外に確認されなかった。
- (3) コンクリート基礎
- タンク解体後、タンクが設置されていた範囲について、コンクリート基礎の高低差の測量を行った。測量の結果、最も高い位置を基準に、最大で3cm程度の高低差がみられた。漏えいパスと考えられる箇所（ボルト2本）は、基準とした点より2cm程度低いが、周辺と比較して顕著に低いという傾向はみられなかった。

事 象 の 原 因

1-4. 調査結果に対する考察

(1) 漏えい箇所の特定

a. 側板母材（溶接部）

側板外面の一部の溶接部近傍に局所的な発錆および比較的高い線量が確認された部位があったものの、側板外面局所バキューム試験により漏えいパスが確認されなかったこと、また、その他の部位については汚染水保有時の外面目視確認にて有意な漏えいが確認されていないこと、外面線量確認にて漏えいを示唆する箇所がみられなかったことから、側板母材（溶接部）については、漏えい部位ではないものとする。

なお、側板内面の一部の溶接部に発錆と思われる変色部が確認されているが、当該部の表面付着物は容易に剥離するものであり、RO濃縮水に含まれる土砂成分等と腐食生成物の混合物が、帯電等により腐食部に選択的に付着したものと考える。当該部の塗装については、当該溶接部の検査を実施し、後日施工されているが、その際、洗浄等の確認はされていなかったため、当該部は、周囲の側板塗装よりも状態が相対的に劣り、腐食が発生したものと考える。なお、付着物剥離後のタンク内表面には塗装が概ね残存しており、腐食の程度は軽微でありタンク内面の止水性に影響を及ぼすものではないと考える。

b. 側板フランジ部

側板フランジ部の内面目視確認にてシーリング材の変形等が一部みられたものの、汚染水保有時の外面目視確認にて有意な漏えいが確認されていないこと、外面線量確認にて漏えいを示唆する箇所がみられなかったことから、側板フランジ部については漏えい部位ではないものとする。

なお、シーリング材の変形等については、パッキン（水膨張性止水材）の吸水による膨れやフランジボルトの増し締めによるものと考えられ、解体後のフランジ面確認等においても漏えいパスを示唆する状況は確認されなかったことから止水性を低下させる程の影響はないものと考えられるため、今回の漏えい事象の直接的な要因ではないものとする。

c. 底板母材（溶接部）

底板バブリング試験および底板下部バキューム試験により漏えいパスを示唆する箇所が確認できなかったため、底板母材（溶接部）については漏えい部位ではないものとする。

d. 底板フランジ部

底板フランジ部については、底板バブリング試験では気泡の発生が確認できなかったものの、底板下部バキューム試験にて隣り合う2本のボルト部からムースが吸込まれたこと、底板局部バキューム試験においても発泡剤による泡の発生を確認したことから、当該ボルト部に漏えいパスが存在することを確認した。さらに、タンク解体後のフランジ面の詳細確認により、当該部にてパッキン上端がフランジ面下端を突き抜けて飛び出し、漏えいパスが形成されていることを確認した。

漏えいパスについては、当該フランジ部上部のシーリング材除去後の底板局部バキューム試験ではフランジ上部からのムースの吸い込まれは確認されなかったこと、フランジ、ワッシャー、ボルトの間に隙間が確認されたこと、ボルト穴内のフランジ面に開口部が確認されたこと、タンク解体後のフランジ面の確認においてフランジ面からのパッキンの飛び出しが確認されていることから、フランジ、ワッシャー、ボルトの隙間からボルト穴を介して、パッキンが飛び出したフランジ面の開口部からタンク外に汚染水が漏えいしたものと考える。

なお、内部目視確認にてシーリング材の変形等がみられた箇所、ボルト打診試験にてボルトの緩みが確認された箇所については、底板下部バキューム試験にてムースの吸い込みが確認されなかったこと、タンク解体後のフランジ面目視確認により漏えいパスを示唆する状態が確認されなかったことから、漏えい箇所ではないものと考えられる。よって、変形、緩みは、今回の漏えい事象の直接的な要因ではないものとする。

事 象 の 原 因

ボルトの隙間測定の結果から、上記の漏えいパス箇所（ボルト 2 本）にフランジ、ワッシャー、ボルトとの間に隙間があることを確認したが、フランジ面の面間測定、段差測定、開き測定においては、漏えいパス箇所とそれ以外の箇所との顕著な差異は認められなかった。

また、底板バブリング試験では漏えいパス箇所からの気泡の発生が確認できなかったことについては、底板バブリング試験のためにコンクリート基礎面とタンク底板の間を加圧した方向がタンク内保有水の水圧による力方向と逆方向に作用していたことから、漏えい箇所の開口部を封止する挙動となった可能性が考えられる。

e. 連結管および隣接弁

連結管および隣接弁については、当該部水抜き前の目視確認にて有意な漏えいが確認されていないこと、線量確認にて漏えいを示唆するような高線量箇所が確認されていないことから、連結管および隣接弁については漏えい部位ではないものとする。

以上より、当該タンクにおけるRO濃縮処理水は、タンク底板のフランジ部のパッキンの飛び出しが確認された箇所（ボルト 2 本）から漏えいしたものとする。

(2) 漏えい原因の推定

底板解体後のフランジ面の目視確認により、漏えいパスのあるフランジ面では以下の状態が確認されている。

- ・パッキン（底板側）接触面の上部に位置するパテは若干うねっている。
- ・パッキン接触面の痕跡は残存パテのうねり形状よりも大きく蛇行している。
- ・パッキン接触痕とパテの間のフランジ面に発錆がみられる。
- ・漏えいパス箇所ではパッキンの上端がフランジ面下端よりも下に飛び出していた。
- ・漏えいパス箇所についても発錆がみられる。

これらから、漏えい発生メカニズムとしては以下と推定した。

- a. 漏えい部のフランジ接合面におけるパテの残存状況から、ボルト締め付け時にパッキン（底板側）に若干うねりが生じた可能性はあるが、タンク設置時は概ね水平に当該パッキンは設置されていた。
- b. タンク設置時のボルト締め付け以降、気温変化等によるフランジの熱膨張、収縮とタンク水圧等によりパッキンが徐々に落下した。
- c. パッキンの落下（ずれ）が継続し、最終的にタンク底部に飛び出し、フランジ面の開口に至り漏えいが生じた。

なお、鋼材・ボルト等の部材に間違いがないことや、工場溶接部の溶接不良がないこと、施工時に締結ボルトのトルク不足や部材の変形がないことを確認している。タンク漏えい箇所の調査において、締結ボルトのトルク低下等が確認されているが、漏えいが確認された部位のみに確認された事象ではないため、直接的な原因ではないものの、パッキンのずれを助長する要因（間接的な原因）となりうるものとする。

(3) 確認されている漏えい量との比較検証

「放射能の影響 1-1. (1)」のとおり、当該タンクからの総漏えい量については、約 3m の水位低下から約 300m³ と評価している。また、8月20日時点の水位低下は約6時間で約 5cm であったことから、漏えい率は約 5m³/6h と考えられる。しかしながら、漏えいを確認した8月19日以前にはパトロールにおいて明確な漏えいは確認されていなかった。

<p>事 象 の 原 因</p>	<p>今回の原因調査において、フランジ面の目視確認により漏えいパス内にも腐食がみられたことから、フランジ面の腐食が徐々に進行するとともにある時点でパッキンのずれが大きくなり、漏えい率が増大した可能性が考えられる。</p> <p>なお、約 $5\text{m}^3/6\text{h}$ の漏えいが発生する漏えいパスについて、当該水圧を考慮すると開口部の面積は計算上約 25mm^2 となるが、一方で漏えいパス箇所におけるフランジ・ボルト・ワッシャー部の隙間測定結果から算出される開口部の面積は約 16mm^2 程度であった。漏えいパスは腐食部を經由した複雑な開口形状で形成されていること、漏えい率を算出した際のタンク水位測定は精度の高い測定によるものでなく $1\sim 2\text{cm}$ 程度の誤差があった可能性を考慮すると、漏えい率からの計算値と隙間測定結果からの算出値は概ね一致しており、約 300m^3 の漏えいは当該の開口部から生じたものとする。</p> <p>(4) その他</p> <p>a. タンク移設の影響</p> <p>当該タンクは「事象の状況 2-4.」のとおり、H1東エリアから移設したタンクであるが、今回の漏えい原因はタンクの構造や初期不良によるものではなくパッキンに対する経時的な熱収縮影響等によるパッキンのずれと推定しており、タンクの移設が直接的な原因ではないものとする。なお、タンク移設後には水張り試験を行い、漏えいのないことを確認している。</p> <p>b. コンクリート基礎</p> <p>タンク解体後のコンクリート基礎確認により微細なクラックを1箇所確認したものの、幅が 0.03mm 以下、長さ約 80cm の密着した微細クラックであり、タンク付近に溜まった水の水位低下傾向もみられないことから、タンク底部の下に位置する土壌へ漏えいするようなコンクリート欠陥ではないものとする。</p> <p>2. 運用管理に関する経緯</p> <p>タンクから堰内外に約 300m^3 の漏えいが発生したことから、汚染水タンクの運用管理に関する経緯について、関係者に聞き取りし分析したところ、以下の項目が確認された。</p> <p>(1) 汚染水タンクの漏えい監視について</p> <p>従来、汚染水タンクについては、毎日2回のパトロールにおいて目視点検を実施しており、タンクエリアの堰内については、前日のパトロールにおいても水たまりが発見されていたが、以前から降雨水の一部が排水されずに水たまり状になることが確認されていたため、降雨水と漏えい水の判別がつけられない状況であった。このため、タンクからの汚染水漏えいの可能性があるとして線量等を確認することはなかった。この背景には、過去に側面フランジからの微少漏えいは発生していたが、定期的にフランジを増し締めすることによりタンクからの漏えいを防止できていたことから、汚染水タンクの管理に問題がないと考えていたこと等がある。また、現場のタンクが増加しているにもかかわらず、パトロール要員は10名程度で変わらなかったことや、被ばく低減の観点等からパトロールに十分な時間がかけられなかったこと、現場の状況を踏まえた対応ができなかったこと等が考えられる。</p> <p>また、各タンクへの水位計の設置など、パトロールによる目視点検以外、漏えいの早期発見手段を講じていなかったことも確認された。これは、上記のとおり、過去に側面フランジからの微少漏えいは発生していたが、定期的にフランジを増し締めすることによりタンクからの漏えいを防止できていたことから、汚染水タンクの管理に問題がないと考えていたことが背景にある。</p>
------------------	---

<p>事 象 の 原 因</p>	<p>(2) タンク堰ドレン弁の常時開運用について 「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」においては、汚染水の貯留設備には漏えい水の拡大を抑制するための堰等を設けることと定めていた。しかしながら、タンクから漏えいがあった際に素早く発見できるようにするため、降雨時に降雨を排出し、タンク設置エリアの床面を乾かすことを目的に堰のドレン弁を開運用としていた。この背景には、タンクから微少の漏えいを確認した場合にはドレン弁を閉止することにより漏えいを防止できる、また、タンクから大量に汚染水が漏れることは考えにくいとの判断があった。 また、降雨時に堰内に降った雨水は、発電所敷地内の一般排水路に流れる雨水と同程度の放射能濃度であるが、一旦溜めることにより、貯蔵しなければならなくなった場合には、貯蔵タンクの容量を圧迫するおそれがあることから、降雨水を堰内に溜めたくないという思惑が働いた。 これらのことから、堰のドレン弁については、現場の状況を優先した運用としていた。</p> <p>(3) 汚染水タンクの漏えいリスクについて 汚染水を貯留するタンクの設置については、増え続ける汚染水を確実に貯留しなければならないことから早期の設置が求められていた。このため、当初は短い工期で設営できるフランジ型タンクを設置し、その後、信頼性の高い溶接型タンクへのリプレースを計画的に進めることとしていたが、具体化されていなかった。 また、これまで汚染水対策については、複数の社内検討会でリスク管理を実施しており、その中でフランジ型タンクからの微少漏えいの可能性は共有されていた。一方、フランジ型タンクからの大量漏えいの可能性に関するリスクについては、どの検討会でも検討されなかった。 このような経緯となったのは、トレンチから港湾内への汚染水流出の対応や毎日 400m³ ずつ増加する汚染水を保管するためのタンク増設など、喫緊の現場作業が多かったこと、またフランジ型タンクが5年程度は使用可能と考えており、過去に側面フランジからの微少漏えいは発生していたが、上記のとおり汚染水タンクの管理に問題がないと考えていたことが挙げられる。</p>
<p>保護装置の種類及び動作状況</p>	<p>な し</p>
<p>放射能の影響</p>	<p>1. 環境への影響（汚染水の広がり）調査結果 タンクからの漏えい量評価や、漏えい水が地下水、排水路、海洋へどのように影響しているのかを調査した結果を以下に示す。今後も漏えい水の影響調査やそれを踏まえた流出経路・時期の検討を実施し、まとまった時点で再度報告する。</p> <p>1-1. タンクからの漏えい量の評価結果 (1) H4北エリアI群のRO濃縮水貯槽5基には連結配管が設置されており、RO濃縮水を受け入れる時には、RO濃縮水貯槽5基の水位が均等になるよう連結配管の弁を開けた状態で受け入れており、受け入れ後に連絡配管の弁を閉している。事象発生後、当該タンクおよびH4北エリアI群にある他のRO濃縮水貯槽4基について、タンク上蓋を開けて水位を測定したところ、他のRO濃縮水貯槽4基の水面は、タンク天井から0.5～0.6m程度、当該タンクの水面については、タンク天井から約3.4mの位置であったことから、タンク水位が約3m低下していると評価された。当該タンクは水位10mで約1,000m³貯留できるタンクであったことから、水位から算出すると約300m³の汚染水がタンク外へ流出したものと考えられた。</p>

放射能の影響

(2) 当該タンク群の水位については最後に実施したRO濃縮水の払出、受入操作時の水位トレンドから検証し以下のことが確認された。なお、水位計は受払タンク(No.7タンク)のみに設置しており、濃縮水の受払時には、タンク群の連結弁を開として実施していた。

- a. 送水途中で、当該タンク連結弁が突然閉となったと仮定すると、水位上昇の変化幅が大きくなるが、そのような傾向はなく水位上昇は一定に推移していた。
- b. 送水開始から終了まで連結弁の開度が十分でなかった場合(中間開や微開状態)、受け入れがなかった7月20日から22日に受入タンクの水位が若干低下するが、そのような傾向はなく受入タンクの水位は一定に推移した。

(3) 当該タンク内面にある喫水線の跡からタンク水位について調査した結果、以下のことが確認された。

- a. 当該タンク内面のタンク天井部から約60cm下の位置にタンク側面全周に渡って喫水線らしき跡が確認されたことから、当該タンクは少なくとも1回は満水状態になっていると考えられた。
- b. さらに低い位置において、タンク天井部から約120cmの位置、150cmの位置に喫水線らしきものが確認された。ただし、満水時の喫水線が全周に渡り確認されているが、低い位置の喫水線は部分的な跡であった。

以上のことから、当該タンクはRO濃縮水受入時には、満水状態であり、そこから徐々に水位が低下し、漏えい発見時の水位になったことから、漏えい量は約300m³と考えられる。

1-2. 地下水への影響調査結果

(1) 地表面の線量調査

漏えいタンクエリア周辺の地表面の線量率測定を行った。91ポイント測定を行った結果、漏えいタンクの北側から東側にかけて、70μm線量当量率(β線)で1mSv/hを超えるポイントが12ポイント発見された(うち1カ所は、漏えい水が排水路に流れ込んだと推定される排水路の法面)。

(2) ボーリングによる土壌汚染状況調査

a. 浅深度ボーリング

地表面の線量率が高かったエリアにて、2m程度の深さのボーリングを6カ所について実施済みであり、ボーリングコアの分析を実施し、結果をとりまとめ中である。

b. 漏えいタンク直下のボーリング

漏えいタンク直下の汚染確認のため、2m程度の深さのボーリングを2カ所実施(9月12日、13日試料採取)。ボーリングコアについて深さ毎に線量率を測定した結果、北東側のD-2からは、深さ1m程度まで70μm線量当量率(β線)で0.02mSv/h以上であり、漏えい水の影響を受けている可能性がある。なお、南西側のD-1からはバックグランドレベルを超える放射線は検出されなかった。

c. 深部ボーリング

地下水の放射性物質濃度の測定を目的に行った、7~25m程度の深さのボーリング8カ所のうち、漏えいタンク近傍の2カ所においてボーリングコアの深さ毎の線量率を測定した。その結果、北東側E-1のボーリングコアにおいて、深さ2.5m~4m程度まで70μm線量当量率(β線)で0.01mSv/h以上であった(深さ2mまでは土壌を入れ替え済み、2~2.5mまでは水を通しにくい地質)。なお、南西側のE-2からはバックグランドレベルを超える放射線は検出されなかった。

放射能の影響	<p>(3) 地下水の水質分析調査</p> <p>地下水位以深への影響を調査するため、追加ボーリング調査（E-1～8）を実施した結果、各地点で全βまたはトリチウムが検出されている。とりわけタンク直近のE-1地点においては、高濃度の全β、トリチウムが検出されている。</p> <p>なお、漏えいタンクエリア近傍のバックグラウンドレベルを把握するため、タンクエリアの西側にボーリングを行い（F-1）放射能分析を行った結果、100Bq/L程度のトリチウムが検出された。</p> <p>また、漏えいタンクエリアの西側にある既設のボーリング孔（地下水バイパス揚水井 No.5～No.12、調査孔B,C）において、放射性物質の濃度の監視を開始したが、全βは検出されておらず、トリチウム濃度についても有意な上昇は認められていないことから、現状はこれらの地点への汚染の影響はないと考える。</p> <p>1-3. 排水路への影響調査結果</p> <p>漏えいタンクエリア近傍の排水路（B 排水路）、その下流の排水路（C 排水路）、BおよびC排水路の上流地点にて、順次放射能分析を開始した。降雨等により放射能濃度に変動はあるものの、どの地点もほぼ一定の濃度で推移しているものと考えている。なお、汚染水を貯蔵しているタンク群の上流（B-0-1、C-0）においても測定を行っているが、これらの地点でも全ベータ放射能等が検出されている状況である。</p> <p>1-4. 海洋への影響調査結果</p> <p>排水路に流れ込んだ影響について調査を継続しているが、従来から実施している南北放水口付近の沿岸海域において、全βは検出されておらず、現状、海洋への影響はないと考える。</p>
被害者	なし
他に及ぼした障害	なし
復旧の日時	未定
再発防止対策	<p>1. 対策</p> <p>漏えい発生のメカニズムを踏まえて、設備面として以下の対策を実施し、再発防止や、万一漏えいした場合の影響拡大防止を図る。また、経緯の確認結果を踏まえて、運用面での対策を実施する。なお、福島第一原子力発電所の緊急安全対策として取りまとめ（11月8日公表）、対策の一部については実施中である。</p> <p>(1) タンク漏えいに関わる対策</p> <p>a. 溶接型タンクへのリプレースの促進</p> <p>今回漏えいが確認されたTYPE-1のフランジ型タンクから水抜きを進める。また、タンクの空きが多くなった時点で解体し、溶接型タンクを設置する。</p> <p>b. 溶接型タンクへのリプレースまでの暫定対策</p> <p>今回の汚染水漏えいの主たる要因は、気温変化等によるフランジの熱膨張、収縮およびタンク水圧によるパッキンのフランジ面からの飛び出しであり、ボルト等の間隙から当該隙間を通じて漏えいが発生したものと推定した。</p> <p>強化パトロール（線量測定）の結果から、現時点では他タンクにおける大きな漏えいは確認されていないが、今回の事象はすべてのフランジ型タンクで発生する可能性は否定できないため、今後の対応として、強化パトロールの継続実施に加え、溶接型タンクへのリプレースまでの間、「タンク底部のコーキング等による止水」を実施する。（着手済み。来年1月完了目途、天候により遅れる可能性有り）</p>

再 発 防 止 対 策	<p>なお、「底板下部へのシーリング材の充填」、「底板部（内部）へのシーリング材の充填」については実証試験（平成26年1月完了目途）を実施しており、その結果を踏まえ、実施を検討していく。</p> <p>また、他フランジ型タンク「TYPE-2～5」についても以下の調査・検討を行う。</p> <p>①底板フランジの止水構造毎に代表1基の状況を確認する（タンク底部フランジ面の外観目視など）（水抜き要否を検討中、年内に調査開始予定）。</p> <p>②底板フランジの止水状況確認結果を踏まえ、今後の対応の優先順位を検討する（同様な事象が発生した場合、漏えいするリスクが高い TYPE-1 は最優先とする）。</p> <p>（2）漏えい拡大防止策</p> <p>a. ドレン弁の閉運用 堰外への漏えい拡大防止策として堰のドレン弁を閉止する（実施済み）。</p> <p>b. タンク堰の嵩上げ タンク堰内溜まり水の溢水を防止するために、既存堰への鉄板設置により嵩上げする（年内目途）。なお、汚染レベルの最も高いH4北エリア、基礎に傾斜のあるBエリアおよびH1東エリアの堰天端レベルが低い箇所は嵩上げ済である。 信頼性向上対策として、堰の更なる嵩上げを計画する。</p> <p>c. 地中浸透防止 外周堰および堰と外周堰の間の地表面は、雨水の地中浸透防止のため、水密アスファルトコンクリート、吹付コンクリートなどによりフェーシングする。（年度内完了目途）</p> <p>d. 排水路流入防止 更なる汚染拡大防止のためB排水路内のライニングを実施中である（年内完了目途）。 また、タンク等の汚染水貯留設備からの流入が考えられるB排水路約1300mを暗渠化する（年内完了目途）。</p> <p>（3）早期検知のための対策</p> <p>a. パトロール強化 「事象の状況 2-2.（2）」のとおり、タンク周辺の監視を強化している。</p> <p>b. 雨水流入抑制 堰内への雨水流入抑制を目的に、堰内汚染の比較的高いエリアを優先的に、タンク上部に雨樋等を設置し、堰外に排水できるようにする（高線量汚染箇所は年内完了目途、その他エリアは来年3月完了目途）。これにより約60%の雨水流入を抑制できる。なお、台風27号対策として、H4北およびH4東の一部に仮設雨樋を設置済みである。</p> <p>c. 個々のタンクへの水位計の設置 現状、貯水タンクの水位計は、移送時のタンク群全体の水位管理を行うことができるようタンク群毎に1台設置していたが、個々のタンクに水位計を設置し（フランジ型タンクは完了、溶接型タンクは来年2月末を目途）、最終的には警報機能を設け、遠隔による常時監視を可能とする。（水位計の設置を優先し、順次実施）</p> <p>d. 排水路モニタ タンクから漏えいが発生した場合、海への流出経路となる排水路内において放射能を測定するため、連続監視用モニタを設置する（1月運用開始目途）。また、C排水路から港湾内へ排水するルートを検討する。</p>
-------------	--

再発防止対策	<p>(4) 運用面での対策（リスク管理の強化）</p> <p>ROタンクから大量の汚染水を漏えいさせてしまったこと等を踏まえ、汚染水問題への対応が経営の緊急課題であることを改めて認識したことから、この課題に対応するためには、意志決定の迅速化とリソースを集中投入することが必要と考え、廃炉体制・汚染水対応組織を抜本的に見直すこととし、8月26日に社長直轄の「汚染水・タンク対策本部」を設置した。</p> <p>今後の汚染水対策については、本対策本部を中心に、運用管理に関する経緯について確認した内容も含め、徹底した現状分析とリスク管理を行なうこととする。その中で、リスク管理に伴う方針の検討・対策に係る社内手続き及び責任の明確化を行い、トラブル時の機動力の強化を図り、汚染水問題に取り組んでいく。</p>
--------	--

福島第一原子力発電所
汚染水貯留設備RO濃縮水貯槽からの漏えいについて
(中間報告)

平成25年12月

東京電力株式会社

はじめに

平成25年8月19日、福島第一原子力発電所汚染水貯留設備RO濃縮水貯槽（H4北エリアタンク）の堰の内外において、前日のパトロールでは確認されなかった水溜まりを発見した。そのため、状況確認を行った結果、RO濃縮水貯槽（タンク）の水が、RO濃縮水貯槽の堰内および堰外に漏えいした可能性があることから、本事象については、福島第一規則第18条の規定に基づき、事故報告に該当すると判断するとともに、漏えい拡大防止のために応急対策を実施した。これらの内容等を原管発官25第309号（8月28日付け）にて原子力規制委員会に報告を行っている。

今回の報告書においては、タンク漏えい箇所の特定およびその直接原因が推定できたこと、汚染水タンクの運用管理に関する経緯について確認したこと、さらにはそれらに対する対策について立案できたことを記載し報告する。

今後も漏えい水による構内および海洋への影響調査、それを踏まえた流出経路・時期の検討を実施し、まとまった時点で再度報告する。

目 次

1. 件 名	1
2. 事象発生の日時	1
3. 事象発生の発電用原子炉施設	1
4. 事象発生時の状況	1
5. タンクからの漏えい拡大防止策（応急対策）	2
5-1. 当該タンクからの漏えい拡大防止策	
5-2. タンク周辺の監視強化	
5-3. 類似タンクの点検調査	
5-4. 使用履歴調査	
6. 環境への影響（汚染水の広がり）調査結果	5
6-1. タンクからの漏えい量の評価結果	
6-2. 地下水への影響調査結果	
6-3. 排水路への影響調査結果	
6-4. 海洋への影響調査結果	
7. 原因調査内容および結果	7
7-1. タンク漏えい箇所の調査結果（解体前）	
7-2. タンク漏えい箇所の調査結果（解体中）	
7-3. タンク漏えい箇所の調査結果（解体後）	
7-4. 調査結果に対する考察	
8. 運用管理に関する経緯	14
9. 対策	15
10. 添付資料	18

1. 件名

福島第一原子力発電所

汚染水貯留設備RO濃縮水貯槽からの漏えいについて

2. 事象発生の日時

平成25年8月19日14時28分

(福島第一規則第18条第12号に該当すると判断した日時)

3. 事象発生の発電用原子炉施設

汚染水処理設備等 貯留設備(タンク等) 中低濃度タンク RO濃縮水貯槽

4. 事象発生時の状況

平成25年8月19日9時50分頃、汚染水貯留設備の現場パトロールを実施していた当社社員が、H4北エリアRO濃縮水貯槽(鋼製円筒型タンク：フランジボルト締めタイプ)周辺に設置してある堰(以下、「当該堰」という。)の中に水が溜まっていること、および当該堰の外側2箇所に水溜まりがあることを発見した。

また、当該堰に設置してある降雨水排水用のドレン弁2箇所(常時「開」運用^{※1})から、当該堰内に溜まった水が堰外へ流出していることを確認したため、直ちに流出が確認されたドレン弁2箇所および近隣にあるドレン弁1箇所を閉止した。

水溜まりの状況を確認したところ、当該堰内では深さ約1cm、当該堰外では約3m×約3mの範囲で深さ約1cmと約0.5m×約6mの範囲で深さ約1cmであることを確認した。

現場確認中に当社社員が携行していたAPDの警報(設定値： β 線5mSv、 γ 線0.8mSv)が鳴動したことから、当該堰外にある水溜まりの雰囲気線量当量率を測定したところ、最大で98.5mSv/h(70 μ m線量当量率(β 線))を超えていることを確認した。

その後、H4北エリアに設置してあるRO濃縮水貯槽26基の外観について目視確認を実施したが、タンク表面に亀裂や漏えい等の異常は確認されなかったことから、水溜まりの発生原因の特定には至らなかった。

水溜まりの発生原因は特定できていないものの、当該堰内に溜まっていた水がドレン弁を通じて堰外へ漏えいしていたこと、当該堰外にある水溜まりで高い放射線量が測定されたことから、H4北エリアRO濃縮水貯槽に貯留しているRO濃縮水が漏えいした可能性がある^{と判断し、8月19日14時28分に福島第一規則第18条第12号「発電用原子炉施設の故障その他の不測の事態が生じたことにより、核燃料物質等(気体状のものを除く)が管理区域内で漏えいしたとき」に該当すると判断した。}

なお、前日の8月18日17時頃に実施した現場パトロールにおいては、当該堰内に水溜まりはあるが堰外に明確に認識できるような水溜まりは確認されていないこと、8月18日17時頃から水溜まりを発見するまでの間、発電所敷地内に設置した感雨計で降雨は感知されていないことを確認した。

当該堰内に溜まった水については、仮設ポンプおよび仮設タンクを設置し、8月19日1

※1 旧原子力安全・保安院からの指示文書に対して提出した「福島第一原子力発電所における淡水化装置濃縮水貯槽からの放射性物質を含む水の漏えいを踏まえた対応について(報告)」(平成24年4月5日)において、「雨水が溜まらないよう集水桝には隔離弁を設けておき、万一タンクからの漏えいが確認された場合は速やかに閉じる運用とする」と報告し常時「開」運用としていた。

9時頃から同日24時頃にかけて約4m³の水を回収したが、8月20日1時頃に当該堰内を確認したところ、H4北エリアI群にあるRO濃縮水貯槽No.5タンク（以下、「当該タンク」という。）付近から水溜まりが広がっているように見えること、および8月20日7時頃に確認した際には水溜まりの深さが約3cmまで上昇していることを確認した。

また、8月20日7時頃に当該タンクの上蓋を開けて水位を目視確認したところ、本来なら天井から約0.5mにあるべき水面が天井から約3mまで低下していることを確認した。

H4北エリアI群のRO濃縮水貯槽5基には連結配管が設置されており、RO濃縮水を受け入れる時には、RO濃縮水貯槽5基の水位が均等になるよう連結配管の弁を開けた状態で受け入れており、受け入れ後に連絡配管の弁を閉している。

その後、当該タンクおよびH4北エリアI群にある他のRO濃縮水貯槽4基（No.7～No.10タンク）について、タンク上蓋を開けて水位（巻尺を用いてタンク天井から水面までの距離）を測定したところ、他のRO濃縮水貯槽4基の水面は、タンク天井から0.5～0.6m程度、当該タンクの水面については、タンク天井から約3.4mの位置であったことから、水溜まりの発生原因については、8月20日9時40分に当該タンクからのRO濃縮水の漏えいであると判断した。

当該タンクの水位低下が約3mであることから、漏えい量は約300m³（タンク内径約12m）であることを確認したが、当該堰内に溜まっていた水の回収量（約4m³）や当該堰外で確認された水溜まりの量（約8m³）から考えると、当該タンクから漏えいしたRO濃縮水の大半は当該堰外に流出して土壤に浸透した可能性が高いと推定した。

なお、当該タンクの水の放射能濃度はCs-134が4.4×10¹Bq/cm³、Cs-137が9.2×10¹Bq/cm³、Sb-125が5.3×10¹Bq/cm³、全βが2.0×10⁵Bq/cm³であった。

事象発生当日の現場確認において、H4北エリアから東側にある排水路（以下、「当該排水路」という。）、およびH4北エリアから南東側にある沈砂池までの地表面に水の流れは確認されなかったが、H4北エリア周辺の表面線量当量率等を測定したところ、H4北エリア周辺に設置してある土のう式堰の外側地表面（当該排水路近隣）で、最大95.55mSv/h（70μm線量当量率（β線））の地点があることを確認した。

また、8月21日に実施した現場確認において、当該排水路のコンクリート壁面に筋状の流れた痕跡を確認したため、コンクリート壁面の表面線量当量率を測定したところ、最大5.80mSv/h（70μm線量当量率（β線））であったことから、汚染した土砂等が排水路に流れ込んだ可能性があることが判明した。

なお、事象発生前後でモニタリングポスト指示値に有意な変動は確認されていない。

（添付資料－1，3）

5. タンクからの漏えい拡大防止策（応急対策）

5-1. 当該タンクからの漏えい拡大防止策

（1）当該タンクからの漏えい防止策

当該タンク内に貯留されているRO濃縮水の漏えいを防止するため、RO濃縮水については、8月20日21時55分から8月21日21時13分にかけて、仮設ポンプによりH4北エリアB群に設置してあるRO濃縮水貯槽No.10タンクへ移送した。

（添付資料－2（1/2））

（2）当該堰内における漏えい範囲の拡大防止策

当該堰内における漏えい範囲の拡大を防止するため、当該タンクからの漏えいが顕著な箇所について、8月19日に吸水マットを設置するとともに、その周辺に土のうを設置し

た。

また、当該タンク周辺に設置した土のう内に溜まった水については、断続的に仮設タンクへ回収を行っていたが、8月20日21時55分から8月22日15時00分にかけて、仮設タンク内の水を仮設ポンプによりH4北エリアB群に設置してあるRO濃縮水貯槽No.10タンクへ約8m³移送した。

(添付資料-2 (1/2))

(3) H4北エリア周辺における漏えい拡大防止策

当該タンクから漏えいしたRO濃縮水の大半が当該堰外に流出して土壌へ浸透した可能性が高いこと、H4北エリア周辺に設置してある土のう式堰の外側地表面で高い放射線量が測定された地点があったことから、H4北エリア周辺における漏えい拡大や当該排水路への流出を防止するため、8月20日に以下の応急対策を実施した。

- a. 土のう式堰の隙間から漏えいが拡大するのを防止するため、土のう式堰の前面または背面に盛土を設置した。
- b. 土のう式堰を設置していない箇所から漏えいが拡大するのを防止するため、盛土（一部は土のう）と遮水シートによる土堰堤を設置した。
- c. 降雨水等が土壌へ浸透することにより、汚染された水や土砂等が排水路に流れ込むのを防止するため、土のう式堰の外側で高い放射線量が測定された地点までの道筋に遮水シートやブルーシートを設置した。

(添付資料-2 (2/2))

(4) 土のう式堰内の汚染土壌の回収

当該タンク周囲の堰内の表面および堰外の地表面の放射線量測定を実施した結果、漏えいしたタンクから側溝（B排水路）に向かって汚染範囲が認められた。このため、土のう式堰内の汚染土壌の除去を8月23日より開始した。

- a. 除去にあたり、線量調査結果を踏まえて汚染範囲を特定した後、当該範囲の土壌を回収し、角形タンク等に保管している。また、掘削毎に線量を確認し、70μm線量当量率（β線）が0.01mSv/h未満になることを基準としている。
- b. 除去完了箇所については、深さ約40~300cmにて汚染が明瞭にみられないことを確認した。
- c. 無線中継所付近については、多数の干渉配管等があり、汚染土壌の回収実施中である。
(平成26年1月完了予定)

(添付資料-3, 4)

(5) 排水路内の汚染土壌回収

漏えいしたタンク付近の側溝（B排水路）コンクリート壁に汚染が認められたため、B/C系排水路合流部に土のうを設置し（8月27日完了）、H4北エリア周辺のB系排水路の清掃を実施した（9月11日完了）。

排水路内の土壌については、排水路内の滞留水を回収・移送後、堆積した土壌を回収するとともに、水路周辺部の除草を実施した。回収した水および土壌等については、鋼製角形タンク群へ移送し保管した。

(添付資料-3, 5)

5-2. タンク周辺の監視強化

当該タンクからRO濃縮水の漏えい事象を踏まえて、漏えい拡大防止や本事象の影響確認のために以下の対策を実施した。

(1) 堰外への漏えい拡大防止策

当該堰内に溜まった水が堰外に漏えいするのを防止するため、事象発生直後に閉止したドレン弁（3箇所）と同様に当該堰に設置されているすべてのドレン弁（21箇所）について、8月19日に閉止した。また、タンクを設置している全エリアのドレン弁についても8月28日に閉止した。

なお、堰内に溜まった降雨水はタンクにくみ上げ、暫定排水基準を満たしていれば排水する。暫定排水基準を満足しない堰内溜まり水はタンク等に回収する。年内までの暫定運用として、迅速な対応が求められる場合、堰内の溜まり水を堰内4箇所以上から直接採取・分析して、測定結果（前回（直近実績）と今回）が暫定排水基準を満足していれば、降雨水排水用ドレン弁を開、もしくは排水ポンプにより堰内から直接排水する。

（添付資料－6）

(2) タンク周辺の監視強化

- a. タンクからの漏えい状況の変化等を速やかに把握するため、これまで一日2回の頻度で行っていたタンク周辺の現場状況の確認を、9月2日から頻度および人数を増やし、9月21日からは一日4回（3名×10エリア×4回）に増強した。
- b. これまでは、主に漏えいに着目した目視確認のみであったが、それに加え、個々のタンクの状態を確認するため線量・水位の測定を実施することとした。なお、水位の確認については、全フランジ型タンクを対象に個々のタンクに水位計を設置する予定であり、設置完了までの措置としてサーモカメラを用いた外部からの定期的な水位確認を実施している。
- c. パトロール方法の改善としては、個々のタンクについて確実に点検ができる方法（目視確認、線量測定、水位確認）、記録様式に変更するとともに、パトロール員に対して必要な教育・訓練を実施した。

（添付資料－7）

(3) 汚染の状況把握

漏えい水が地下水、排水路、海洋へどのように影響しているのかを調査するため、既設の地下水バイパス井戸、調査坑のサンプリングに加え、新たにボーリングを行い、継続的に地下水の放射性物質濃度の測定を行うとともに、排水路の水や海水の放射能濃度分析を継続実施している。

（添付資料－8）

5-3. 類似タンクの点検調査

当該タンク内の放射線量が高いことを考慮すると、漏えい箇所の特定や原因調査に時間を要する可能性もあることから、発電所構内で使用している当該タンクと同じ全ボルト締めタイプの類似タンク（305基^{※2}）、およびタンク周辺に設置してある堰（以下、「外周堰」という。）について、8月22日に外観点検および雰囲気線量当量率測定を実施した。

外観点検の結果、すべての類似タンクおよび外周堰に漏えいや水溜まり等の異常は確認されなかったが、雰囲気線量当量率を測定した結果、H3エリアA群RO濃縮水貯槽No.10タンク底部のフランジ部近傍で約69.5mSv/h（70μm線量当量率（β線））、

※2 フランジ型タンクは底板止水構造によりTYPE-1～5に大別され、設置数305基の内訳はTYPE-1は120基、TYPE-1'は20基、TYPE-2は37基、TYPE-3とTYPE-4は59基、TYPE-5は69基である。なお、当該タンクはTYPE-1である。

H3エリアB群RO濃縮水貯槽 No.4 タンク底部のフランジ部近傍で約 99.5mSv/h(70 μ m 線量当量率 (β 線)) あることを確認した。

上記のタンク2基について水位を測定したところ、RO濃縮水受け入れ時と比較して水位低下は確認されなかったことから、タンク2基ともに漏えいの可能性はないと判断した。

なお、念のため、タンク内に貯留しているRO濃縮水の漏えいリスクを低減する観点から廃液RO供給タンクへ水移送を行うこととし、H3エリアB群RO濃縮水貯槽 No.4 タンクについては移送中、H3エリアA群RO濃縮水貯槽 No.10 については9月11日に移送完了した。

(添付資料-9, 10)

5-4. 使用履歴調査

当該タンクの使用履歴調査を進めているなかで、当該タンクを含むタンク3基について、元々はH1東エリアに設置したが、タンク設置後の水張り試験中にタンク周辺の基礎部分が一部沈下したため、平成23年8月上旬に解体していること、および解体後のタンク3基はH2エリアに移設する計画であったが、実際には当該タンクを含めH4北エリアに移設(他のタンク2基はH4北エリアI群RO濃縮水貯槽 No.10 タンクおよびH4北エリアII群RO濃縮水貯槽 No.3 タンク)していることが判明した。

なお、H4北エリアに移設した後は、平成23年10月に水張り試験を実施してタンク3基ともに漏えい等の異常がないことを確認していた。

当該タンクと同様の経緯を辿ったタンク2基については、タンク内に貯留しているRO濃縮水の漏えいリスクを低減する観点から水移送を行うこととし、H4北エリアII群RO濃縮水貯槽 No.3 タンク内のRO濃縮水については、H4北エリアB群に設置してあるRO濃縮水貯槽(No.10 タンク)へ移送中である。(H4北エリアI群RO濃縮水貯槽 No.10 タンクについては8月27日に移送完了)

(添付資料-11)

6. 環境への影響(汚染水の広がり) 調査結果

タンクからの漏えい量評価や、漏えい水が地下水、排水路、海洋へどのように影響しているのかを調査した結果を以下に示す。今後も漏えい水の影響調査やそれを踏まえた流出経路・時期の検討を実施し、まとまった時点で再度報告する。

6-1. タンクからの漏えい量の評価結果

(1) H4北エリアI群のRO濃縮水貯槽5基には連結配管が設置されており、RO濃縮水を受け入れる時には、RO濃縮水貯槽5基の水位が均等になるよう連結配管の弁を開けた状態で受け入れており、受け入れ後に連絡配管の弁を閉している。事象発生後、当該タンクおよびH4北エリアI群にある他のRO濃縮水貯槽4基について、タンク上蓋を開けて水位を測定したところ、他のRO濃縮水貯槽4基の水面は、タンク天井から0.5~0.6m程度、当該タンクの水面については、タンク天井から約3.4mの位置であったことから、タンク水位が約3m低下していると評価された。当該タンクは水位10mで約1,000m³貯留できるタンクであったことから、水位から算出すると約300m³の汚染水がタンク外へ流出したものと考えられた。

(2) 当該タンク群の水位については最後に実施したRO濃縮水の払出、受入操作時の水位トレンドから検証し以下のことが確認された。なお、水位計は受払タンク(No.7タンク)

のみに設置しており、濃縮水の受払時には、タンク群の連結弁を開として実施していた。

- a. 送水途中で、当該タンク連結弁が突然閉となったと仮定すると、水位上昇の変化幅が大きくなるが、そのような傾向はなく水位上昇は一定に推移していた。
- b. 送水開始から終了まで連結弁の開度が十分でなかった場合（中間開や微開状態）、受け入れがなかった7月20日から22日に受入タンクの水位が若干低下するが、そのような傾向はなく受入タンクの水位は一定に推移した。

(3) 当該タンク内面にある喫水線の跡からタンク水位について調査した結果、以下のことが確認された。

- a. 当該タンク内面のタンク天井部から約 60cm 下の位置にタンク側面全周に渡って喫水線らしき跡が確認されたことから、当該タンクは少なくとも1回は満水状態になっていると考えられた。
- b. さらに低い位置において、タンク天井部から約 120cm の位置、150cm の位置に喫水線らしきものが確認された。ただし、満水時の喫水線が全周に渡り確認されているが、低い位置の喫水線は部分的な跡であった。

以上のことから、当該タンクはRO濃縮水受入時には、満水状態であり、そこから徐々に水位が低下し、漏えい発見時の水位になったことから、漏えい量は約 300m³と考えられる。

(添付資料-12)

6-2. 地下水への影響調査結果

(1) 地表面の線量調査

漏えいタンクエリア周辺の地表面の線量率測定を行った。91 ポイント測定を行った結果、漏えいタンクの北側から東側にかけて、70 μ m 線量当量率 (β 線) で 1mSv/h を超えるポイントが 12 ポイント発見された（うち1カ所は、漏えい水が排水路に流れ込んだと推定される排水路の法面）。

(添付資料-3)

(2) ボーリングによる土壌汚染状況調査

a. 浅深度ボーリング

地表面の線量率が高かったエリアにて、2m程度の深さのボーリングを6カ所について実施済みであり、ボーリングコアの分析を実施し、結果をとりまとめ中である。

(添付資料-8)

b. 漏えいタンク直下のボーリング

漏えいタンク直下の汚染確認のため、2m程度の深さのボーリングを2カ所実施（9月12日、13日試料採取）。ボーリングコアについて深さ毎に線量率を測定した結果、北東側のD-2からは、深さ1m程度まで 70 μ m 線量当量率 (β 線) で 0.02mSv/h 以上であり、漏えい水の影響を受けている可能性がある。なお、南西側のD-1からはバックグラウンドレベルを超える放射線は検出されなかった。

(添付資料-13)

c. 深部ボーリング

地下水の放射性物質濃度の測定を目的に行った、7~25m程度の深さのボーリング8カ所のうち、漏えいタンク近傍の2カ所においてボーリングコアの深さ毎の線量率を測定した。その結果、北東側E-1のボーリングコアにおいて、深さ 2.5m~4m程度まで 70

μm 線量当量率 (β 線) で 0.01mSv/h 以上であった (深さ 2m までは土壌を入れ替え済み、 $2\sim 2.5\text{m}$ までは水を通しにくい地質)。なお、南西側の E-2 からはバックグラウンドレベルを超える放射線は検出されなかった。

(添付資料-14)

(3) 地下水の水質分析調査

地下水位以深への影響を調査するため、追加ボーリング調査 (E-1~8) を実施した結果、各地点で全 β またはトリチウムが検出されている。とりわけタンク直近の E-1 地点においては、高濃度の全 β 、トリチウムが検出されている。

なお、漏えいタンクエリア近傍のバックグラウンドレベルを把握するため、タンクエリアの西側にボーリングを行い (F-1) 放射能分析を行った結果、 100Bq/L 程度のトリチウムが検出された。

また、漏えいタンクエリアの西側にある既設のボーリング孔 (地下水バイパス揚水井 No.5~No.12、調査孔 B,C) において、放射性物質の濃度の監視を開始したが、全 β は検出されておらず、トリチウム濃度についても有意な上昇は認められていないことから、現状はこれらの地点への汚染の影響はないと考える。

(添付資料-15, 16)

6-3. 排水路への影響調査結果

漏えいタンクエリア近傍の排水路 (B 排水路)、その下流の排水路 (C 排水路)、B および C 排水路の上流地点にて、順次放射能分析を開始した。降雨等により放射能濃度に変動はあるものの、どの地点もほぼ一定の濃度で推移しているものと考えている。なお、汚染水を貯蔵しているタンク群の上流 (B-O-1、C-O) においても測定を行っているが、これらの地点でも全ベータ放射能等が検出されている状況である。

(添付資料-17)

6-4. 海洋への影響調査結果

排水路に流れ込んだ影響について調査を継続しているが、従来から実施している南北放水口付近の沿岸海域において、全 β は検出されておらず、現状、海洋への影響はないと考える。

(添付資料-18)

7. 原因調査内容および結果

当該タンクからの漏えい箇所および漏えい原因の特定のために行った調査の内容及び結果について、以下に整理する。調査については、当該タンク構造から、漏えい箇所として推定される部位について、タンクの解体前、解体中、解体後に分類して調査を行った。また、漏えい箇所として、側板および底板における母材 (溶接部) とフランジ部、並びに他タンクとの連結管と隣接弁を対象とした。

7-1. タンク漏えい箇所の調査結果 (解体前)

(1) 側板

a. 母材 (溶接部)

① 外面目視確認

側板外面について、タンク内保有水の水抜き前に行った目視確認の結果、有意な漏え

いは確認されなかった。

②外面線量測定

タンク内の高い β 線量を有する汚染水が漏えいした場合、漏えい痕は高い β 線量を示すと考えられるため、側板外表面の線量測定を行った。測定の結果、側板1段目板材の下部と周方向フランジ材との溶接部近傍において、比較的線量の高い部位（約40mSv/h（70 μ m線量当量率（ β 線）））が1箇所確認された。（局所的な錆の発生も確認）

また、その他の箇所では漏えいを示唆するような高線量箇所は認められなかった。

③側板外面局所バキューム試験

側板外面において比較的高線量が確認された箇所（発錆部）について、念のためタンク外面からの局所バキューム試験を行った。試験の結果、当該部に塗布した発泡液からの継続的な泡の発生は確認されず、漏えいパスとして想定されるタンク内面の溶接部付近に塗布したムースの吸い込みも確認されなかったため、漏えいパスは確認されなかった。

④内面目視確認

側板内面について、タンク内部から行った目視確認の結果、側板1段目板材と縦フランジ材との溶接部の近傍において、一部に錆の発生と思われる変色部が確認された。確認された錆と思われる変色部の表面付着物は容易に剥離するものであり、付着物剥離後のタンク内表面には塗装が概ね残存していた。

b. フランジ部

①外面目視確認

「(1)側板a.母材(溶接部)①外面目視確認」と同様に行った目視確認の結果、有意な漏えいは確認されなかった。

②外面線量測定

「(1)側板a.母材(溶接部)②外面線量測定」と同様に行った線量測定の結果、漏えいを示唆するような高線量箇所は確認されなかった。

③内面目視確認

「(1)側板a.母材(溶接部)④内面目視確認」と同様に行った目視確認の結果、フランジ部(周方向及び縦方向)内面のシーリング材の変形、剥離およびパッキンの飛び出しを一部確認した。

④内面線量測定

タンク内部から行った線量測定の結果、フランジ部(周方向及び縦方向)内面の線量は概ね10mSv/h程度(70 μ m線量当量率(β 線))で、最大約20mSv/h程度(70 μ m線量当量率(β 線))であり、著しく線量の高い部位は確認されなかった。

(2) 底板

a. 母材(溶接部)

①底板バブリング試験

タンク内部に低水位で水を張った状態で底板下部(底板とコンクリート基礎との隙間)を空気により加圧し、タンク内部での気泡発生有無を確認する底板バブリング試験を行った。試験の結果、タンク内部での気泡の発生は確認されず、漏えいパスは確認されなかった。

②底板下部バキューム試験

タンク水抜き後、底板下部（底板とコンクリート基礎との隙間）をタンク外部から真空ポンプにて吸引し、タンク内部に塗布したムースの吸い込み有無を確認する底板下部バキューム試験を行った。試験の結果、底板フランジ取り付け溶接部において泡は吸込まれず、漏えいパスは確認されなかった。

b. フランジ部

①底板バブリング試験

「(2) 底板 a. 母材 (溶接部) ①底板バブリング試験」と同様に行った試験の結果、気泡の発生は確認されなかった。

②内面目視確認

タンク内部から行った目視確認の結果、フランジ部のシーリング材の膨らみが一部確認された。

③ボルト打診試験

底板フランジ部のボルト打診試験の結果、ボルト（5本）の緩みが確認された。

④内面線量測定

タンク内部から行った線量測定の結果、底板フランジ部の線量は概ね 10mSv/h 程度（70 μ m 線量当量率（ β 線））で、最大約 22mSv/h（70 μ m 線量当量率（ β 線））であり、著しく線量の高い部位は確認されなかった。

⑤底板下部バキューム試験

「(2) 底板 a. 母材 (溶接部) ②底板下部バキューム試験」と同様に行った試験の結果、底板フランジ部のうち隣り合う2本のボルト部（ボルト打診試験で緩みが確認されたボルトではない）から泡の吸い込み（漏えいパスと考えられる貫通部が存在すること）が確認された。

⑥底板局所バキューム試験

底板下部バキューム試験にて泡の吸い込みが確認された箇所について、タンク内部から局所バキューム試験を行った。試験の結果、当該部に塗布した発泡液による当該ボルト部での発泡（漏えいパスと考えられる貫通部が存在すること）が確認された。

なお、念のため、緩みが確認されたボルト（5本）およびシーリング材の膨らみが確認された代表部についても試験を実施したが、発泡は確認されなかった。

(3) 連結管および隣接弁

a. 外観目視確認

当該タンクと隣接するタンクを連結するための連結管および連結管に設置されている当該タンク隣接弁に対して、水抜き前に行った外観目視検査の結果、有意な漏えいは確認されなかった。

b. 線量測定

連結管および隣接弁の線量測定の結果、漏えいを示唆するような高線量箇所は確認されなかった。

(添付資料-19)

7-2. タンク漏えい箇所の調査結果（解体中）

（1）側板

a. フランジ部

①ボルトのトルク測定

側板1段目の縦方向フランジおよび底板と接続する周方向フランジのボルトトルク測定を行った。測定の結果、平均して縦方向フランジでは約390N・m、周方向フランジでは約450N・mのトルク値であり、締付け時のトルク値（縦950N・m、周600N・m）からの低下が見られた。また、底板フランジ（後述）と比較するとトルク値は高い傾向であった。なお、側板フランジのボルトはタンク外面に位置しており、タンク設置後に2回の増し締めを実施している。

（2）底板

a. フランジ部

①フランジ面間・段差測定

底板フランジ部のシーリング材を除去した後、フランジ面間距離およびフランジ段差の測定を行った。面間距離測定のため、フランジ（設計幅25mm×2枚）を含むフランジ幅を測定した結果、漏えいパス箇所と考えられるボルト部（2本）のあるラインのフランジの幅は概ね50mm程度であり、他のラインの底板フランジの幅と比較するとやや値が小さい傾向が見られた。なお、漏えいパス箇所と考えられるボルト部（2本）の両脇のフランジ幅は49.9mmと50.9mmであり、同一ライン上の他箇所のフランジ幅との顕著な相違は確認されなかった。

フランジ段差測定の結果、測定された段差は最大で4mm程度であり、漏えいパス箇所と考えられるボルト部（2本）において、段差はみられなかった。

②ボルトのトルク測定

底板フランジ部のボルトトルク測定の結果、確認されたトルク値は平均で202N・m程度であり、全体的に締付け時のトルク値（950N・m）から低下が見られた。なお、漏えいパス箇所と考えられるボルト部（2本）のトルク値は100N・mと240N・mであり、他のボルトと比較して顕著な低下はみられなかった。

③底板下部バキューム試験

底板フランジ部のシーリング材を除去した後、再度底板下部バキューム試験を行った結果、シーリング材除去後のフランジ上面からのムースの吸い込みは確認されなかった。

また、漏えいパス箇所と考えられる部位のボルト2本を取り出し、底板下部バキューム試験を同様に行った結果、当該両ボルト穴内のフランジ面下側において、泡の吸い込みが確認された。

④漏えいパス箇所と考えられるボルト部の隙間測定および目視確認

漏えいパス箇所と考えられるボルト部（2本）について、ボルトを取り外す前に行った隙間測定の結果、2本のボルトにおいて、フランジとワッシャー、ワッシャーとボルトの間に隙間が確認され、隙間は最大で0.23mm程度であった。

また、当該ボルト2本を取り外した後にボルト穴内の目視確認を行った結果、隣り合うボルト穴2箇所のうちマンホールに近い側にて幅約3mmで長さ約22mm、もう一方の箇所にて幅約2mmで長さ約11mmの開口部が確認された。なお、当該開口部は、底板下部バキューム試験にて泡が吸い込まれた箇所であった。

（添付資料-20）

7-3. タンク漏えい箇所の調査結果（解体後）

(1) 側板

a. フランジ部

①浸透探傷液塗布による目視確認

タンク解体中（直前）にタンク側板一段目のフランジ部内面に浸透探傷液を塗布し、タンク解体後にフランジ面の目視確認を行った。フランジ面の目視確認の結果、浸透探傷液の染み出し等の漏えいパスを示唆する部位は確認されなかった。

(2) 底板

a. フランジ部

①浸透探傷液塗布による目視確認

タンク解体直前にタンク内面のフランジ部およびボルト部に浸透探傷液を塗布し、タンク解体後にフランジ面の目視確認を行った。フランジ面の目視確認の結果、既に確認されている漏えいパス部位と考えられるボルト部（2本）以外には、浸透探傷液の染み出し等の漏えいパスを示唆する部位は確認されなかった。

②漏えいパス箇所と考えられるボルト部の詳細目視確認

漏えいパスと考えられるボルト部（2本）近傍について、タンク解体後のフランジ面の詳細目視確認を行った。確認の結果、当該部のパッキン接触面は大きく蛇行しており、パッキン上端がフランジ面下端よりも下に飛び出していた痕跡（漏えいパスが形成されている状態）が確認された。

また、当該のパッキンが飛び出していた箇所のフランジ面においては、パッキン接触痕とパテの間のフランジ面に発錆が確認された。

③フランジの開き測定

念のため行ったタンク解体後の底板フランジの開き（上端に対する下端の開き）測定の結果、漏えいパスと考えられる箇所（ボルト2本）および当該ラインのフランジ部において、フランジ下側の開きが確認されているものの、上端・下端の距離（約116mm）に対して軽微（1～2mm程度）なものであった。

④取外しボルトの外観確認

念のため行ったタンク解体後に、取外しボルトの外観確認および寸法測定の結果、漏えいパスと考えられる箇所のボルト2本において、有意な変形等の異常は確認されなかった。

⑤フランジ面の目視確認結果

タンク解体後、フランジ面の目視確認を行った。確認の結果、フランジ面の状況から、パッキンがフランジ面下部に抜けるような様子（フランジ面のボルト部から下部にわたる発錆）は当該部以外に確認されなかった。

(3) コンクリート基礎

タンク解体後、タンクが設置されていた範囲について、コンクリート基礎の高低差の測量を行った。測量の結果、最も高い位置を基準に、最大で3cm程度の高低差がみられた。漏えいパスと考えられる箇所（ボルト2本）は、基準とした点より2cm程度低いが、周辺と比較して顕著に低いという傾向はみられなかった。

（添付資料-20）

7-4. 調査結果に対する考察

(1) 漏えい箇所の特定

a. 側板母材（溶接部）

側板外面の一部の溶接部近傍に局所的な発錆および比較的高い線量が確認された部位があったものの、側板外面局所バキューム試験により漏えいパスが確認されなかったこと、また、その他の部位については汚染水保有時の外面目視確認にて有意な漏えいが確認されていないこと、外面線量確認にて漏えいを示唆する箇所がみられなかったことから、側板母材（溶接部）については、漏えい部位ではないものとする。

なお、側板内面の一部の溶接部に発錆と思われる変色部が確認されているが、当該部の表面付着物は容易に剥離するものであり、RO濃縮水に含まれる土砂成分等と腐食生成物の混合物が、帯電等により腐食部に選択的に付着したものとする。当該部の塗装については、当該溶接部の検査を実施し、後日施工されているが、その際、洗浄等の確認はされていなかったため、当該部は、周囲の側板塗装よりも状態が相対的に劣り、腐食が発生したものとする。なお、付着物剥離後のタンク内表面には塗装が概ね残存しており、腐食の程度は軽微でありタンク内面の止水性に影響を及ぼすものではないとする。

b. 側板フランジ部

側板フランジ部の内面目視確認にてシーリング材の変形等が一部みられたものの、汚染水保有時の外面目視確認にて有意な漏えいが確認されていないこと、外面線量確認にて漏えいを示唆する箇所がみられなかったことから、側板フランジ部については漏えい部位ではないものとする。

なお、シーリング材の変形等については、パッキン（水膨張性止水材）の吸水による膨れやフランジボルトの増し締めによるものと考えられ、解体後のフランジ面確認等においても漏えいパスを示唆する状況は確認されなかったことから止水性を低下させる程の影響はないものと考えられるため、今回の漏えい事象の直接的な要因ではないものとする。

c. 底板母材（溶接部）

底板バブリング試験および底板下部バキューム試験により漏えいパスを示唆する箇所が確認できなかったため、底板母材（溶接部）については漏えい部位ではないものとする。

d. 底板フランジ部

底板フランジ部については、底板バブリング試験では気泡の発生が確認できなかったものの、底板下部バキューム試験にて隣り合う2本のボルト部からムースが吸込まれたこと、底板局部バキューム試験においても発泡剤による泡の発生を確認したことから、当該ボルト部に漏えいパスが存在することを確認した。さらに、タンク解体後のフランジ面の詳細確認により、当該部にてパッキン上端がフランジ面下端を突き抜けて飛び出し、漏えいパスが形成されていることを確認した。

漏えいパスについては、当該フランジ部上部のシーリング材除去後の底板局部バキューム試験ではフランジ上部からのムースの吸い込まれは確認されなかったこと、フランジ、ワッシャー、ボルトの間に隙間が確認されたこと、ボルト穴内のフランジ面に開口部が確認されたこと、タンク解体後のフランジ面の確認においてフランジ面からのパッキンの飛び出しが確認されていることから、フランジ、ワッシャー、ボルトの隙間からボルト穴を介して、パッキンが飛び出したフランジ面の開口部からタンク外に汚染水が

漏えいしたものと考える。

なお、内部目視確認にてシーリング材の変形等がみられた箇所、ボルト打診試験にてボルトの緩みが確認された箇所については、底板下部バキューム試験にてムースの吸い込みが確認されなかったこと、タンク解体後のフランジ面目視確認により漏えいパスを示唆する状態が確認されなかったことから、漏えい箇所ではないものと考えられる。よって、変形、緩みは、今回の漏えい事象の直接的な要因ではないものと考える。

ボルトの隙間測定の結果から、上記の漏えいパス箇所（ボルト2本）にフランジ、ワッシャー、ボルトとの間に隙間があることを確認したが、フランジ面の面間測定、段差測定、開き測定においては、漏えいパス箇所とそれ以外の箇所との顕著な差異は認められなかった。

また、底板バブリング試験では漏えいパス箇所からの気泡の発生が確認できなかったことについては、底板バブリング試験のためにコンクリート基礎面とタンク底板の間を加圧した方向がタンク内保有水の水圧による力方向と逆方向に作用していたことから、漏えい箇所の開口部を封止する挙動となった可能性が考えられる。

e. 連結管および隣接弁

連結管および隣接弁については、当該部水抜き前の目視確認にて有意な漏えいが確認されていないこと、線量確認にて漏えいを示唆するような高線量箇所が確認されていないことから、連結管および隣接弁については漏えい部位ではないものと考える。

以上より、当該タンクにおけるRO濃縮処理水は、タンク底板のフランジ部のパッキンの飛び出しが確認された箇所（ボルト2本）から漏えいしたものと考える。

(2) 漏えい原因の推定

底板解体後のフランジ面の目視確認により、漏えいパスのあるフランジ面では以下の状態が確認されている。

- ・ パッキン（底板側）接触面の上部に位置するパテは若干うねっている。
- ・ パッキン接触面の痕跡は残存パテのうねり形状よりも大きく蛇行している。
- ・ パッキン接触痕とパテの間のフランジ面に発錆がみられる。
- ・ 漏えいパス箇所ではパッキンの上端がフランジ面下端よりも下に飛び出していた。
- ・ 漏えいパス箇所についても発錆がみられる。

これらから、漏えい発生のメカニズムとしては以下と推定した。

- a. 漏えい部のフランジ接合面におけるパテの残存状況から、ボルト締め付け時にパッキン（底板側）に若干うねりが生じた可能性はあるが、タンク設置時は概ね水平に当該パッキンは設置されていた。
- b. タンク設置時のボルト締め付け以降、気温変化等によるフランジの熱膨張、収縮とタンク水圧等によりパッキンが徐々に落下した。
- c. パッキンの落下（ずれ）が継続し、最終的にタンク底部に飛び出し、フランジ面の開口に至り漏えいが生じた。

なお、鋼材・ボルト等の部材に間違いがないことや、工場溶接部の溶接不良がないこと、施工時に締結ボルトのトルク不足や部材の変形がないことを確認している。タ

ンク漏えい箇所の調査において、締結ボルトのトルク低下等が確認されているが、漏えいが確認された部位のみに確認された事象ではないため、直接的な原因ではないものの、パッキンのずれを助長する要因（間接的な原因）となりうるものとする。

（添付資料－21）

（3）確認されている漏えい量との比較検証

「6-1.（1）」のとおり、当該タンクからの総漏えい量については、約3mの水位低下から約300m³と評価している。また、8月20日時点の水位低下は約6時間で約5cmであったことから、漏えい率は約5m³/6hと考えられる。しかしながら、漏えいを確認した8月19日以前にはパトロールにおいて明確な漏えいは確認されていなかった。

今回の原因調査において、フランジ面の目視確認により漏えいパス内にも腐食がみられたことから、フランジ面の腐食が徐々に進行するとともにある時点でパッキンのずれが大きくなり、漏えい率が增大した可能性が考えられる。

なお、約5m³/6hの漏えいが発生する漏えいパスについて、当該水圧を考慮すると開口部の面積は計算上約25mm²となるが、一方で漏えいパス箇所におけるフランジ・ボルト・ワッシャー部の隙間測定結果から算出される開口部の面積は約16mm²程度であった。漏えいパスは腐食部を経由した複雑な開口形状で形成されていること、漏えい率を算出した際のタンク水位測定は精度の高い測定によるものでなく1～2cm程度の誤差があった可能性を考慮すると、漏えい率からの計算値と隙間測定結果からの算出値は概ね一致しており、約300m³の漏えいは当該の開口部から生じたものとする。

（添付資料－22）

（4）その他

a. タンク移設の影響

当該タンクは「5-4.」のとおり、H1東エリアから移設したタンクであるが、今回の漏えい原因はタンクの構造や初期不良によるものではなくパッキンに対する経時的な熱収縮影響等によるパッキンのずれと推定しており、タンクの移設が直接的な原因ではないものとする。なお、タンク移設後には水張り試験を行い、漏えいのないことを確認している。

b. コンクリート基礎

タンク解体後のコンクリート基礎確認により微細なクラックを1箇所確認したものの、幅が0.03mm以下、長さ約80cmの密着した微細クラックであり、タンク付近に溜まった水の水位低下傾向もみられないことから、タンク底部の下に位置する土壌へ漏えいするようなコンクリート欠陥ではないものとする。

（添付資料－23）

8. 運用管理に関する経緯

タンクから堰内外に約300m³の漏えいが発生したことから、汚染水タンクの運用管理に関する経緯について、関係者に聞き取りし分析したところ、以下の項目が確認された。

（1）汚染水タンクの漏えい監視について

従来、汚染水タンクについては、毎日2回のパトロールにおいて目視点検を実施しており、タンクエリアの堰内については、前日のパトロールにおいても水たまりが発見されていたが、以前から降雨水の一部が排水されずに水たまり状になることが確認されていたため、降雨水と漏えい水の判別がつけられない状況であった。このため、タンクからの汚染水漏えいの可能性があるとして線量等を確認することはなかった。この背景には、過去に

側面フランジからの微小漏えいは発生していたが、定期的にフランジを増し締めすることによりタンクからの漏えいを防止できていたことから、汚染水タンクの管理に問題がないと考えていたこと等がある。また、現場のタンクが増加しているにもかかわらず、パトロール要員は10名程度で変わらなかったことや、被ばく低減の観点等からパトロールに十分な時間がかけられなかったこと、現場の状況を踏まえた対応ができなかったこと等が考えられる。

また、各タンクへの水位計の設置など、パトロールによる目視点検以外、漏えいの早期発見手段を講じていなかったことも確認された。これは、上記のとおり、過去に側面フランジからの微小漏えいは発生していたが、定期的にフランジを増し締めすることによりタンクからの漏えいを防止できていたことから、汚染水タンクの管理に問題がないと考えていたことが背景にある。

(2) タンク堰ドレン弁の常時開運用について

「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」においては、汚染水の貯留設備には漏えい水の拡大を抑制するための堰等を設けることと定めていた。しかしながら、タンクから漏えいがあった際に素早く発見できるようにするため、降雨時に降雨を排出し、タンク設置エリアの床面を乾かすことを目的に堰のドレン弁を開運用としていた。この背景には、タンクから微小の漏えいを確認した場合にはドレン弁を閉止することにより漏えいを防止できる、また、タンクから大量に汚染水が漏れることは考えにくいとの判断があった。

また、降雨時に堰内に降った雨水は、発電所敷地内の一般排水路に流れる雨水と同程度の放射能濃度であるが、一旦溜めることにより、貯蔵しなければならなくなった場合には、貯蔵タンクの容量を圧迫するおそれがあることから、降雨水を堰内に溜めたくないという思惑が働いた。

これらのことから、堰のドレン弁については、現場の状況を優先した運用としていた。

(3) 汚染水タンクの漏えいリスクについて

汚染水を貯留するタンクの設置については、増え続ける汚染水を確実に貯留しなければならないことから早期の設置が求められていた。このため、当初は短い工期で設営できるフランジ型タンクを設置し、その後、信頼性の高い溶接型タンクへのリプレースを計画的に進めることとしていたが、具体化されていなかった。

また、これまで汚染水対策については、複数の社内検討会でリスク管理を実施しており、その中でフランジ型タンクからの微小漏えいの可能性は共有されていた。一方、フランジ型タンクからの大量漏えいの可能性に関するリスクについては、どの検討会でも検討されなかった。

このような経緯となったのは、トレンチから港湾内への汚染水流出の対応や毎日400m³ ずつ増加する汚染水を保管するためのタンク増設など、喫緊の現場作業が多かったこと、またフランジ型タンクが5年程度は使用可能と考えており、過去に側面フランジからの微小漏えいは発生していたが、上記のとおり汚染水タンクの管理に問題がないと考えていたことが挙げられる。

9. 対策

漏えい発生メカニズムを踏まえて、設備面として以下の対策を実施し、再発防止や、

万一漏えいした場合の影響拡大防止を図る。また、経緯の確認結果を踏まえて、運用面での対策を実施する。なお、福島第一原子力発電所の緊急安全対策として取りまとめ（11月8日公表）、対策の一部については実施中である。

（1）タンク漏えいに関わる対策

a. 溶接型タンクへのリプレースの促進

今回漏えいが確認された TYPE-1 のフランジ型タンクから水抜きを進める。また、タンクの空きが多くなった時点で解体し、溶接型タンクを設置する。

b. 溶接型タンクへのリプレースまでの暫定対策

今回の汚染水漏えいの主たる要因は、気温変化等によるフランジの熱膨張、収縮およびタンク水圧によるパッキンのフランジ面からの飛び出しであり、ボルト等の間隙から当該隙間を通じて漏えいが発生したものと推定した。

強化パトロール（線量測定）の結果から、現時点では他タンクにおける大きな漏えいは確認されていないが、今回の事象はすべてのフランジ型タンクで発生する可能性は否定できないため、今後の対応として、強化パトロールの継続実施に加え、溶接型タンクへのリプレースまでの間、「タンク底部のコーキング等による止水」を実施する。（着手済み。来年1月完了目途、天候により遅れる可能性有り）

なお、「底板下部へのシーリング材の充填」、「底板部（内部）へのシーリング材の充填」については実証試験（平成26年1月完了目途）を実施しており、その結果を踏まえ、実施を検討していく。

また、他フランジ型タンク「TYPE-2～5」についても以下の調査・検討を行う。

①底板フランジの止水構造毎に代表1基の状況を確認する（タンク底部フランジ面の外観目視など）（水抜き要否を検討中、年内に調査開始予定）。

②底板フランジの止水状況確認結果を踏まえ、今後の対応の優先順位を検討する（同様な事象が発生した場合、漏えいするリスクが高いTYPE-1は最優先とする）。

（2）漏えい拡大防止策

a. ドレン弁の閉運用

堰外への漏えい拡大防止策として堰のドレン弁を閉止する（実施済み）。

b. タンク堰の嵩上げ

タンク堰内溜まり水の溢水を防止するために、既存堰への鉄板設置により嵩上げする（年内目途）。なお、汚染レベルの最も高いH4北エリア、基礎に傾斜のあるBエリアおよびH1東エリアの堰天端レベルが低い箇所は嵩上げ済である。

信頼性向上対策として、堰の更なる嵩上げを計画する。

c. 地中浸透防止

外周堰および堰と外周堰の間の地表面は、雨水の地中浸透防止のため、水密アスファルトコンクリート、吹付コンクリートなどによりフェーシングする。（年度内完了目途）

d. 排水路流入防止

更なる汚染拡大防止のためB排水路内のライニングを実施中である（年内完了目途）。

また、タンク等の汚染水貯留設備からの流入が考えられるB排水路約1300mを暗渠化する（年内完了目途）。

(3) 早期検知のための対策

a. パトロール強化

「5-2. (2)」のとおり、タンク周辺の監視を強化している。

b. 雨水流入抑制

堰内への雨水流入抑制を目的に、堰内汚染の比較的高いエリアを優先的に、タンク上部に雨樋等を設置し、堰外に排水できるようにする（高線量汚染箇所は年内完了目途、その他エリアは来年3月完了目途）。これにより約60%の雨水流入を抑制できる。なお、台風27号対策として、H4北およびH4東の一部に仮設雨樋を設置済みである。

c. 個々のタンクへの水位計の設置

現状、貯水タンクの水位計は、移送時のタンク群全体の水位管理を行うことができるようタンク群毎に1台設置していたが、個々のタンクに水位計を設置し（フランジ型タンクは完了、溶接型タンクは来年2月末を目途）、最終的には警報機能を設け、遠隔による常時監視を可能とする。（水位計の設置を優先し、順次実施）

d. 排水路モニタ

タンクから漏えいが発生した場合、海への流出経路となる排水路内において放射能を測定するため、連続監視用モニタを設置する（1月運用開始目途）。また、C排水路から港湾内へ排水するルートを検討する。

（添付資料-24）

(4) 運用面での対策（リスク管理の強化）

ROタンクから大量の汚染水を漏えいさせてしまったこと等を踏まえ、汚染水問題への対応が経営の緊急課題であることを改めて認識したことから、この課題に対応するためには、意志決定の迅速化とリソースを集中投入することが必要と考え、廃炉体制・汚染水対応組織を抜本的に見直すこととし、8月26日に社長直轄の「汚染水・タンク対策本部」を設置した。

今後の汚染水対策については、本対策本部を中心に、運用管理に関する経緯について確認した内容も含め、徹底した現状分析とリスク管理を行なうこととする。その中で、リスク管理に伴う方針の検討・対策に係る社内手続き及び責任の明確化を行い、トラブル時の機動力の強化を図り、汚染水問題に取り組んでいく。

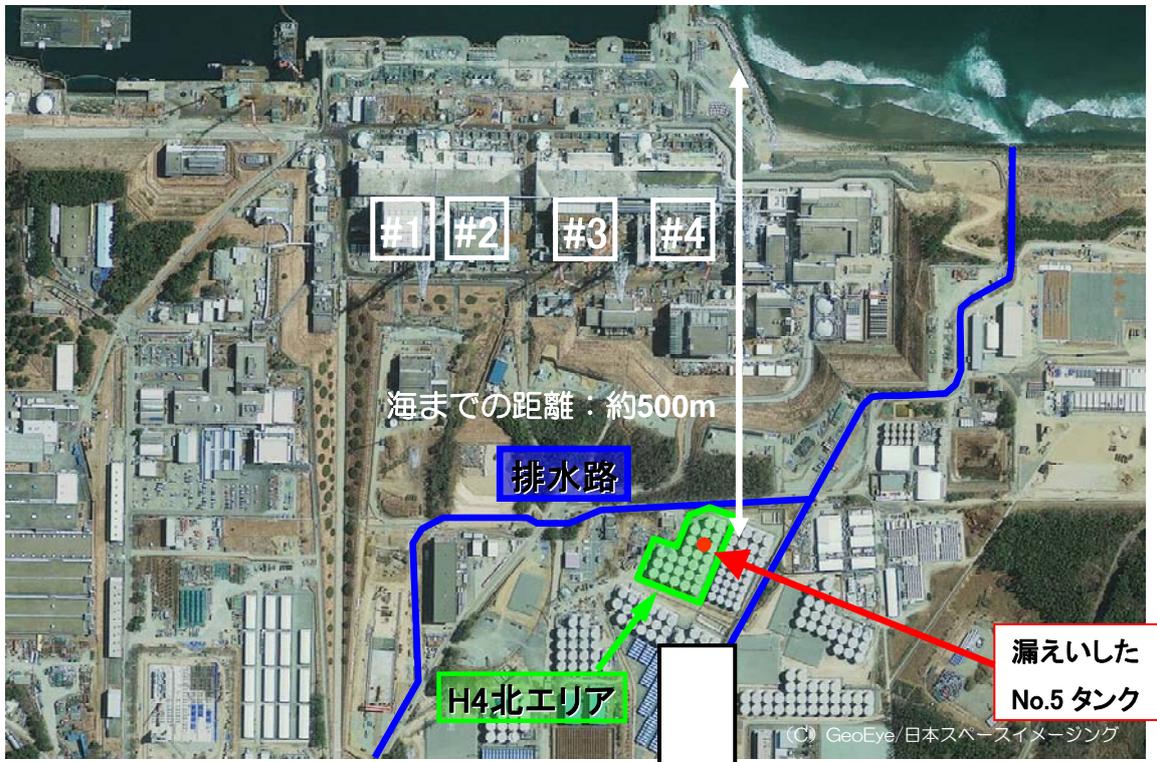
10. 添付資料

- 添付資料-1 漏えい発生箇所
- 添付資料-2 応急対策実施結果
- 添付資料-3 土壌への影響調査評価結果
- 添付資料-4 汚染土壌の調査・回収実施状況
- 添付資料-5 排水路内の土壌回収状況
- 添付資料-6 堰内溜まり水の回収・排水運用
- 添付資料-7 パトロール時の記録について
- 添付資料-8 タンク周辺の調査概要
- 添付資料-9 フランジ型タンクの種類
- 添付資料-10 類似箇所（同型タンク）の調査結果
- 添付資料-11 タンクエリアと排水路の位置
- 添付資料-12 タンクからの漏えい量評価
- 添付資料-13 漏えいタンク直下のボーリング調査結果
- 添付資料-14 深部ボーリング調査結果
- 添付資料-15 深部地下水汚染状況調査結果
- 添付資料-16 地下水への影響調査評価結果
- 添付資料-17 B、C 排水路の調査結果
- 添付資料-18 海洋への影響調査結果
- 添付資料-19 タンク漏えい箇所の調査状況まとめ（解体前）
- 添付資料-20 タンク漏えい箇所の調査状況まとめ（解体中・解体後）
- 添付資料-21 タンク漏えい原因調査結果の考察
- 添付資料-22 漏えい率からの漏えい面積の想定
- 添付資料-23 コンクリート基礎の調査結果
- 添付資料-24 漏えい拡大防止策

添付資料 目次

添付資料-1	漏えい発生箇所	20
添付資料-2	応急対策実施結果	21
添付資料-3	土壌への影響調査評価結果	23
添付資料-4	汚染土壌の調査・回収実施状況	25
添付資料-5	排水路内の土壌回収状況	26
添付資料-6	堰内溜まり水の回収・排水運用	30
添付資料-7	パトロール時の記録について	31
添付資料-8	タンク周辺の調査概要	32
添付資料-9	フランジ型タンクの種類	34
添付資料-10	類似箇所（同型タンク）の調査結果	35
添付資料-11	タンクエリアと排水路の位置	36
添付資料-12	タンクからの漏えい量評価	37
添付資料-13	漏えいタンク直下のボーリング調査結果	38
添付資料-14	深部ボーリング調査結果	39
添付資料-15	深部地下水汚染状況調査結果	40
添付資料-16	地下水への影響調査評価結果	43
添付資料-17	B、C排水路の調査結果	45
添付資料-18	海洋への影響調査結果	47
添付資料-19	タンク漏えい箇所の調査状況まとめ（解体前）	49
添付資料-20	タンク漏えい箇所の調査状況まとめ（解体中・解体後）	54
添付資料-21	タンク漏えい原因調査結果の考察	61
添付資料-22	漏えい率からの漏えい面積の想定	62
添付資料-23	コンクリート基礎の調査結果	63
添付資料-24	漏えい拡大防止策	64

漏えい発生箇所



拡大

水の流れ痕

約0.5m × 6m × 1cm

漏えいした No.5 タンク

水たまり

降雨水排水用ドレン弁

約3m × 3m × 1cm

H4北エリア

■: 水たまりエリア (8/19 16時時点)

■: 集積桟

応急対策実施結果

1. 当該タンク(H4 北エリア)からの漏えい防止対策

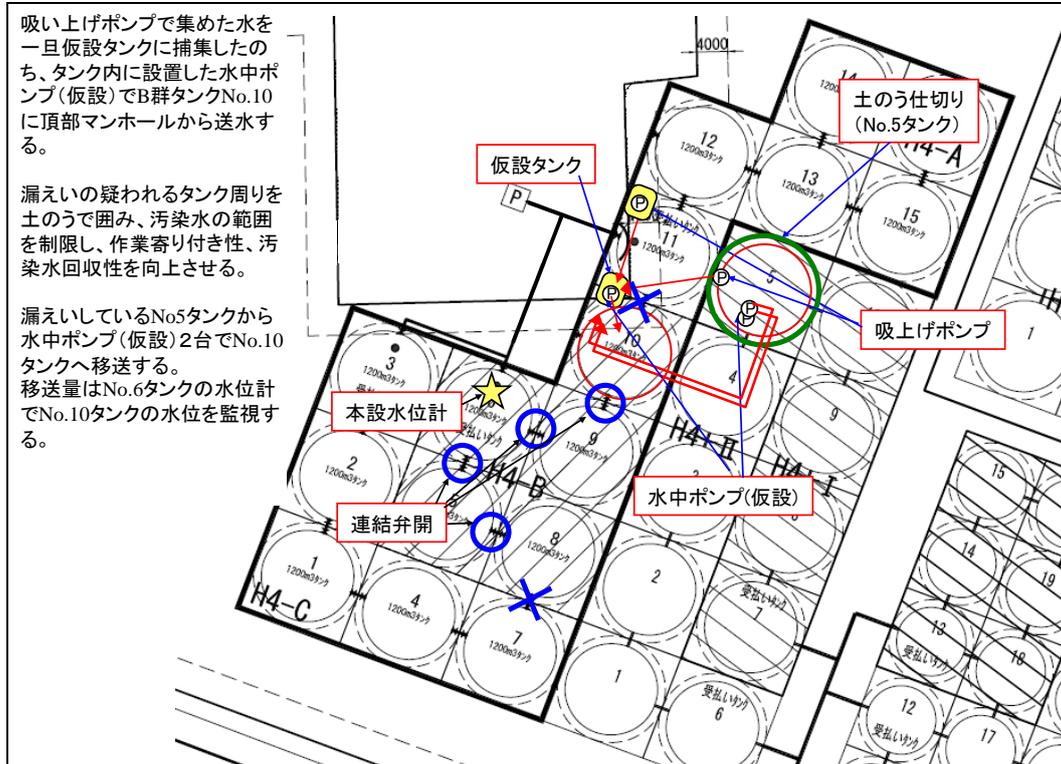


図1 漏えい水及びタンク水の移送方法

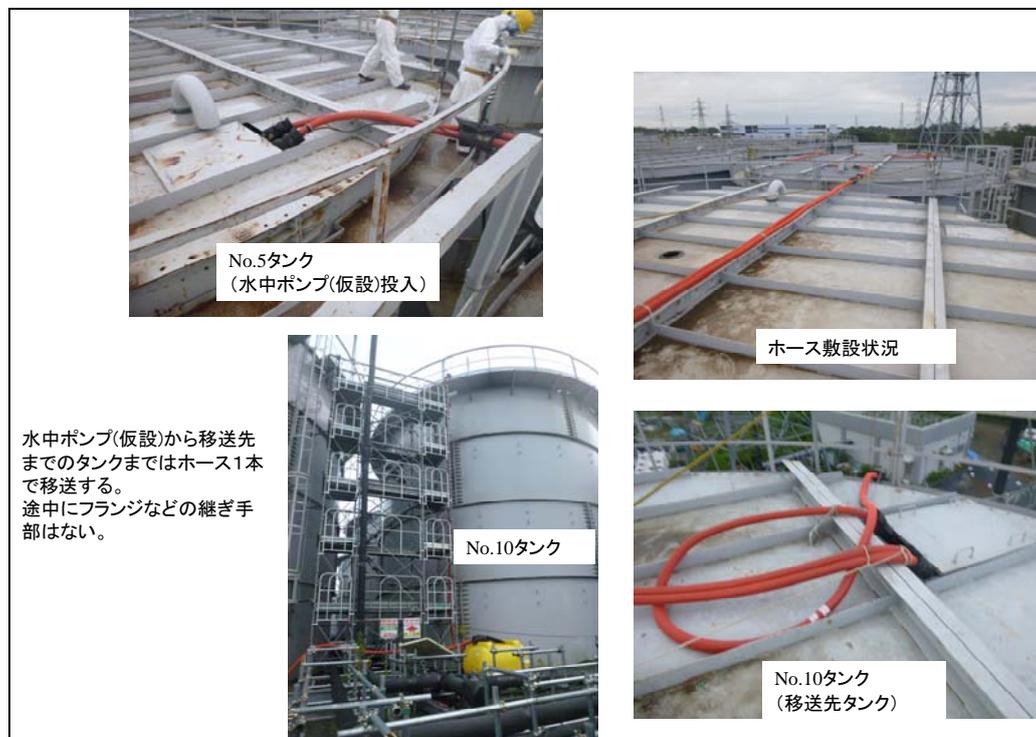


図2 水中ポンプ(仮設)及びホース敷設状況

2. H4北エリア周辺における漏えい拡大防止策

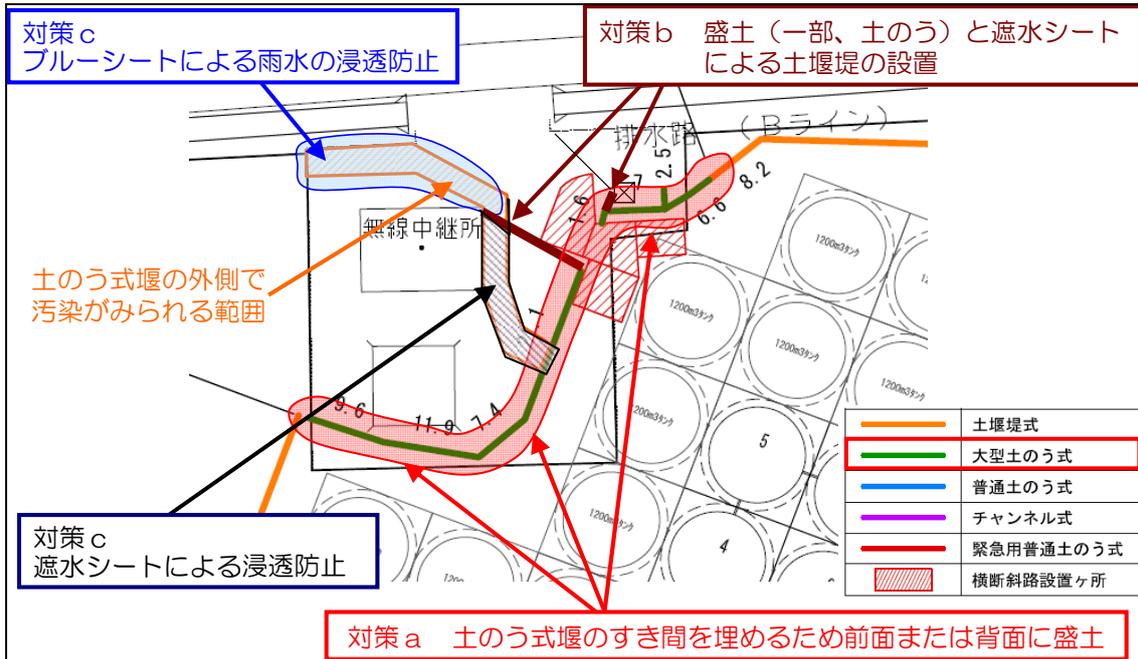


図3 土のう式堰の外側の対策

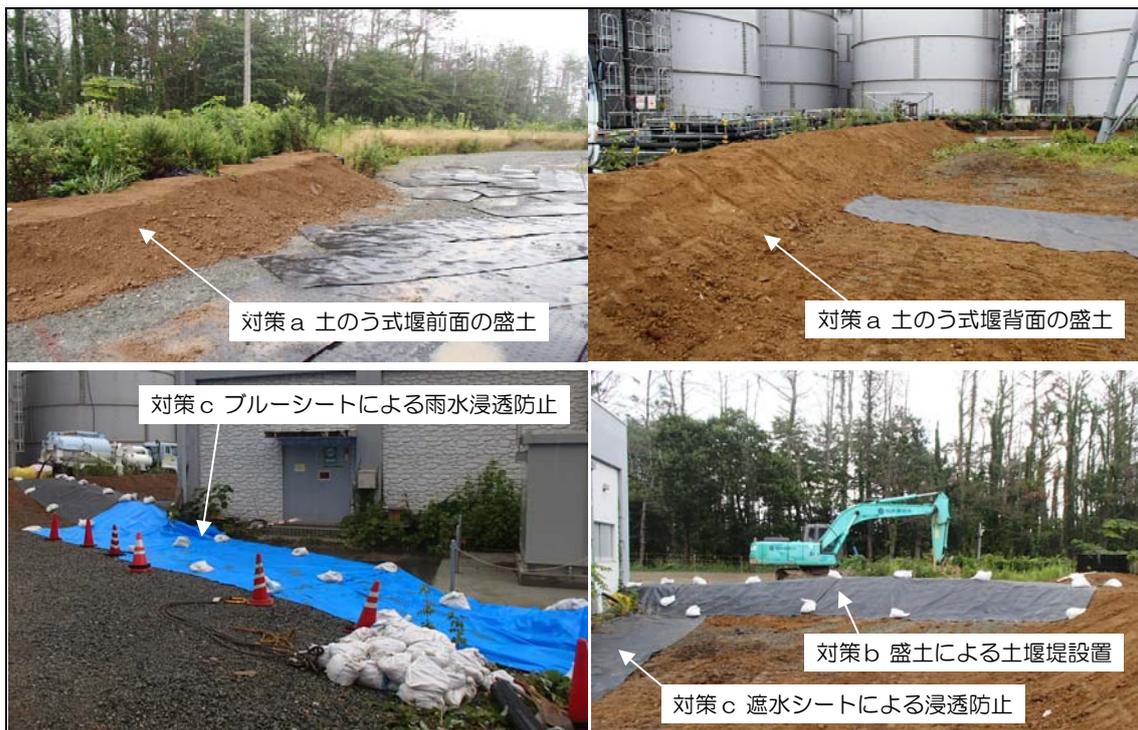


図4 土のう等施工状況

土壌への影響調査評価結果

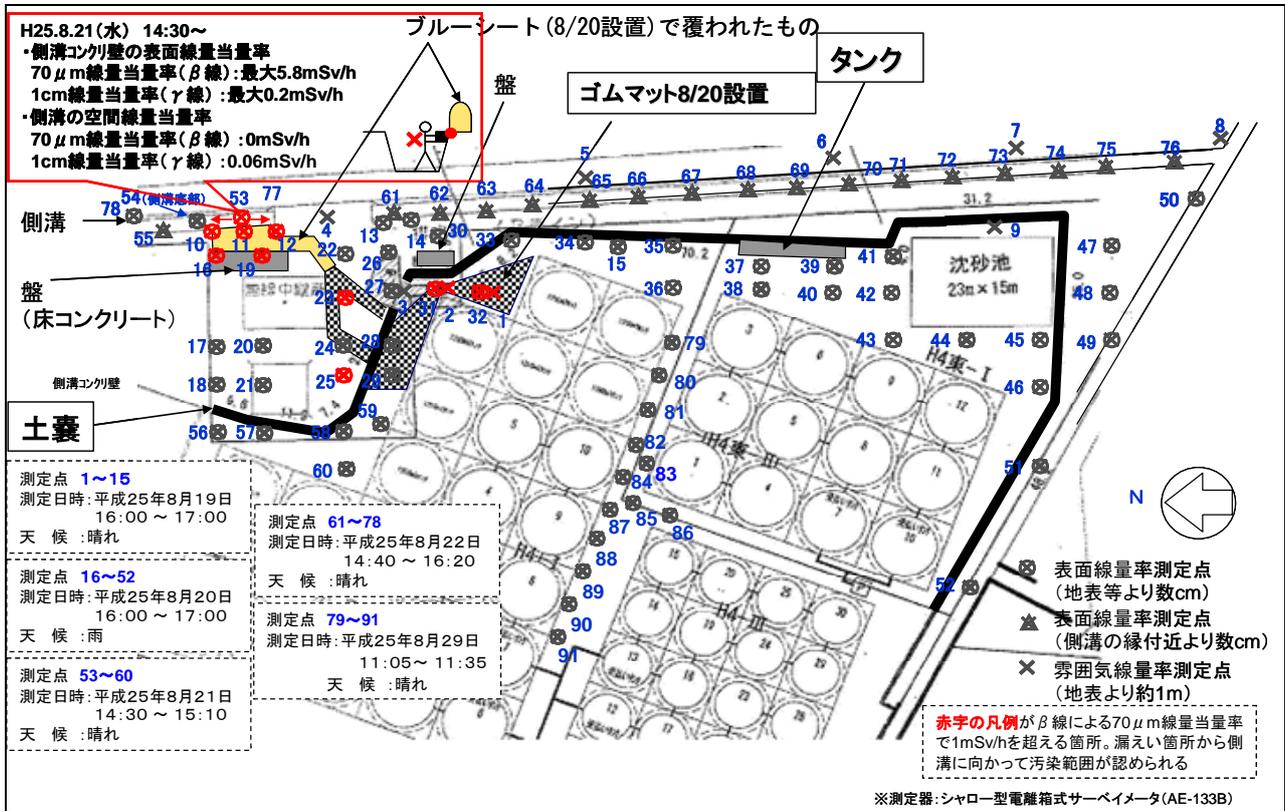


図1 地表面の放射線量調査(測定点)

測定点	測定日	線量率		天候	備考
		70μm線量当量率(β線)	1cm線量当量率(γ線)		
1	8/19	>98.5	1.5	晴れ	丁取付無し 約50cm高さ
2	8/19	5.4	0.1	晴れ	丁取付無し
3	8/19	0.03	0.05	晴れ	丁取付無し
4	8/19	0	0.04	晴れ	
5	8/19	0	0.06	晴れ	
6	8/19	0	0.06	晴れ	
7	8/19	0	0.045	晴れ	
8	8/19	0	0.06	晴れ	
9	8/19	0.135	0.015	晴れ	
10	8/19	89.64	0.36	晴れ	丁取付無し
11	8/19	95.55	0.45	晴れ	丁取付無し
12	8/19	89.65	0.35	晴れ	丁取付無し
13	8/19	0.28	0.07	晴れ	
14	8/19	0.01	0.11	晴れ	
15	8/19	0.009	0.015	晴れ	
16	8/20	8.96	0.04	雨	コブト上
17	8/20	0.03	0.10	雨	
18	8/20	0.02	0.08	雨	
19	8/20	1.96	0.04	雨	コブト上
20	8/20	0.02	0.08	雨	
21	8/20	0.09	0.08	雨	
22	8/20	0.12	0.03	雨	
23	8/20	2.90	0.10	雨	
24	8/20	0.04	0.16	雨	丁取付上
25	8/20	1.24	0.06	雨	
26	8/20	0	0.11	雨	
27	8/20	0.04	0.03	雨	No3と同じ
28	8/20	0.08	0.03	雨	丁取付上
29	8/20	0.8	1.2	雨	丁取付上
30	8/20	0.02	0.12	雨	

単位:[mSv/h]

※測定器:シャロー型電離箱式サーベイメータ(AE-133B)

図2 線量率測定結果(測定点1~30)

測定点 31~52 測定日時:平成25年8月20日 16:00 ~ 17:00						測定点 53~60 測定日時:平成25年8月21日 14:30 ~ 15:10					
			単位 : [mSv/h]						単位 : [mSv/h]		
測定点	測定日	線量率		天候	備考	測定点	測定日	線量率		天候	備考
		70µm線量当量率 (β線)	1cm線量当量率 (γ線)					70µm線量当量率 (β線)	1cm線量当量率 (γ線)		
31	8/20	4.89	0.11	雨	了り上 No2と同じ	46	8/20	0.01	0.02	雨	
32	8/20	15	1	雨	了り上 No1と同じ	47	8/20	0	0.04	雨	
33	8/20	0	0.06	雨		48	8/20	0	0.04	雨	
34	8/20	0.06	0.02	雨		49	8/20	0.03	0.03	雨	
35	8/20	0.01	0.02	雨		50	8/20	0.04	0.03	雨	
36	8/20	0	0.02	雨		51	8/20	0.02	0.03	雨	
37	8/20	0.03	0.04	雨		52	8/20	0.02	0.03	雨	
38	8/20	0.01	0.04	雨		53	8/21	5.80	0.20	晴れ	
39	8/20	0	0.04	雨		54	8/21	0	0.06	晴れ	
40	8/20	0.03	0.03	雨		55	8/21	0.02	0.08	晴れ	
41	8/20	0	0.03	雨		56	8/21	0	0.05	晴れ	
42	8/20	0	0.03	雨		57	8/21	0.01	0.04	晴れ	
43	8/20	0.06	0.03	雨		58	8/21	0.01	0.04	晴れ	
44	8/20	0	0.03	雨		59	8/21	0.01	0.04	晴れ	
45	8/20	0	0.03	雨		60	8/21	0	0.05	晴れ	

※測定器:シャロー型電離箱式サーベイメータ(AE-133B)

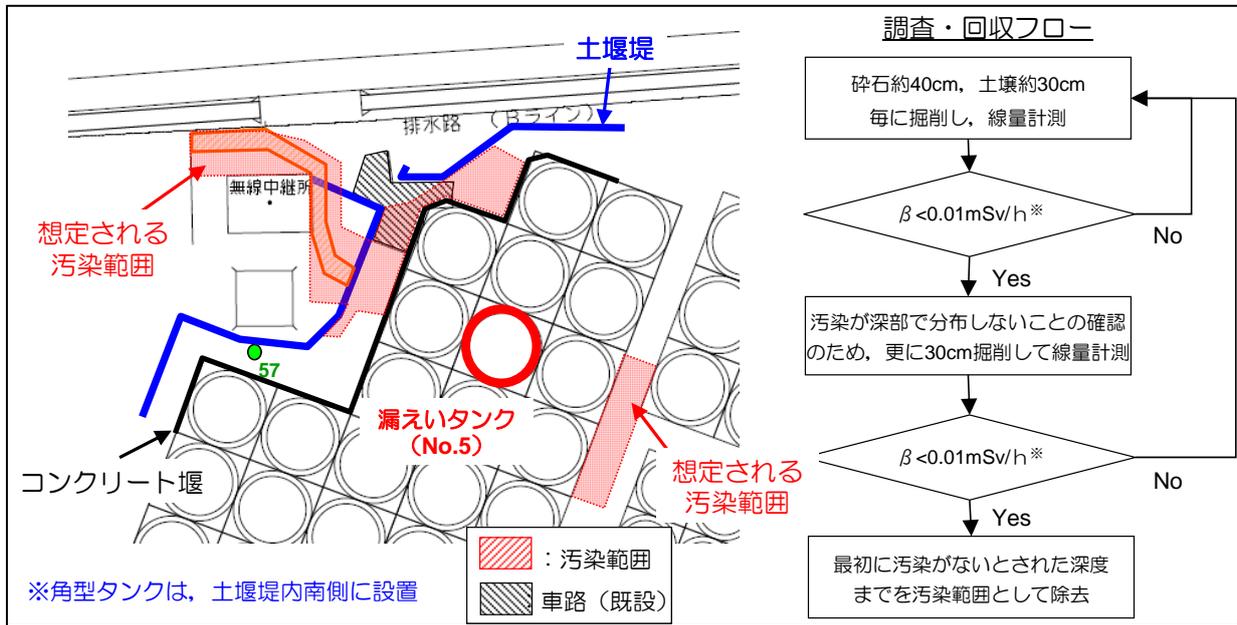
図3 線量率測定結果(測定点 31~60)

測定点 61~78 測定日時:平成25年8月22日 14:40 ~ 16:20						測定点 79~91 測定日時:平成25年8月29日 11:05 ~ 11:35					
			単位 : [mSv/h]						単位 : [mSv/h]		
測定点	測定日	線量率		天候	備考	測定点	測定日	線量率		天候	備考
		70µm線量当量率 (β線)	1cm線量当量率 (γ線)					70µm線量当量率 (β線)	1cm線量当量率 (γ線)		
61	8/22	0.005	0.010	晴れ		79	8/29	0.43	0.02	晴れ	
62	8/22	0.004	0.010	晴れ		80	8/29	0.285	0.015	晴れ	
63	8/22	0.005	0.011	晴れ		81	8/29	0.825	0.025	晴れ	
64	8/22	0.004	0.011	晴れ		82	8/29	0.04	0.02	晴れ	
65	8/22	0.001	0.011	晴れ		83	8/29	0.035	0.025	晴れ	
66	8/22	0.002	0.011	晴れ		84	8/29	0.17	0.03	晴れ	
67	8/22	0	0.012	晴れ		85	8/29	0.005	0.03	晴れ	
68	8/22	0.002	0.013	晴れ		86	8/29	0	0.04	晴れ	
69	8/22	0.003	0.011	晴れ		87	8/29	0.07	0.03	晴れ	
70	8/22	0.001	0.011	晴れ		88	8/29	0.17	0.03	晴れ	
71	8/22	0.001	0.011	晴れ		89	8/29	0.20	0.10	晴れ	
72	8/22	0.002	0.011	晴れ		90	8/29	0.21	0.04	晴れ	
73	8/22	0	0.010	晴れ		91	8/29	0.12	0.03	晴れ	
74	8/22	0.001	0.010	晴れ							
75	8/22	0.001	0.009	晴れ							
76	8/22	0	0.010	晴れ							
77	8/22	0.143	0.007	晴れ	ブルーシート上 No53と同じ						
78	8/22	0.002	0.008	晴れ							

※測定器:シャロー型電離箱式サーベイメータ(AE-133B)

図4 線量率測定結果(測定点 61~91)

汚染土壌の調査・回収実施状況



※当該エリア北側土のう付近(No.57)の線量(β)が0.01mSv/hであることを踏まえて設定

図1 汚染土壌の調査

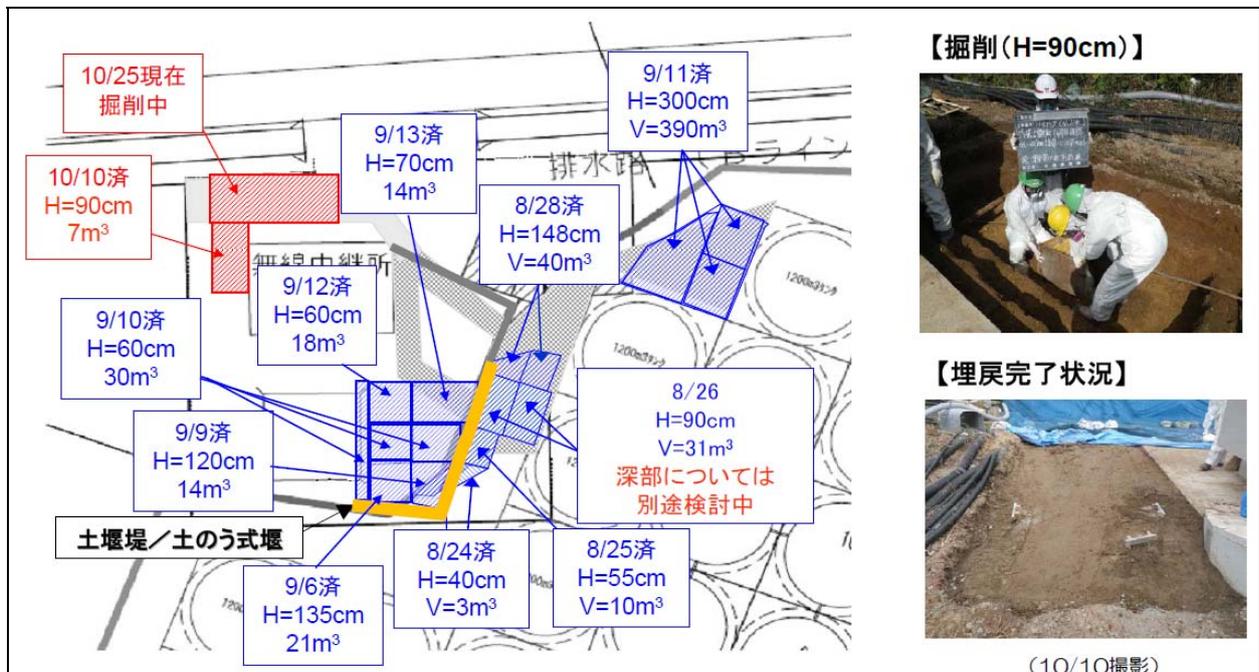


図2 汚染土壌の回収実施状況

排水路内の土壌回収状況

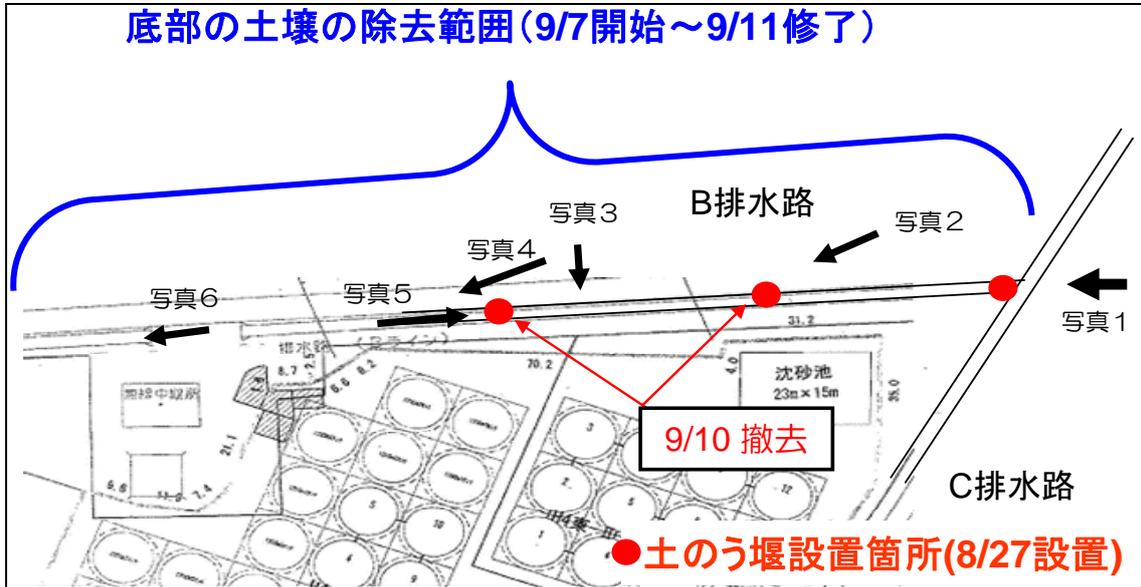


図1 排水路内の土壌回収の実施状況



排水路内土のう式堰設置(8/27)

写真2



写真3



排水路内土壌回収(9/7 撮影)

写真4



排水路内洗浄(9/9撮影)

写真5



排水路内土のう式堰撤去(9/10撮影)

写真6



ライニング実施状況(10/10撮影)

堰内溜まり水の回収・排水運用

■ 堰内溜まり水の回収
暫定排水基準※1を満足しない堰内溜まり水はタンクに回収

■ 本来あるべき堰内溜まり水の排水運用方法

- ①【一時貯留】サンプリングタンクに堰内溜まり水を一時貯留
- ②【採取・測定】一時貯留した堰内溜まり水を攪拌・採取し、放射能濃度を測定
- ③【評価】採取した堰内溜まり水の測定結果が暫定排水基準※1を満足することを確認
- ④【排水】サンプリングタンク内の堰内溜まり水を排水（バッチ処理）

■ 堰内溜まり水の排水運用方法（暫定運用）【年内まで】

- 基本ケース
堰内溜まり水はサンプリングタンクより採取・分析・排水（バッチ処理）
- 迅速な対応が求められる場合
 - (i)【採取】堰内4箇所以上（ほぼ矩形であれば四隅相当の箇所）より堰内溜まり水を採取
 - (ii)【測定】採取した堰内溜まり水の放射能濃度を測定
 - (iii)【評価】採取した堰内溜まり水の測定結果（前回（直近実績）と今回）が暫定排水基準※1を満足することを確認
 - (iv)【排水】降雨水排水用ドレン弁開もしくは排水ポンプによる堰内からの直接排水

(本来あるべき運用方法のイメージ)

※1 暫定排水基準 以下の(1)～(5)の基準を満たすこと。

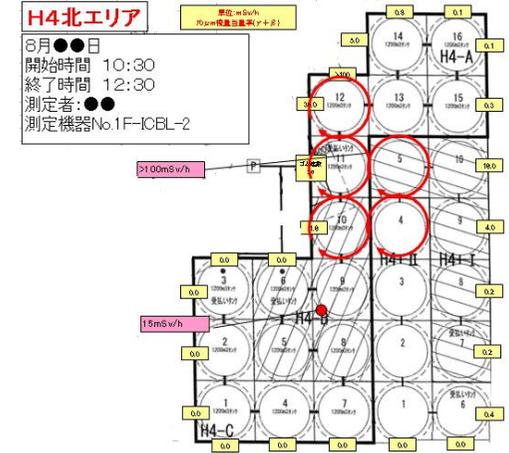
- (1)Cs-134・・・15Bq/L未満
- (2)Cs-137・・・25Bq/L未満
- (3)その他のγ核種が検出されていないこと(天然核種を除く)
(Ge半導体検出器にて、(1)(2)が確認できる計測を行った結果、検出されないこと)
- (4)Sr-90・・・10Bq/L未満(簡易測定法により計測)
- (5)タンク内の水質等を参考に、他の核種も含めて告示濃度基準を満たすこと

パトロール時の記録について

【現 行】

場所	機器名称	月 日						
		8/18	8/19	8/20	8/21	8/22	8/23	8/24
ヤード	濃縮廃液貯槽(A010)[H2エリア]	レ	レ	レ				
	RO濃縮水貯槽3(A016)・移送ポンプ	レ	レ	レ				
	RO濃縮水貯槽4(A017)・移送ポンプ	レ	レ	レ				
	RO濃縮水貯槽5(A021)・移送ポンプ	レ						
	RO濃縮水貯槽8(A024)・移送ポンプ	レ	×	×				
	RO濃縮水貯槽6移送ポンプ(A022)[RO濃縮水貯槽9(A025)[H5北エリア]	レ	レ	レ				

記事 8/18, 19, 20, 21, 22, 23 ヤードタンク類の巡視 AM・PM実施



(測定結果は、詳細マップにて
エリア毎、タンク毎に管理)

【変更後の様式例】

場所	機器名称	点検項目	8/18				記事
			日				
			7時	12時	16時	24時	
ヤード	濃縮廃液貯槽(A010)No.1タンク[H2エリア]	タンクの変形は無いか	レ (例)	レ (例)	レ (例)	レ (例)	
		フランジ部の錆有無	レ (例)	レ (例)	レ (例)	レ (例)	
		水漏れは無いか	レ (例)	レ (例)	レ (例)	レ (例)	
		タンク周辺の水溜まり有無	レ (例)	レ (例)	レ (例)	レ (例)	
		タンク側面最大放射線量	〇〇 (例)	—	〇〇 (例)	—	単位: μ Sv/h
		タンク底部フランジ最大放射線量	〇〇 (例)	—	〇〇 (例)	—	単位: μ Sv/h
		連絡弁「開」「閉」	開 or 閉 (例)				
		タンク水位	—	〇〇 (例)	—	—	単位: m
ヤード	濃縮廃液貯槽(A010)No.2タンク[H2エリア]	タンクの変形は無いか	レ (例)	レ (例)	レ (例)	レ (例)	
		フランジ部の錆有無	レ (例)	レ (例)	レ (例)	レ (例)	
		水漏れは無いか	レ (例)	レ (例)	レ (例)	レ (例)	
		タンク周辺の水溜まり有無	レ (例)	レ (例)	レ (例)	レ (例)	
		タンク側面最大放射線量	〇〇 (例)	—	〇〇 (例)	—	単位: μ Sv/h
		タンク底部フランジ最大放射線量	〇〇 (例)	—	〇〇 (例)	—	単位: μ Sv/h
		連絡弁「開」「閉」	開 or 閉 (例)				
		タンク水位	—	〇〇 (例)	—	—	単位: m

水溜まりの確認

点検頻度の増加

タンク水位の確認

放射線量の測定

タンク周辺の調査概要

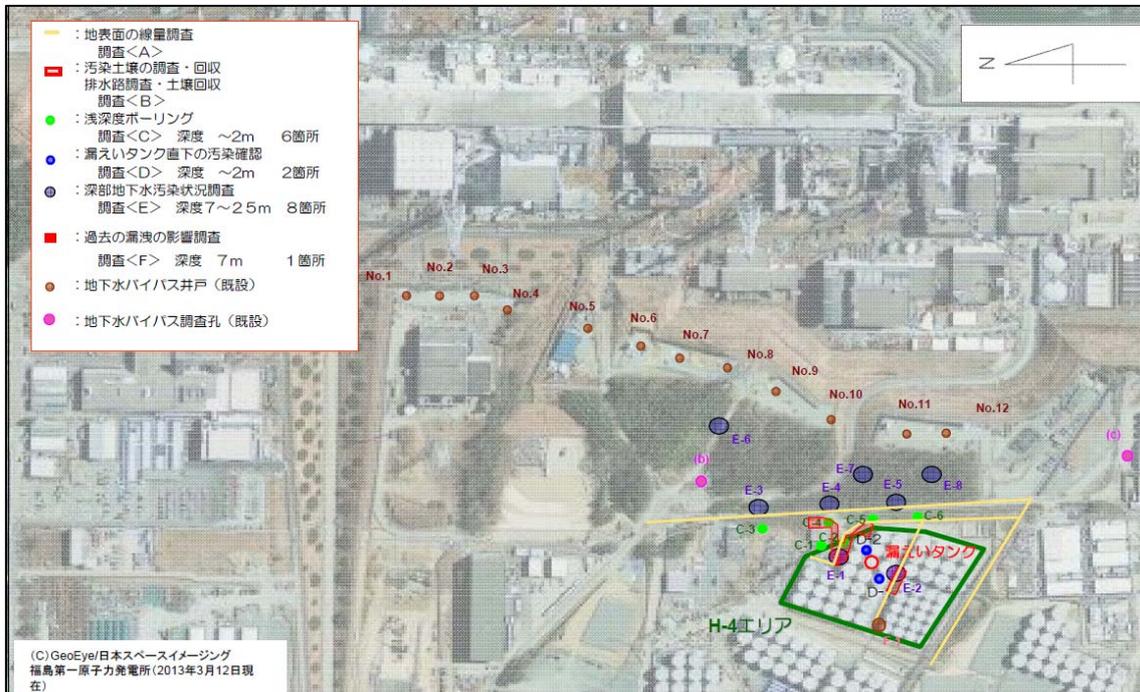


図1 タンク周辺調査位置図

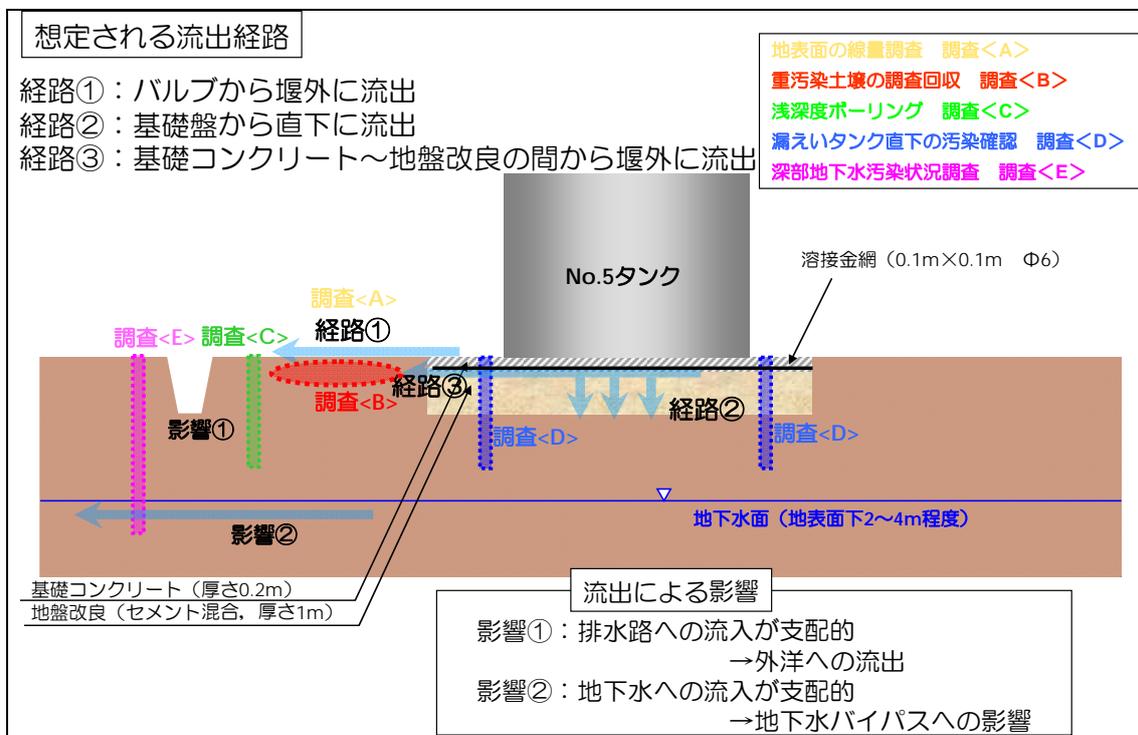
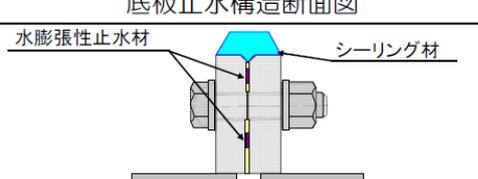
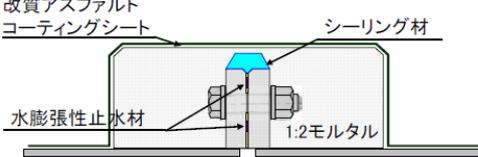
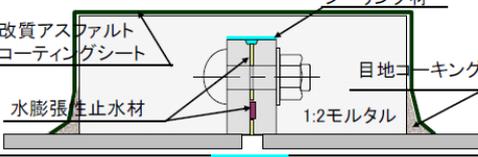
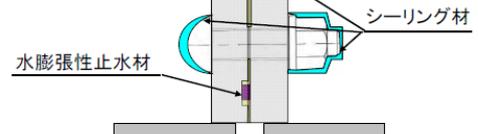


図2 タンク周辺調査概要



図3 B,C 排水路等の試料採取地点

フランジ型タンクの種類

タイプ	底板止水構造断面図	施工例	基数
TYPE-1 ※			120
TYPE-1'			20
TYPE-2			37
TYPE-3 TYPE-4			59
TYPE-5			69

※ 漏えい確認されたタンク

図1 タイプ別底板構造

類似箇所(同型タンク)の調査結果

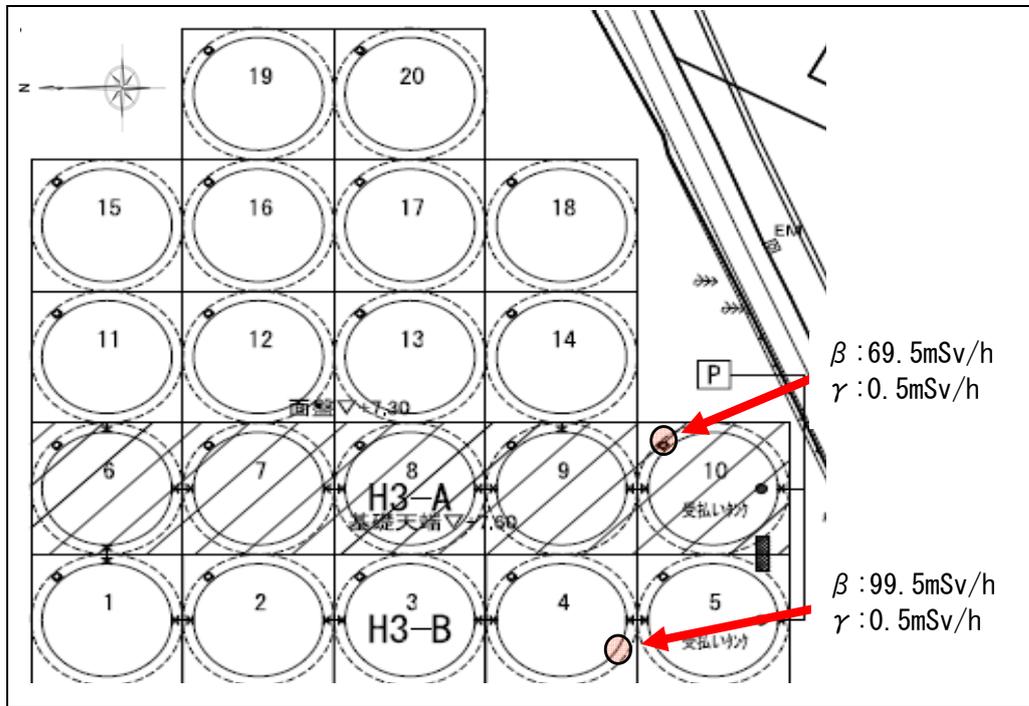


図1 H3タンクエリア拡大図



図2 No. 4タンク高線量箇所



図3 No. 10タンク高線量箇所

タンクエリアと排水路の位置

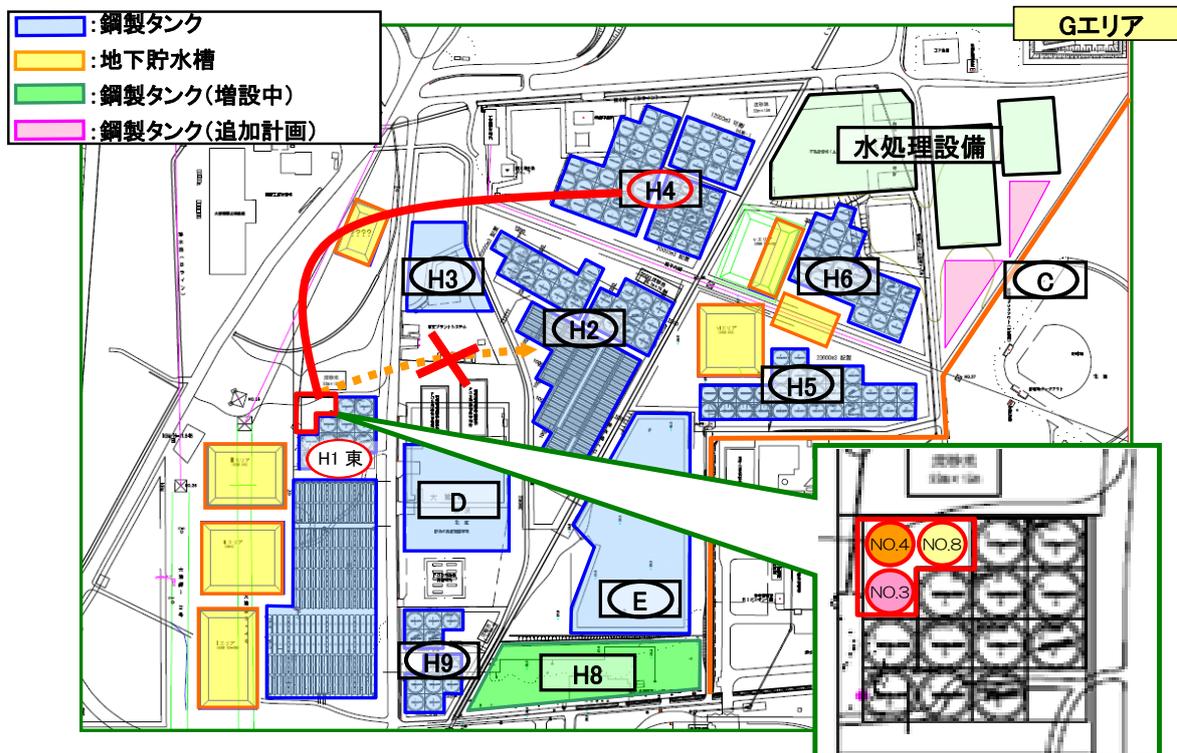


図1 タンクエリアと排水路の位置

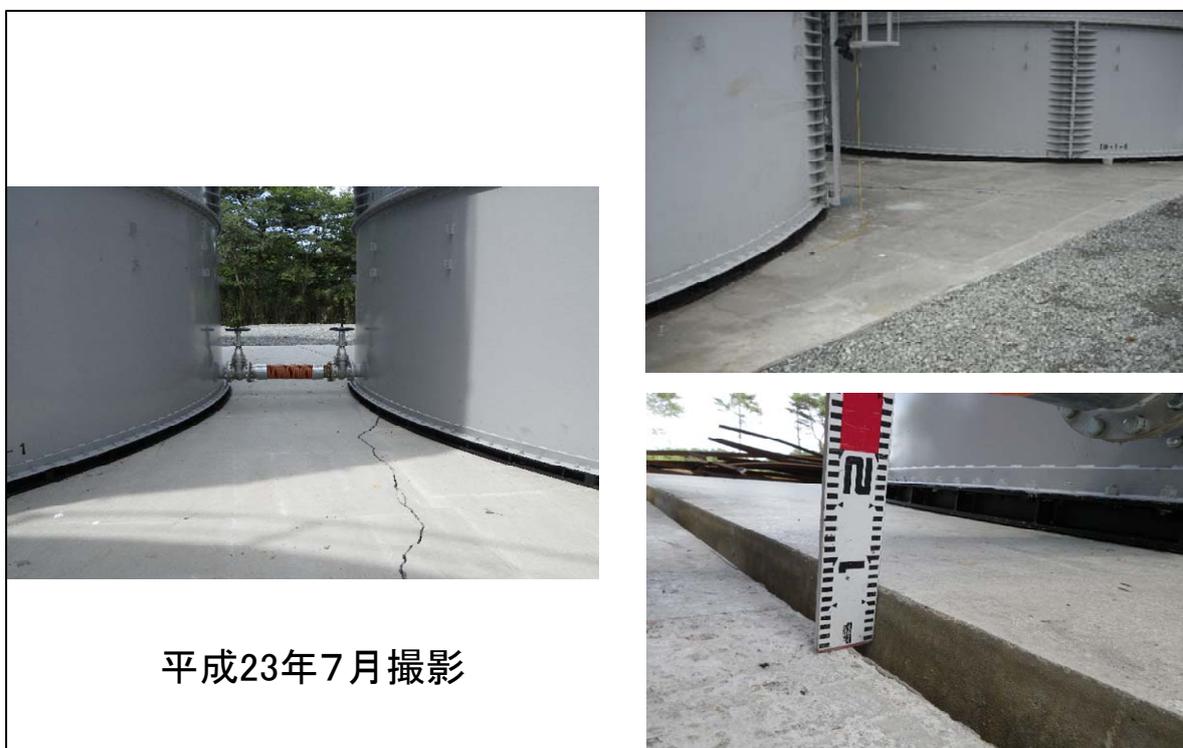


図2 H1東エリアの基礎の状態

タンクからの漏えい量評価

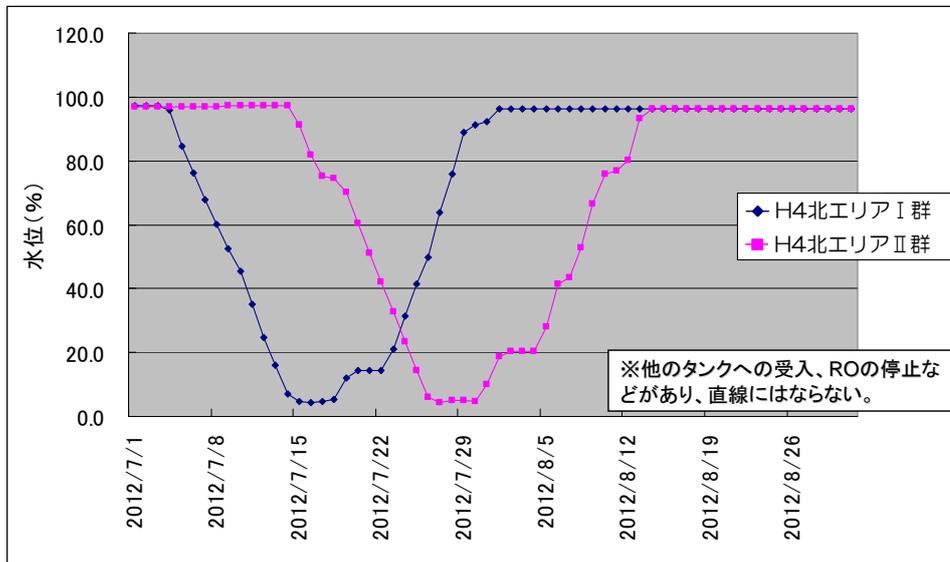


図1 H4北タンクエリア群の水位トレンド

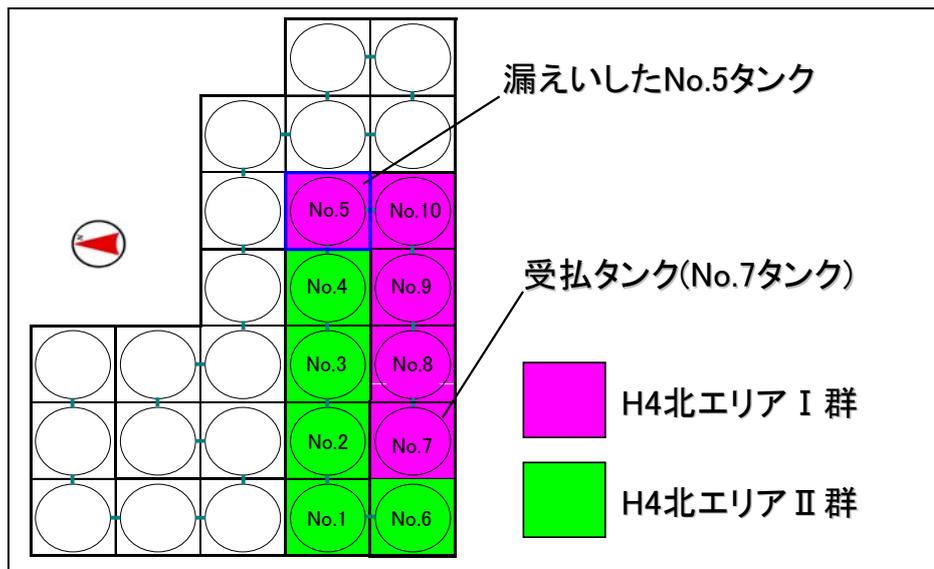


図2 H4北タンクエリア配置図

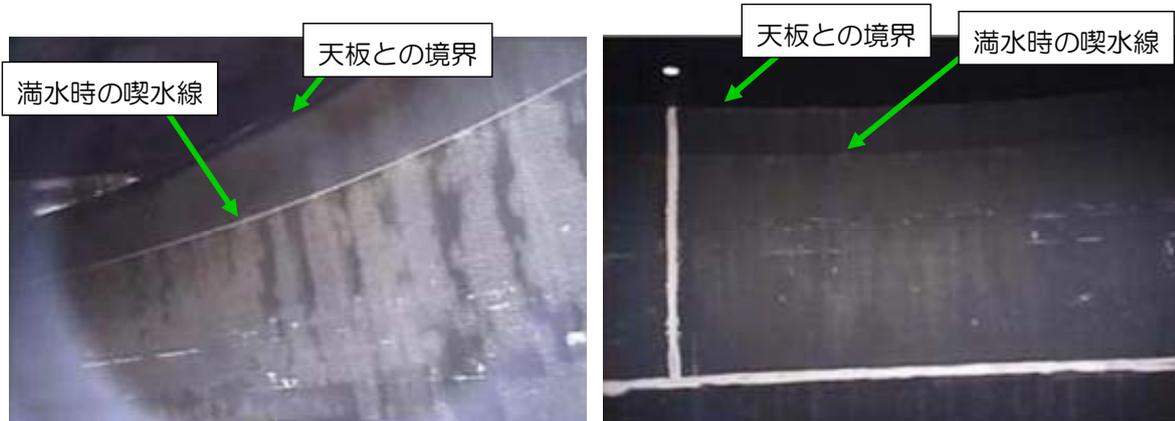


図3 No. 5タンク内面の喫水線

漏えいタンク直下のボーリング調査結果



図1 ボーリング実施箇所

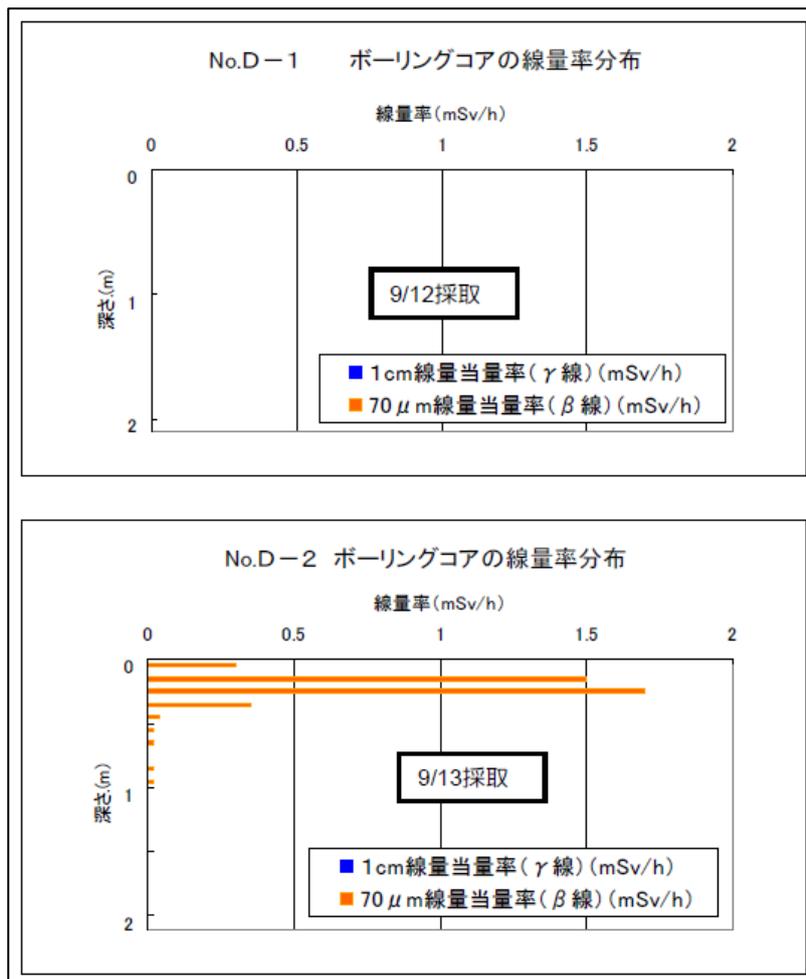


図2 ボーリングコアの線量率分布

深部ボーリング調査結果



図1 ボーリング実施箇所

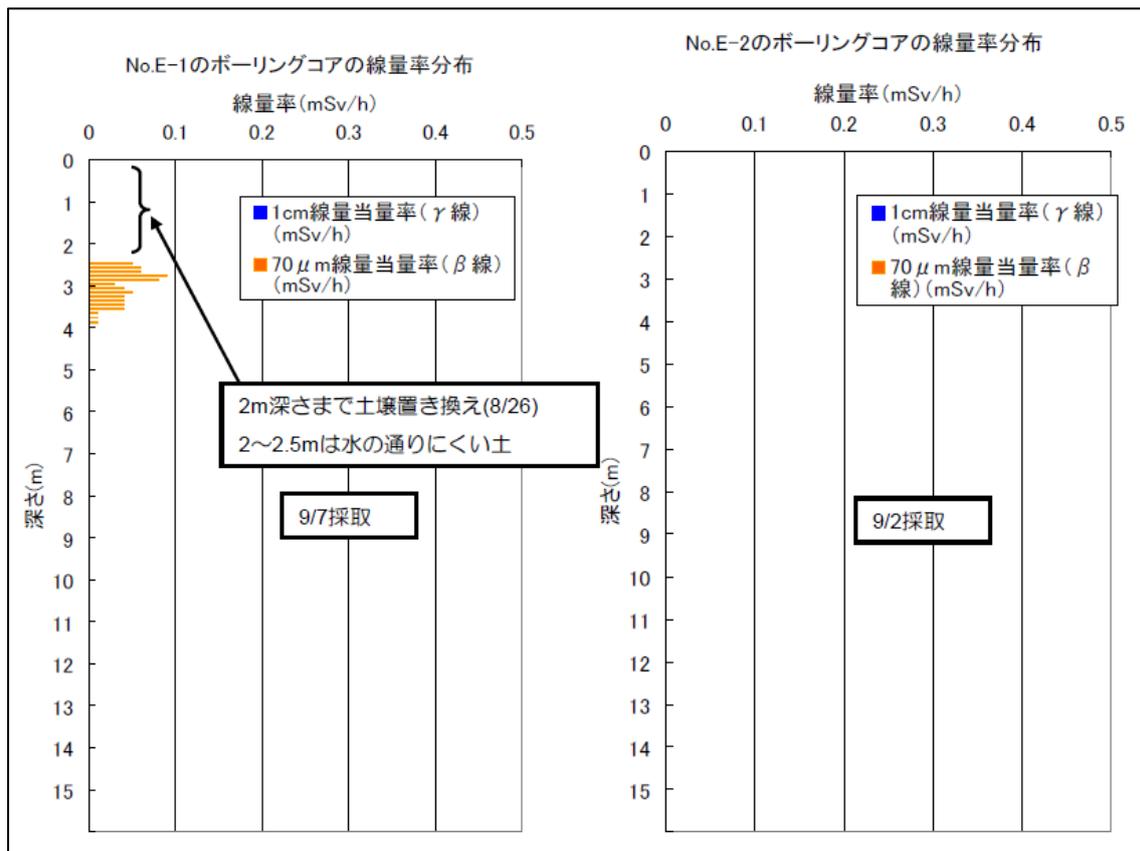


図2 ボーリングコアの線量率分布

深部地下水汚染状況調査結果

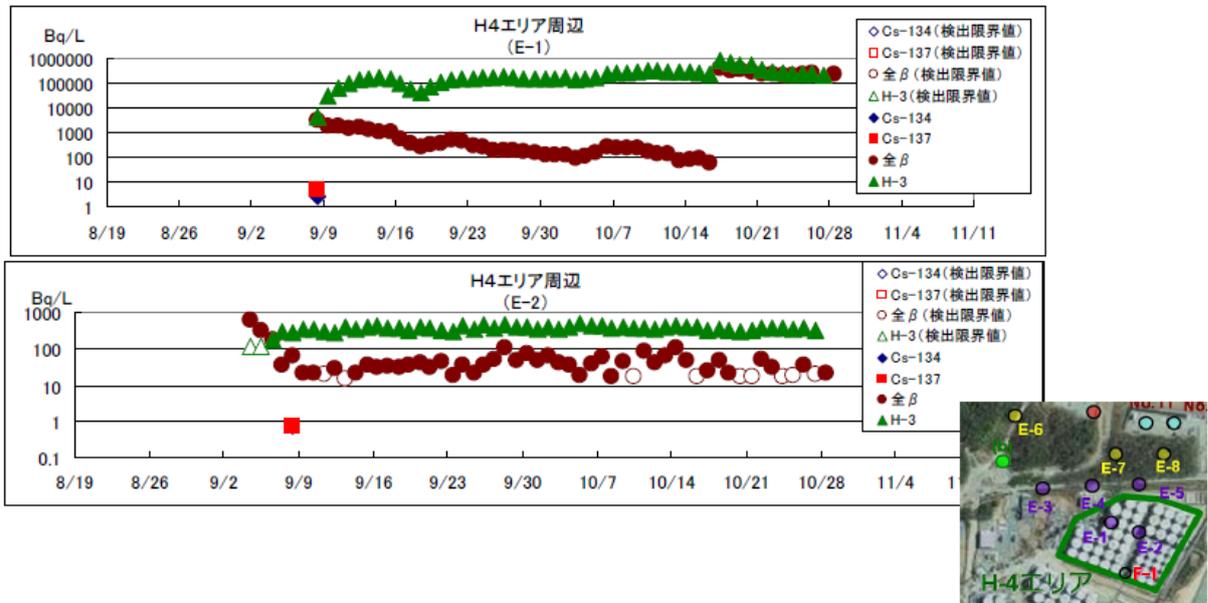


図1 ボーリング(E-1,2)放射能分析結果

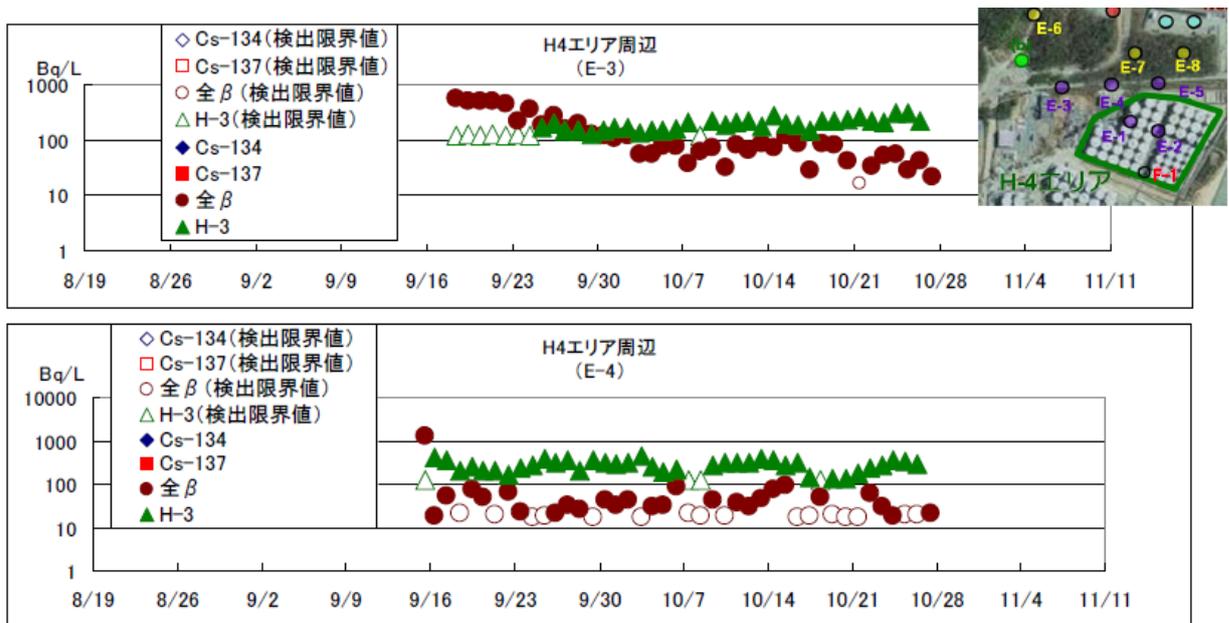


図2 ボーリング(E-3,4)放射能分析結果

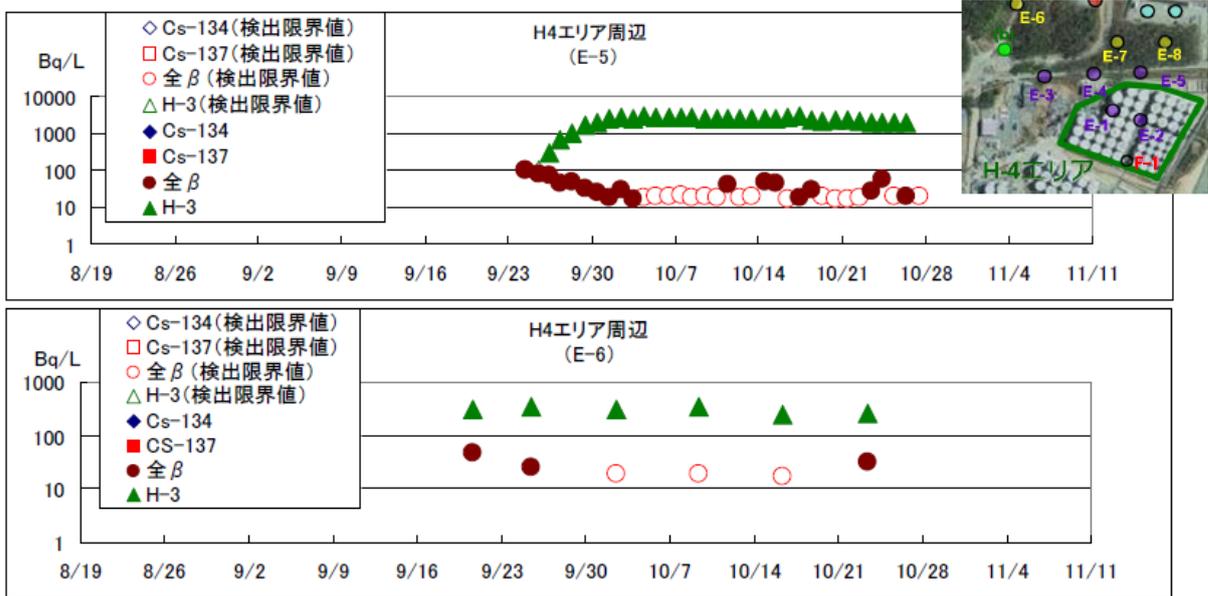


図3 ボーリング(E-5,6)放射能分析結果

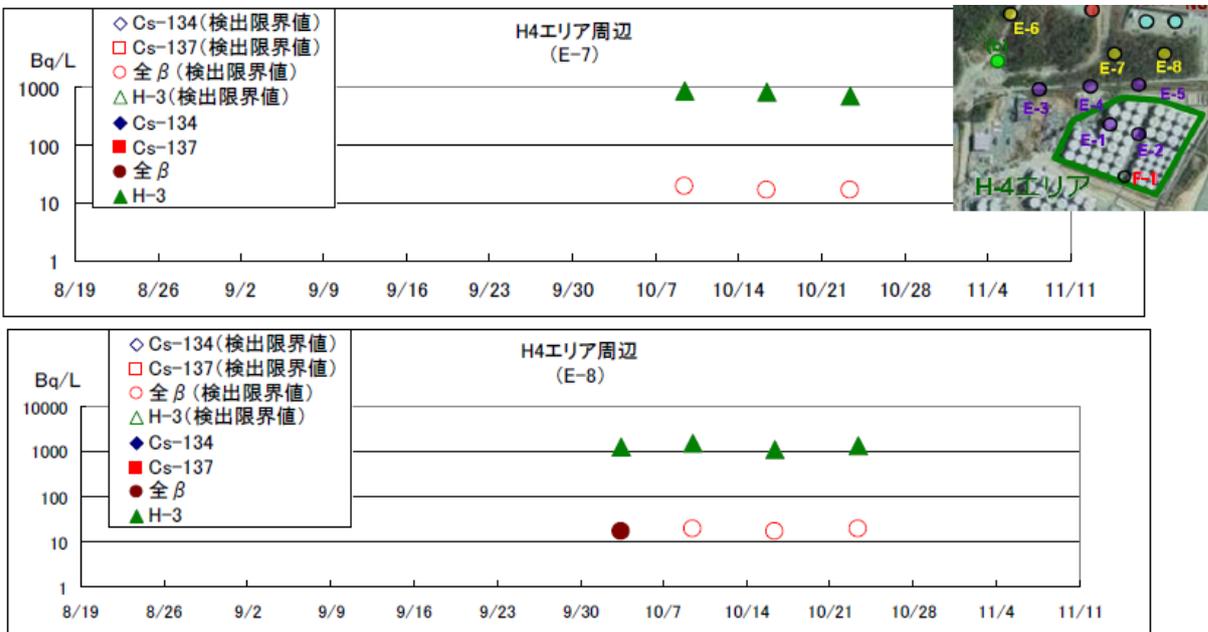


図4 ボーリング(E-7,8)放射能分析結果

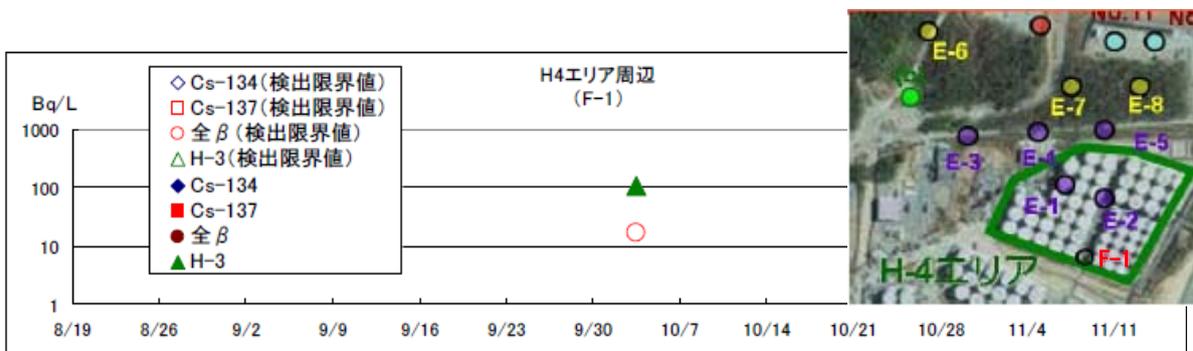


図5 ボーリング(F-1)放射能分析結果

地下水への影響調査評価結果



図1 地下水サンプリング実施箇所

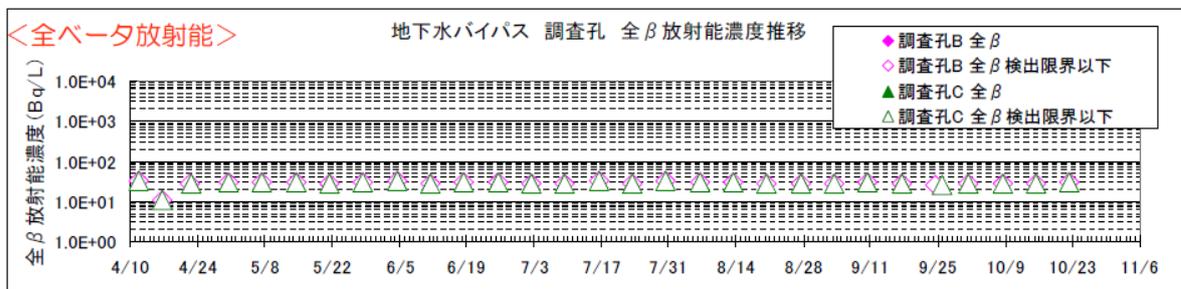


図2 地下水バイパス調査孔(b), (c) 全ベータ放射能分析結果

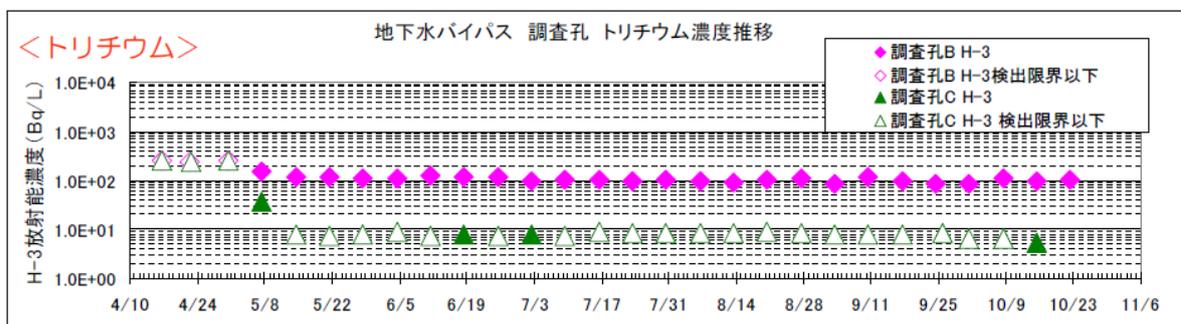


図3 地下水バイパス調査孔(b), (c) トリチウム分析結果



図4 地下水バイパス揚水井(No.5～8) 全ベータ放射能分析結果

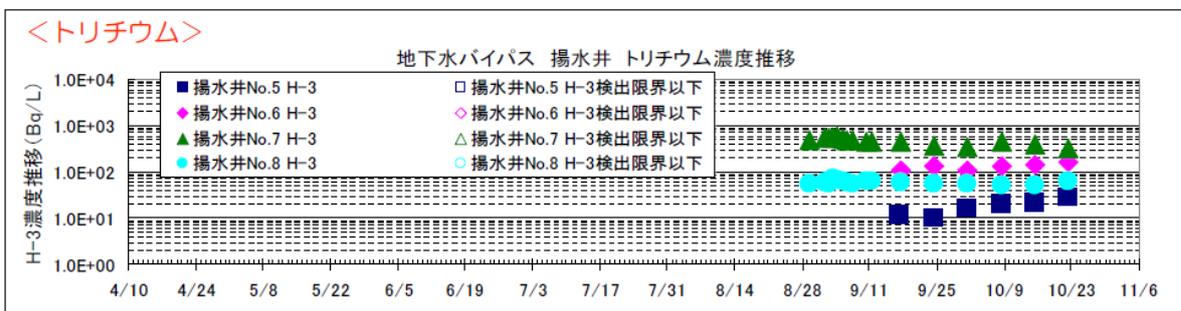


図5 地下水バイパス揚水井(No.5～8) トリチウム分析結果

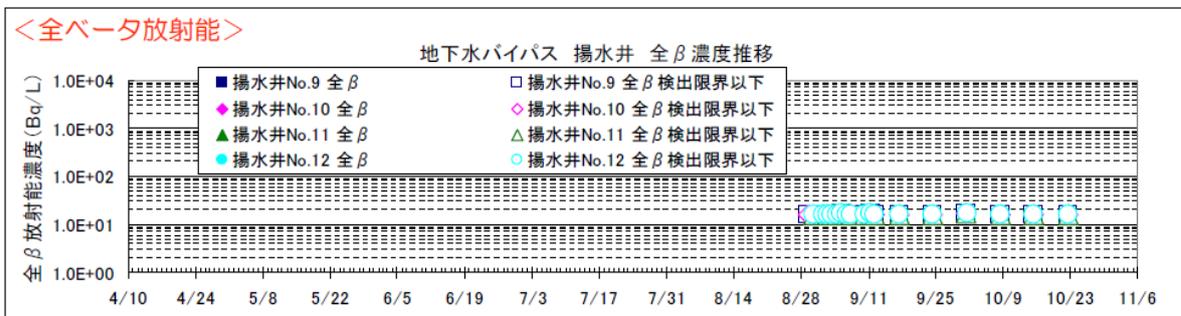


図6 地下水バイパス揚水井(No.9～12) 全ベータ放射能分析結果

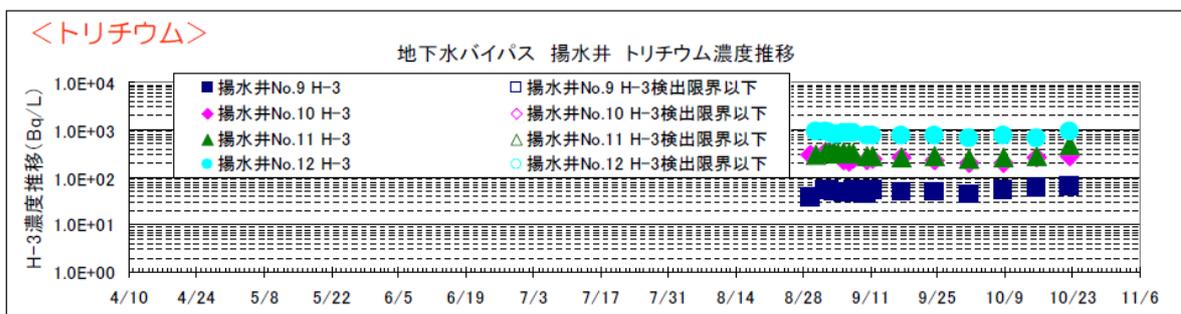


図7 地下水バイパス揚水井(No.9～12) トリチウム分析結果

B、C 排水路の調査結果

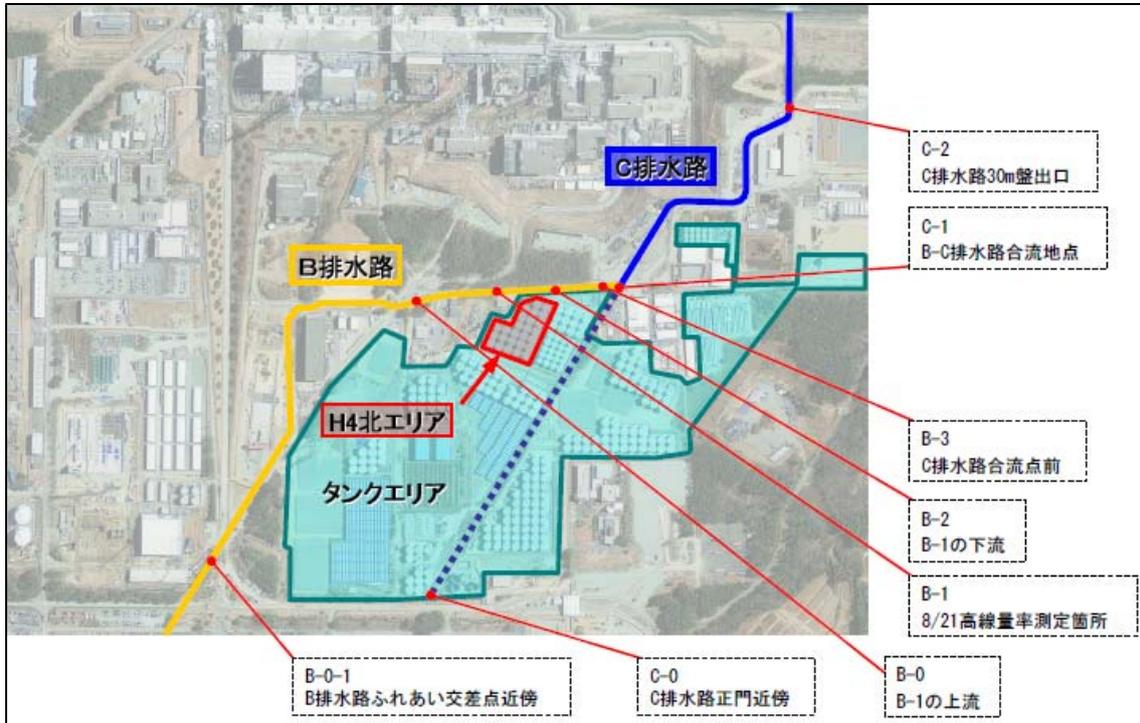


図1 B、C 排水路等の試料採取地点

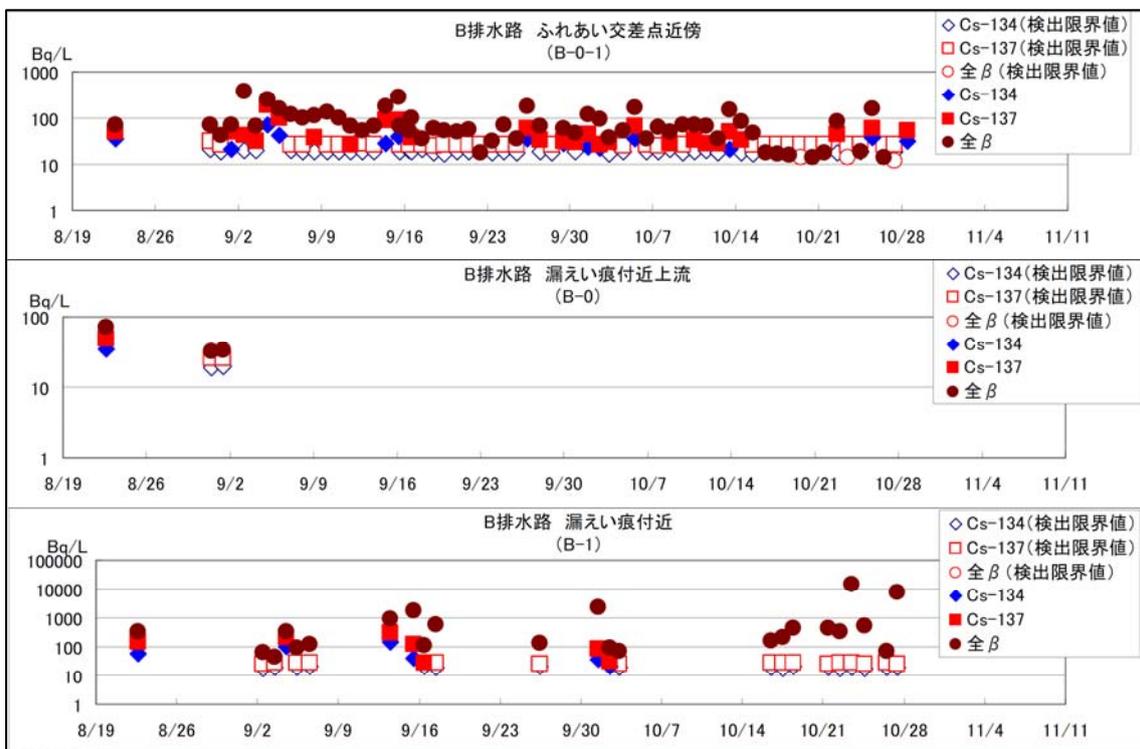


図2 排水路の調査結果(1/3)

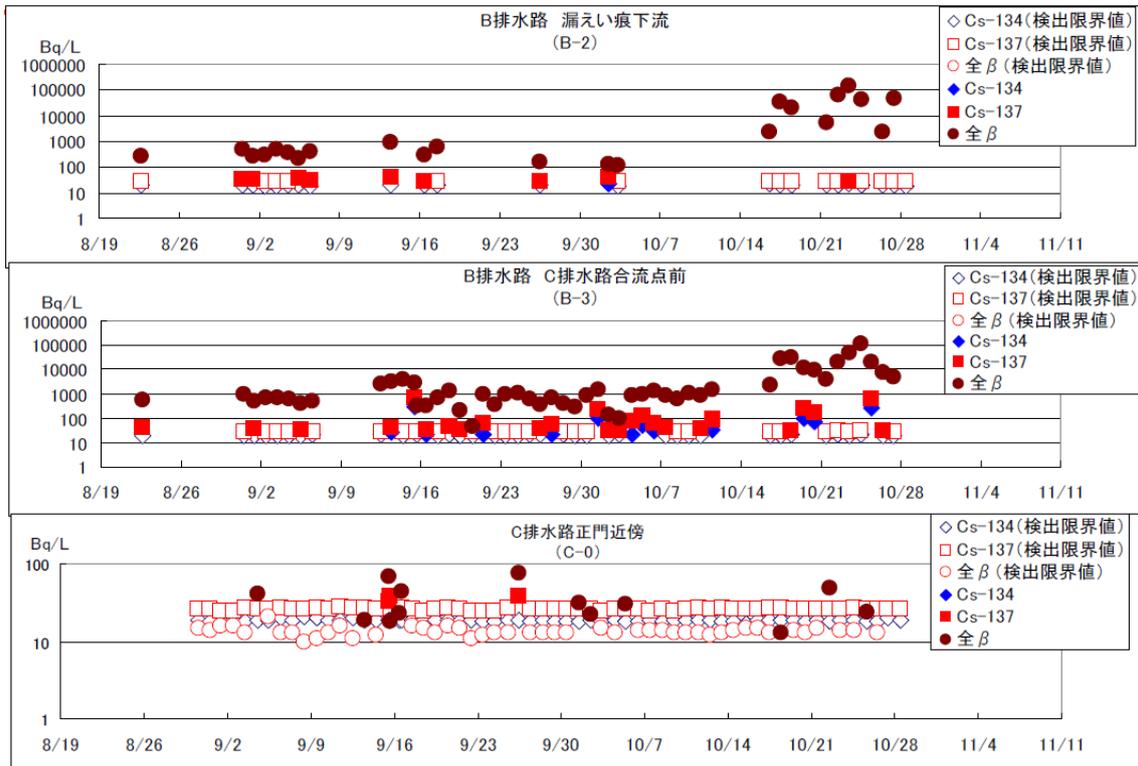


図3 排水路の調査結果(2/3)

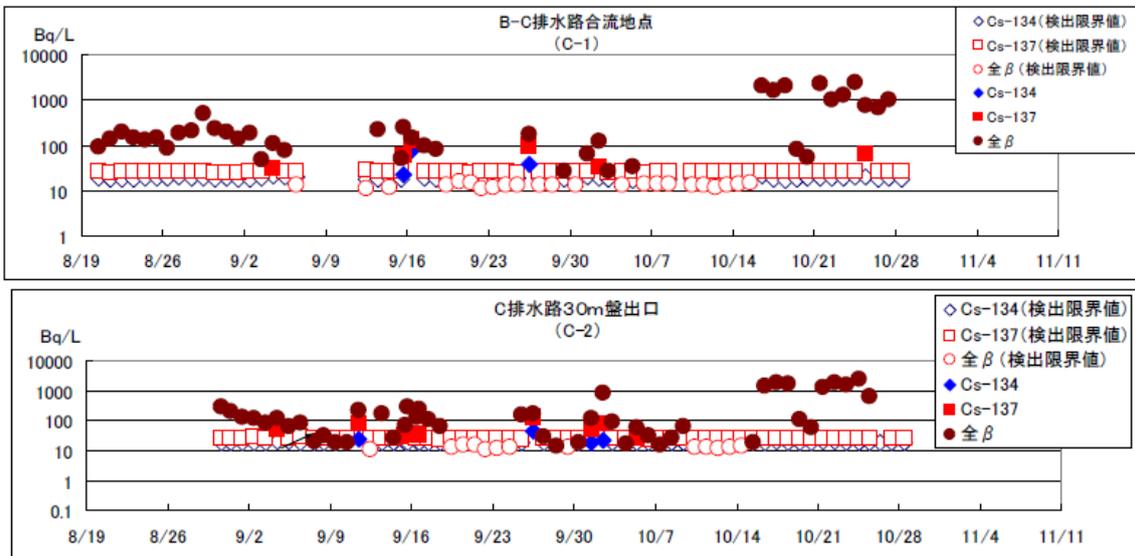


図4 排水路の調査結果(3/3)

海洋への影響調査結果

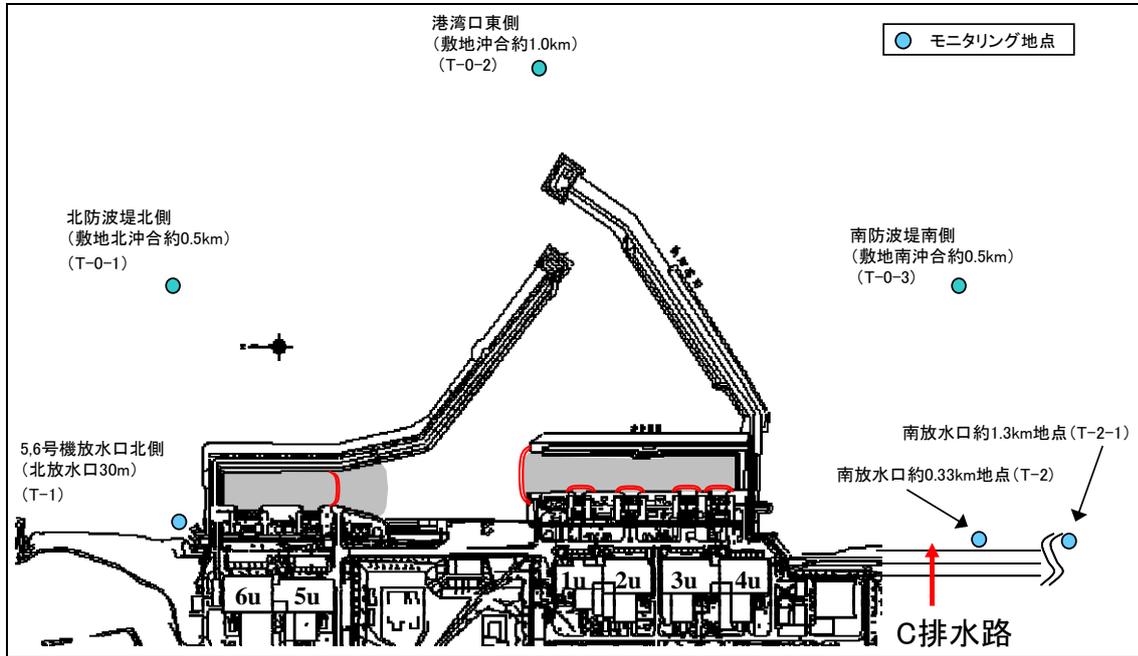


図1 海洋モニタリング地点

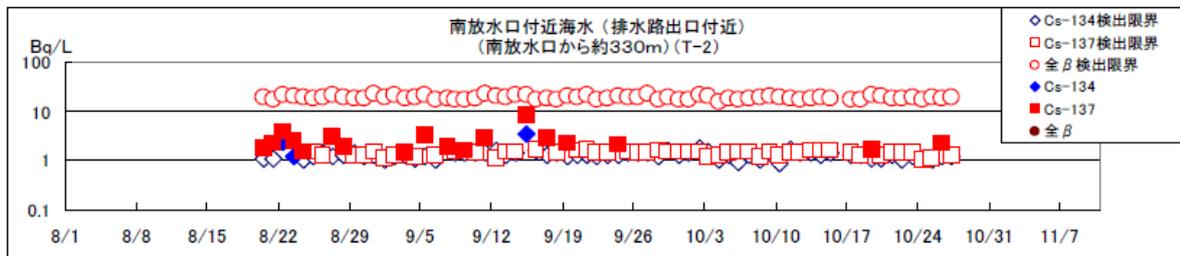


図2 南放水口付近(南放水口から約 0.33km 地点) (T-2)

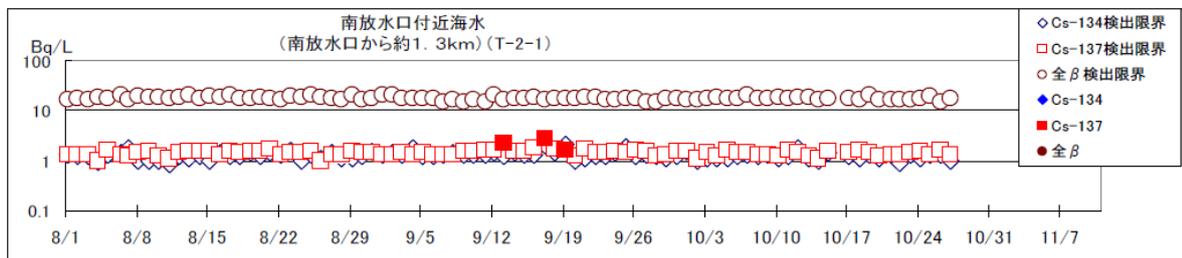


図3 南放水口付近(南放水口から約 1.3km 地点) (T-2-1)

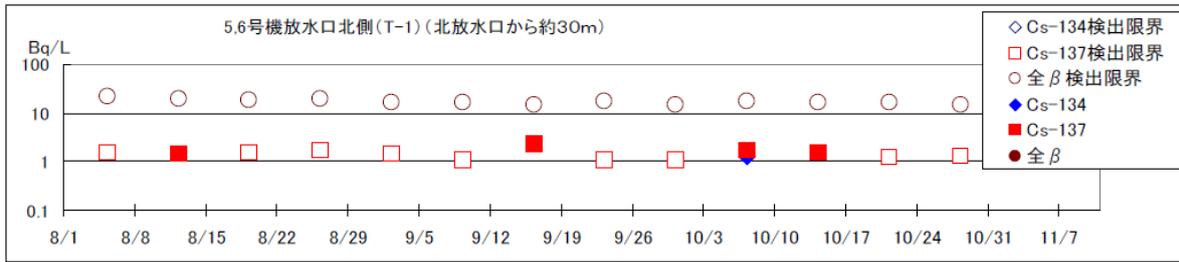


図3 5, 6号機放水口付近北側(北放水口から約 30m 地点)(T-1)

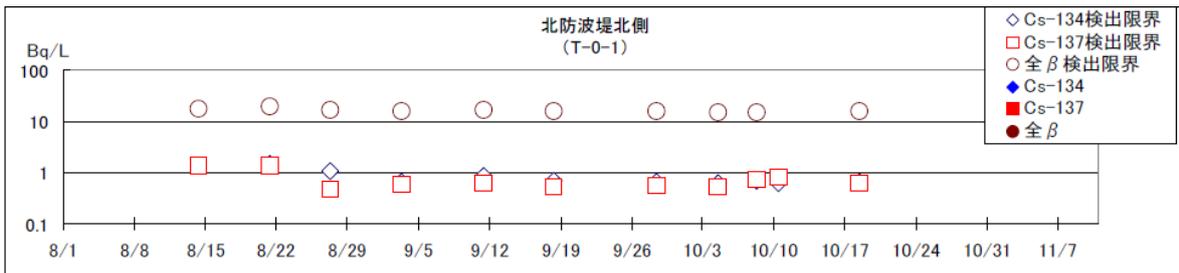


図4 北側防波堤北側(T-0-1)

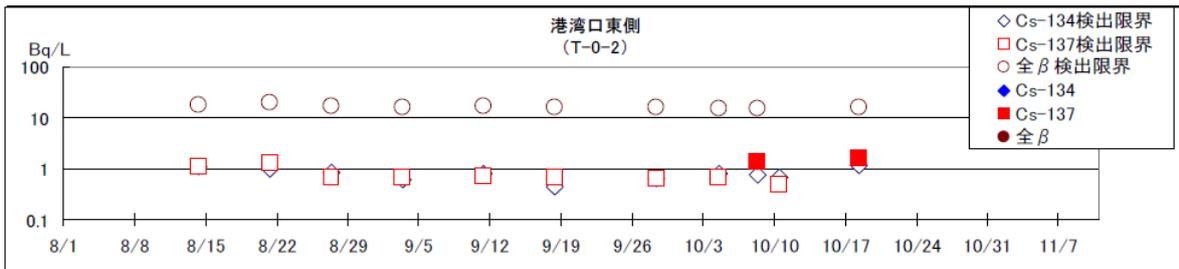


図5 港湾口東側(T-0-2)

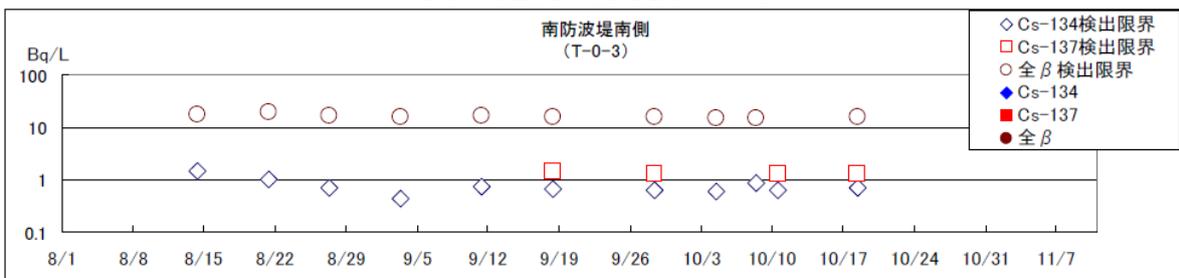


図6 南防波堤南側(T-0-3)

タンク漏えい箇所の調査状況まとめ(解体前)

事象	想定原因	解体前調査		備考		
		実施内容	結果※1			
側板からの漏えい	母材（溶接部）からの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外観目視(外) ・ 線量測定(外) ・ 内面目視 ・ バキューム 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 有意な漏えい状況は確認されず ・ 比較的線量の高い部位あり（約40mSv/h 1箇所） ・ 一部に発錆を確認 ・ 漏えいパスは確認されず 	△	調査結果⑤参照	
	フランジ部からの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> ・ ボルトの緩み ・ シーリングの損傷/劣化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外観目視(外) ・ 線量測定(外) ・ 外観目視(内) ・ 線量測定(内) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 有意な漏えいは確認されず ・ 有意な部位は確認されず ・ パッキンの飛び出しを確認 ・ 概ね10mSv/h程度、最大約20mSv/h※2 	△	調査結果④参照
底板からの漏えい	母材（溶接部）からの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製造不良（溶接欠陥等） ・ 腐食 	<ul style="list-style-type: none"> ・ バブリング ・ バキューム 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 泡は確認されず。 ・ 漏えいパスは確認されず 	×	
	フランジ部からの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> ・ ボルトの緩み ・ シーリングの損傷/劣化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ バブリング ・ 外観目視(内) ・ ボルト打診 ・ 線量測定 ・ バキューム ・ 局所バキューム 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 泡は確認されず ・ シーリング材の膨らみ有り ・ ボルトの緩みあり ・ 概ね10mSv/h程度、最大約22mSv/h※2 ・ ボルト2カ所から泡の吸い込みを確認 ・ 上記と同じ場所から発泡を確認 	○	調査結果①②③④参照
連結管からの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> ・ ボルトの緩み ・ 連結管の損傷/劣化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外観目視 ・ 線量測定 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 有意な漏えいは確認されず ・ 有意な部位は確認されず 	×		

※1：○ 漏えい箇所の可能性を確認 △ 漏えい箇所の可能性を否定できない × 漏えい箇所ではない
 ※2：β線 70μm線量当量率

図1 タンク漏えい箇所の調査状況まとめ(解体前)

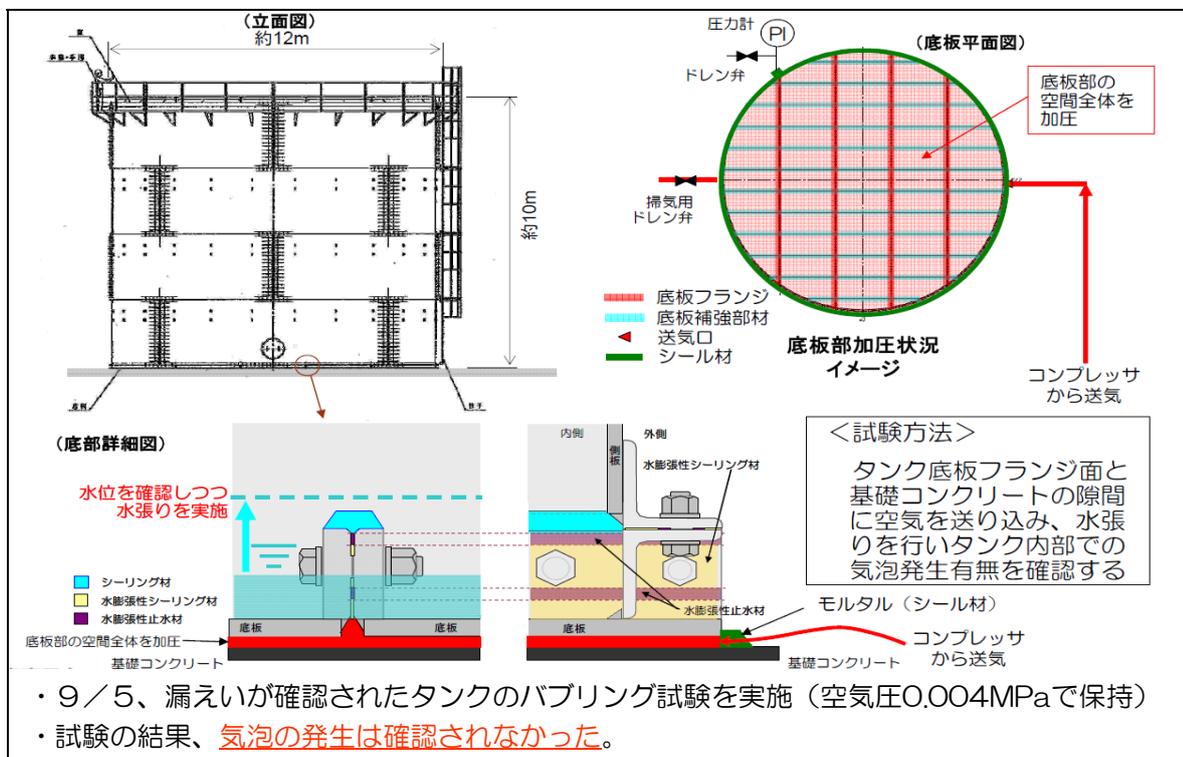


図2 調査結果①(底板バブリング試験結果)

- 底板フランジ部等に泡を塗布し、底板下部を吸引したところ、隣り合うボルト2箇所から泡の吸い込みを確認した。

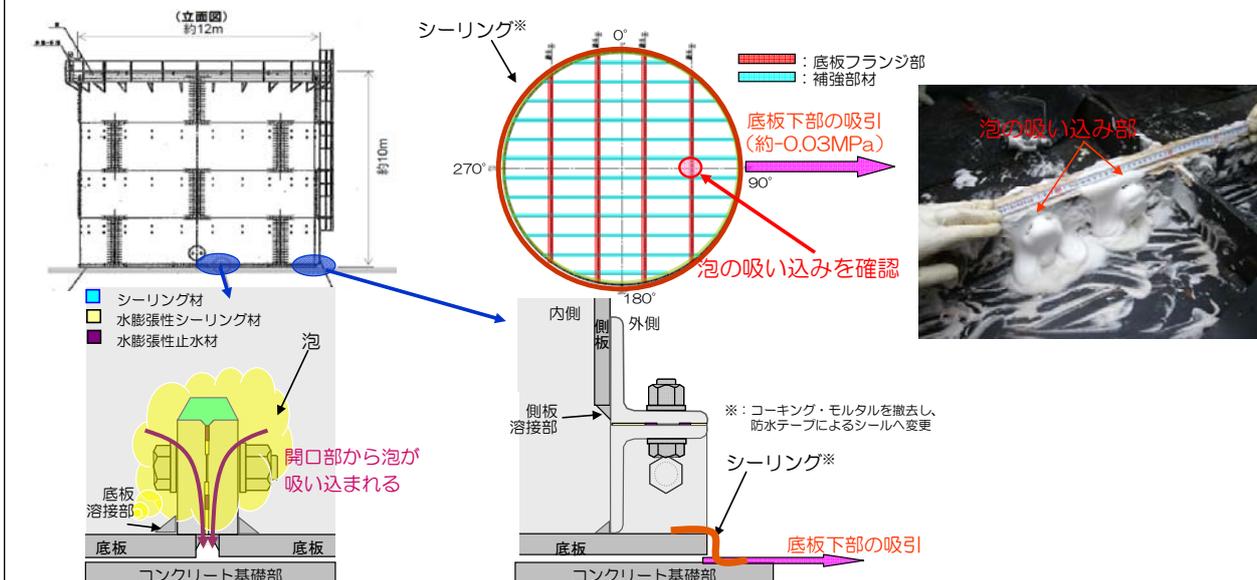


図3 調査結果②(底板下部バキューム試験結果)

- 底板バキューム試験にて泡が吸い込まれた箇所、ボルトの緩みが確認された箇所、シーリングの膨らみが確認された箇所(代表部)に対し、局所バキューム試験を実施したところ、泡が吸い込まれた箇所から発泡を確認した。また、ボルトの緩み部、シーリングの膨らみ部については、発泡は確認されなかった。

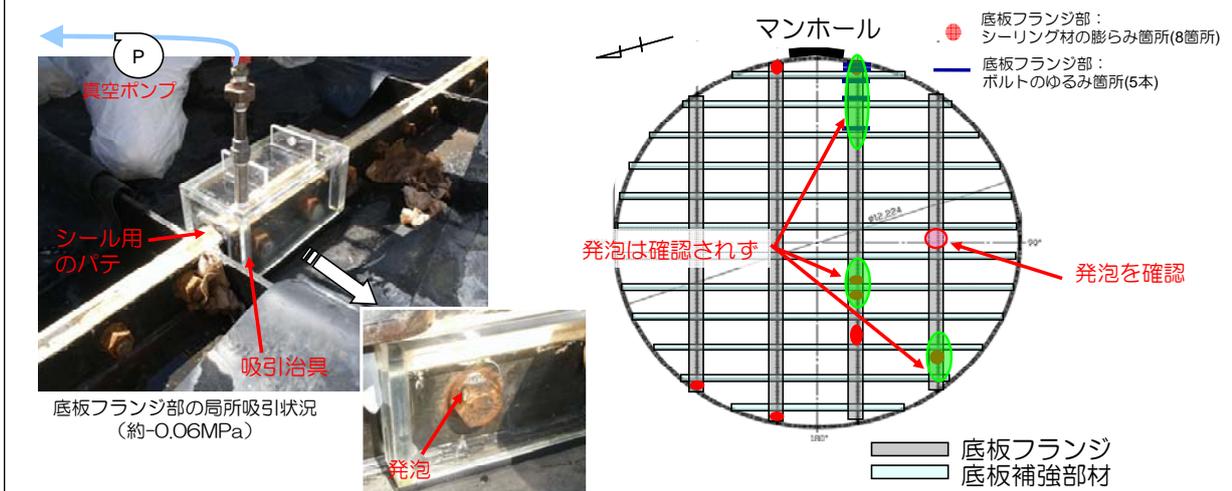


図4 調査結果③(底板局所バキューム試験結果)

- タンク内部の目視確認を行い、側板最下部と底板とのフランジ部および底板フランジ部にシーリング材の変形・破損を確認した（漏えいの無いNo.10タンクにおいても確認）。
- ボルトの打診等による締結状態の確認を行い、5本のボルトに緩みを確認した。
- 側板1段目内表面の1枚に縦方向の錆を確認した。

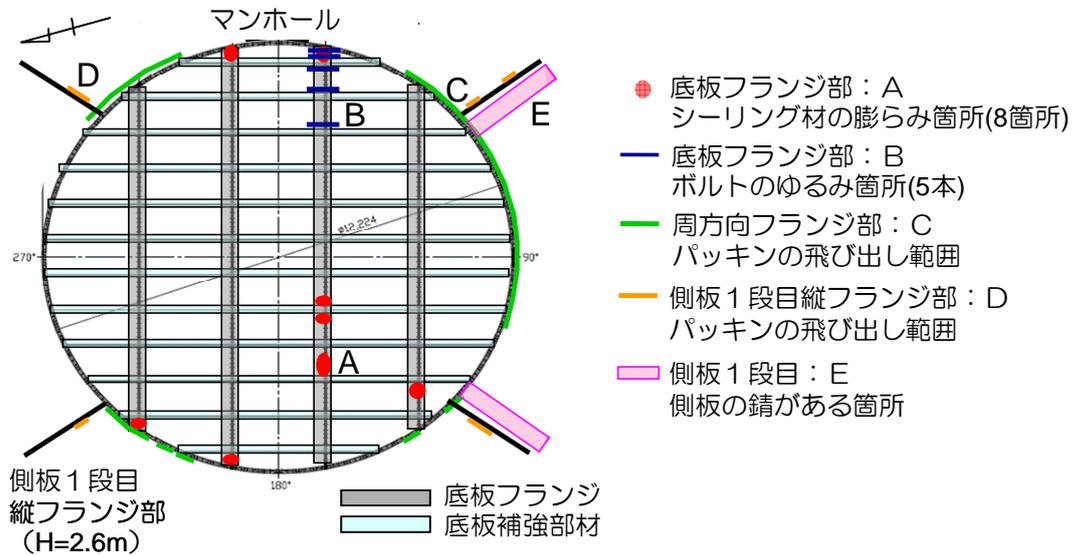


図5 調査結果④(ボルト打診、目視確認結果)

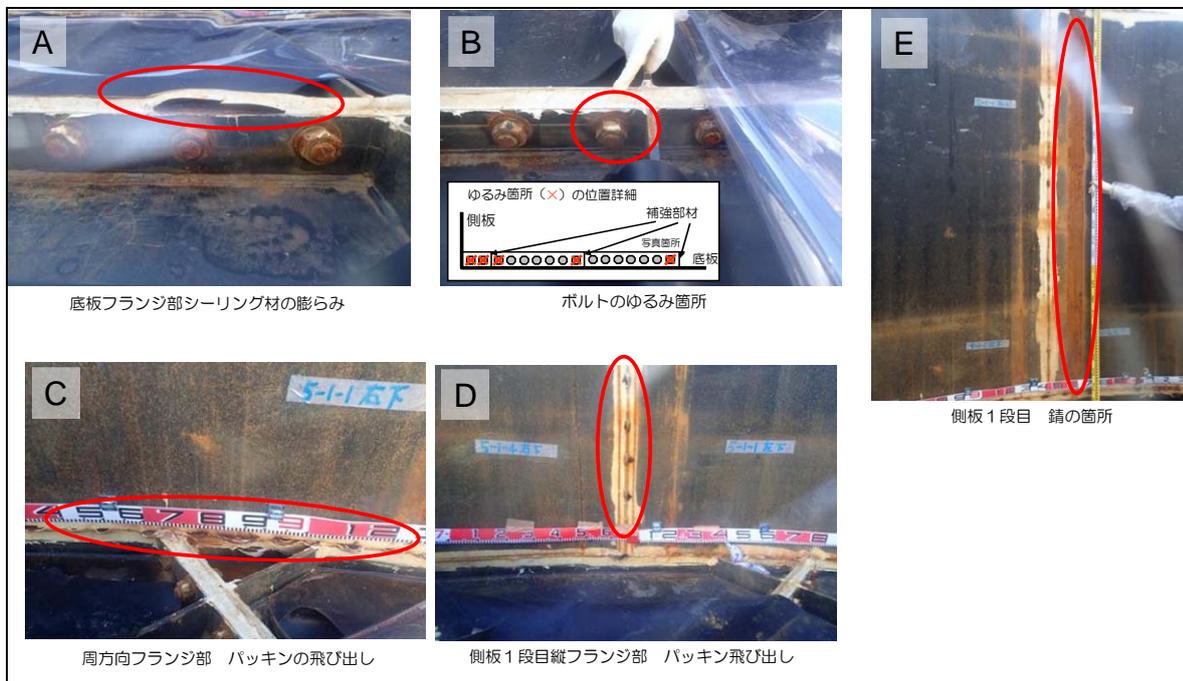


図6 調査結果④(タンク内面写真)

- 側板内面の変色部（発錆と思しきもの）は、容易に剥がすことができる物質（RO濃縮水に含まれる土砂成分と腐食生成物の混合物の可能性）が塗装の上に付着（上述の物質が帯電しており、腐食部に優先的に付着した可能性）したものであった。
- 当該部の塗装は、当該溶接部の検査を実施し、後日施工されているが、その際、洗浄等の確認はされていなかった。そのため、当該部は、周囲の側板塗装よりも状態が相対的に劣り、腐食が発生したと考える。
- 変色の下は塗装も概ね残存しており、塗装の下での腐食は軽微なものであり、健全性に影響を及ぼすものではないと考える。

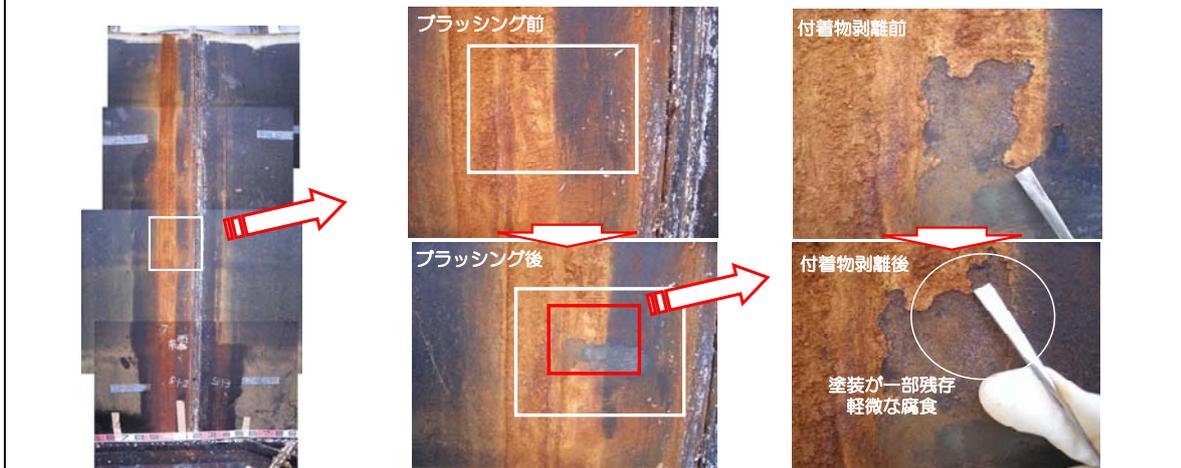
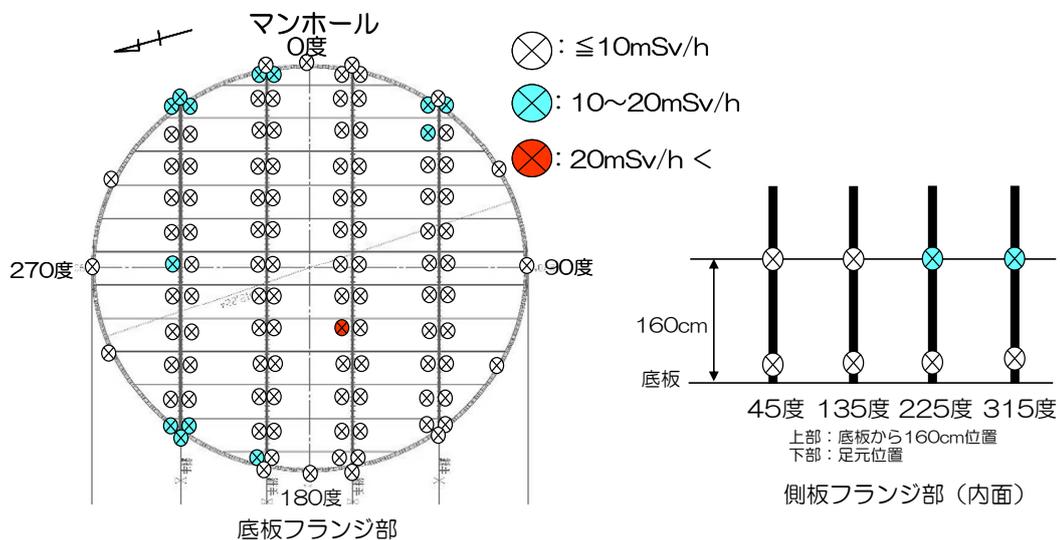


図7 調査結果④(内部側面に確認された発錆)

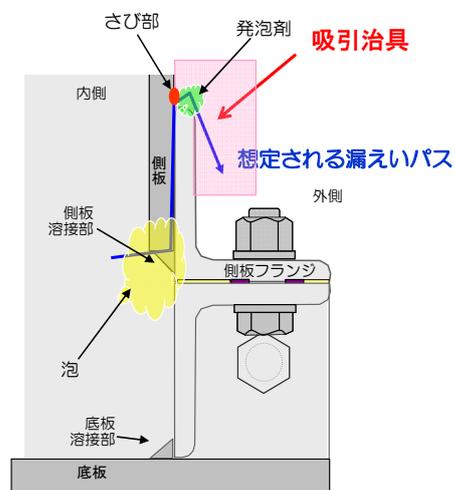
- タンク内面のフランジ部の線量測定の結果、概ね10mSv/h以下（ β ：70 μ m線量当量率）であり、最大約22mSv/h（ β ：70 μ m線量当量率）であった。



- タンク外面（側板1段目及び底板外周部）の線量測定の結果、概ね10mSv/h以下であったが、側板と側板フランジとの溶接部近傍の1箇所（さび部）に比較的線量の高い箇所（約40mSv/h）が確認された。

図8 調査結果⑤(放射線量測定結果)

- 側板と側板フランジとの溶接部近傍で比較的高線量が確認された箇所（さび部）について、局所的に吸引（ -0.06MPa ）を実施した（9/19）。
- 当該部に塗布した発泡剤からの継続的な泡の発生は確認されなかった。また、タンク内部に塗布した泡も吸い込まれなかった。



側板-フランジ部断面図

図9 調査結果⑥(側板バキューム試験結果)

タンク漏えい箇所の調査状況まとめ(解体中・解体後)

事象	解体前 調査結果※1	解体中調査※2		解体後調査		漏えいバスの の有無※3	備考
		調査内容	調査結果	調査内容	調査結果		
側板からの 漏えい	△	比較的高線量が確認された箇所(弁錆部)について、内面のシーリングを除去しバキューム試験を再実施	漏えいバス無し	-	-	×	
		内面にPT剤を塗布し、外側への染み出し有無を確認	漏えいバス無し	・PT剤を塗布し、解体後にフランジ面を確認 ・フランジ面の外観目視、線量測定 ・ボルトの腐食、変形等の確認 ・フランジ接合面のパッキンの外観目視	漏えいバス無し	×	調査結果①②参照
底板からの 漏えい	○	フランジ面間・段差を測定	段差有り	・フランジ面及び底面の外観目視(弁錆の有無、パッキンの状況、漏えいバスの痕跡(PT))、線量測定等 ・ボルトの腐食、変形等の確認 ・フランジ接合面のパッキンの目視等	漏えいバス部にPT剤の残存有り	○ 泡の吸い込みを確認したボルト2箇所	調査結果③~⑩参照
		底板バキュームを行い、フランジ面間・段差の変化、シーリングを除去したフランジ面の漏えいバスを確認	フランジ面の漏えいバス無し				
		ボルトのトルク測定	トルクの低下有り				
		漏えいバスの可能性のあるボルト2本を抜取った状態にて再度バキューム試験を行い、ボルト穴内の漏えいバスを確認	漏えいバス有り				
		シーリング等を除去後、PT剤を塗布(解体後にフランジ面を確認)	確認済の漏えいバスのみ				

※1：○ 漏えいバスの可能性を確認 △漏えいバスの可能性を否定できない
※2：シーリング材を除去した状態

※3：○ 漏えいバスあり × 漏えいバスではない
PT 剤：浸透探傷液

図1 タンク漏えい箇所の調査状況まとめ(解体中・解体後)

- 側板1段目の解体作業に伴い、フランジ部にPT剤(赤色の浸透液)を塗布して漏えいバスの可能性有無を確認した。
- 解体前のタンク外側の目視確認及び解体時の目視確認の結果、漏えいバスとなるような部位(PT剤の染み出し部位)は確認されなかった。



図2 調査結果①(側板フランジ面目視確認結果)

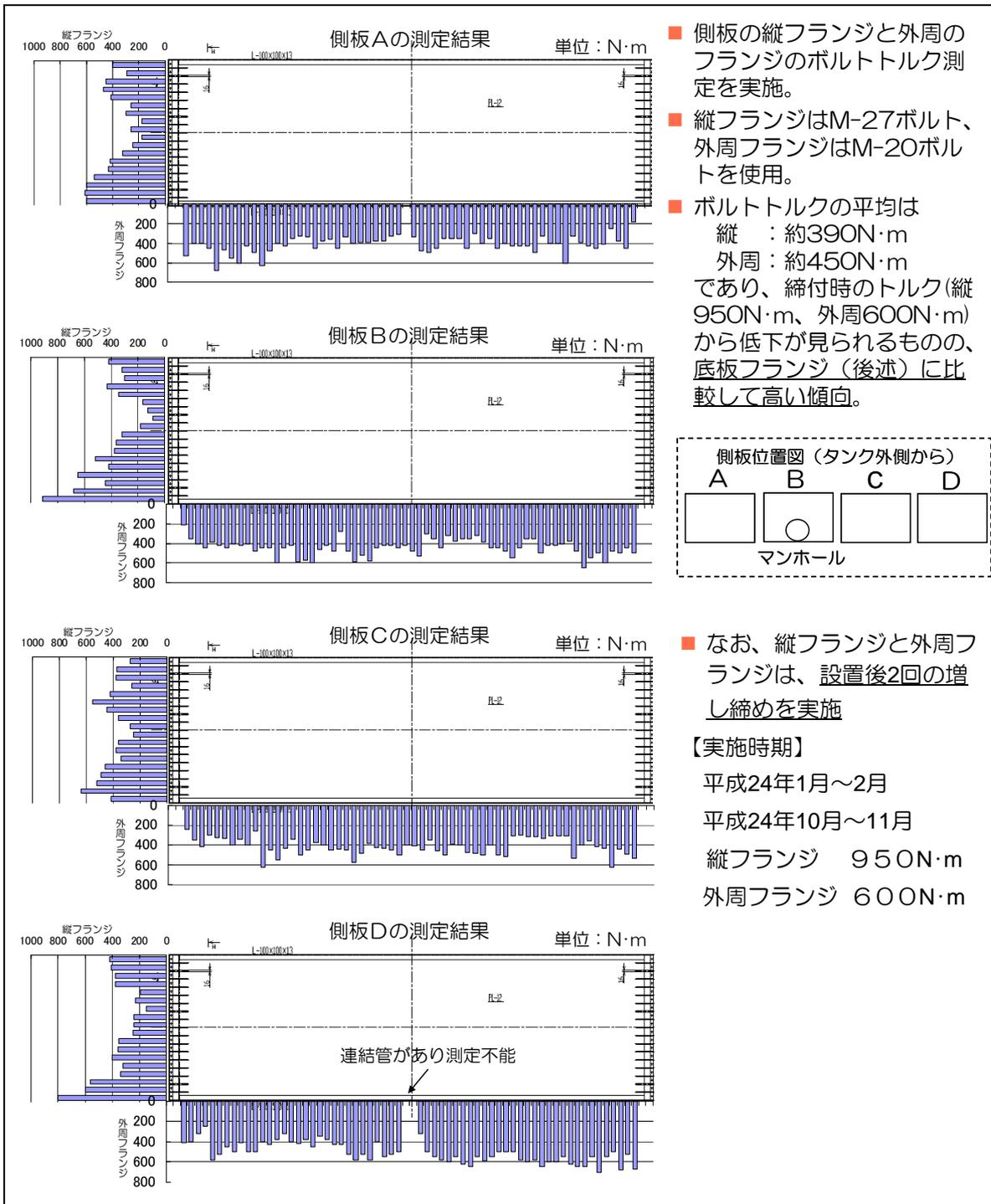


図3 調査結果② (側板1段目ボルトトルク測定結果)

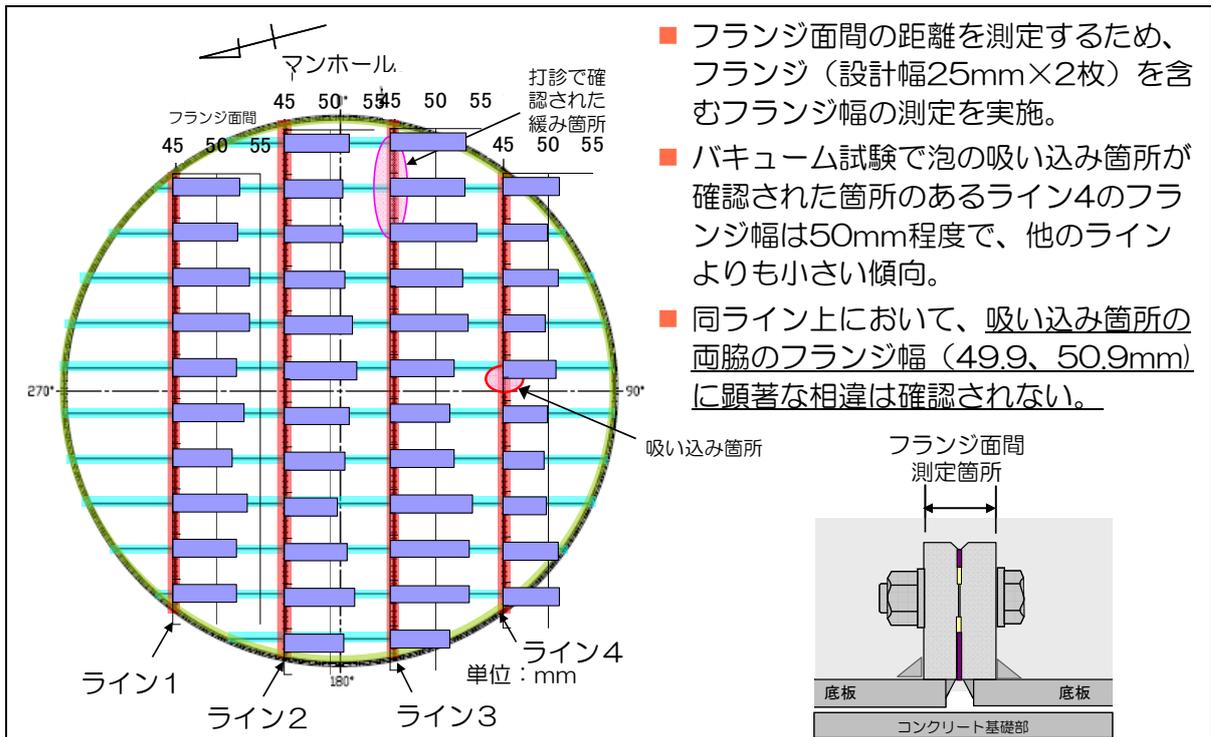


図4 調査結果③（底板フランジ面間測定結果）

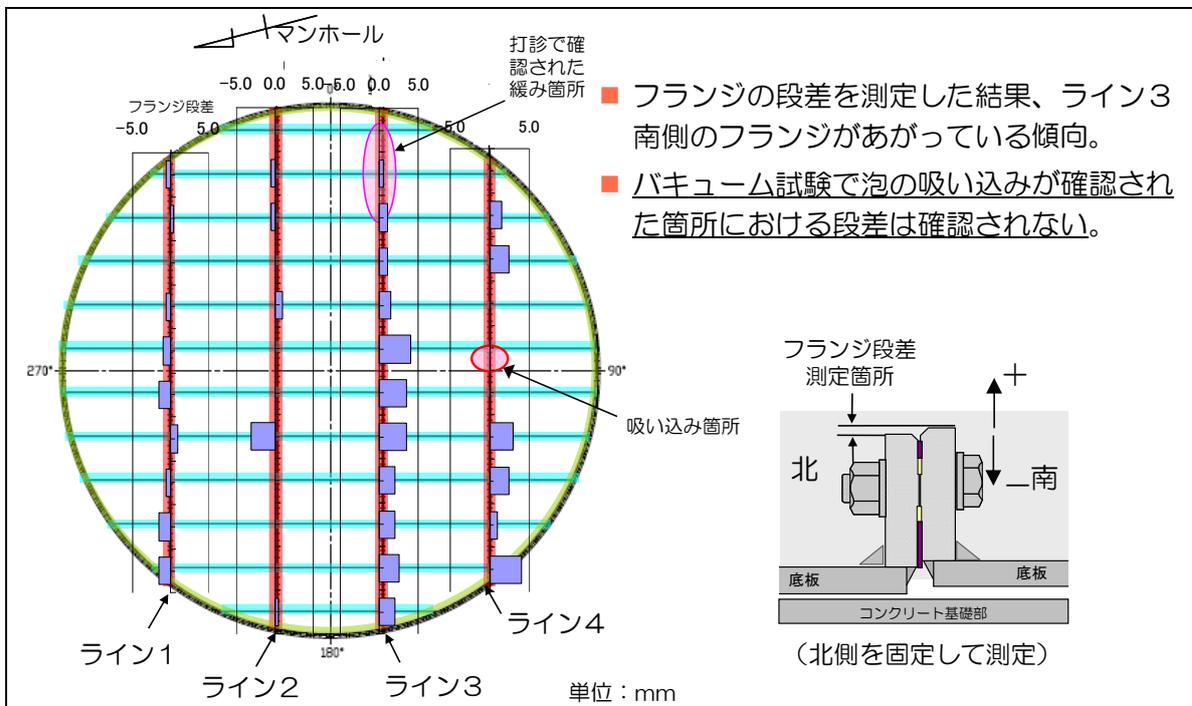


図5 調査結果④（底板フランジ段差測定結果）

- 底板バキューム試験において漏えいパスの可能性が確認されたボルト部について、漏えいパス部の隙間（フランジとワッシャー間、ワッシャーとボルト間）を隙間ゲージにて測定した結果、最大で約0.23mmの隙間を確認した。

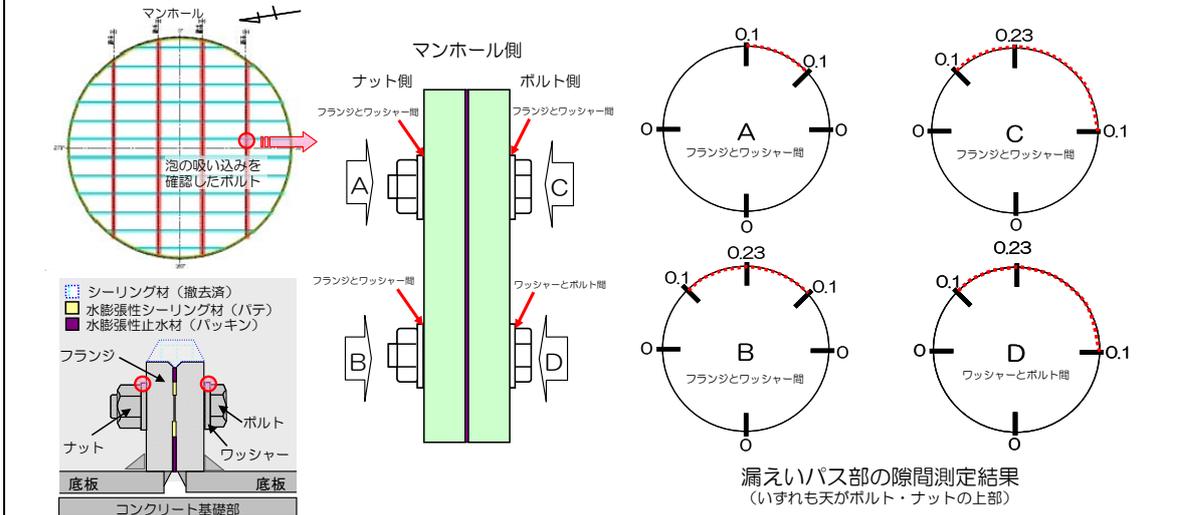


図6 調査結果⑤（ボルト部隙間測定結果）

- 漏えいパスが確認された底板ボルト2本を取り外し、外観目視及び底板バキューム試験を実施した。
- 外観目視の結果、ボルト穴のフランジ間下部に、幅：約3mmで長さ：約22mm（東側）と、幅：約2mmで長さ：約11mm（西側）の開口部が確認された。
- 底板バキューム試験の結果、確認された開口部から泡の吸い込みがあることを確認した。

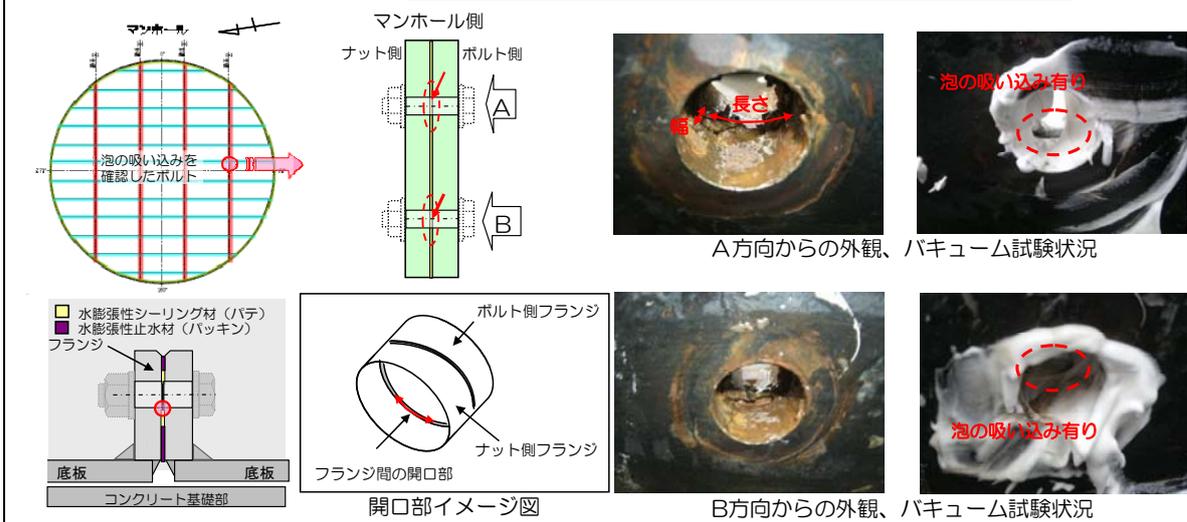


図7 調査結果⑥（底板フランジボルト穴確認結果）

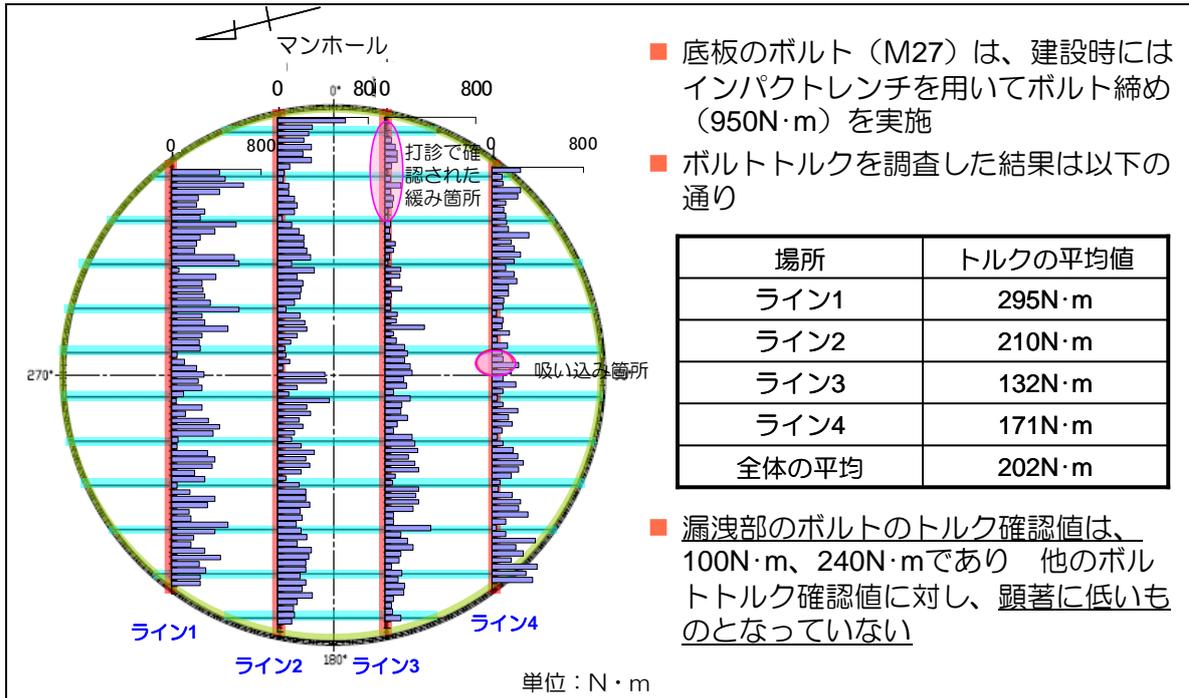


図8 調査結果⑦（底板フランジボルトトルク測定結果）

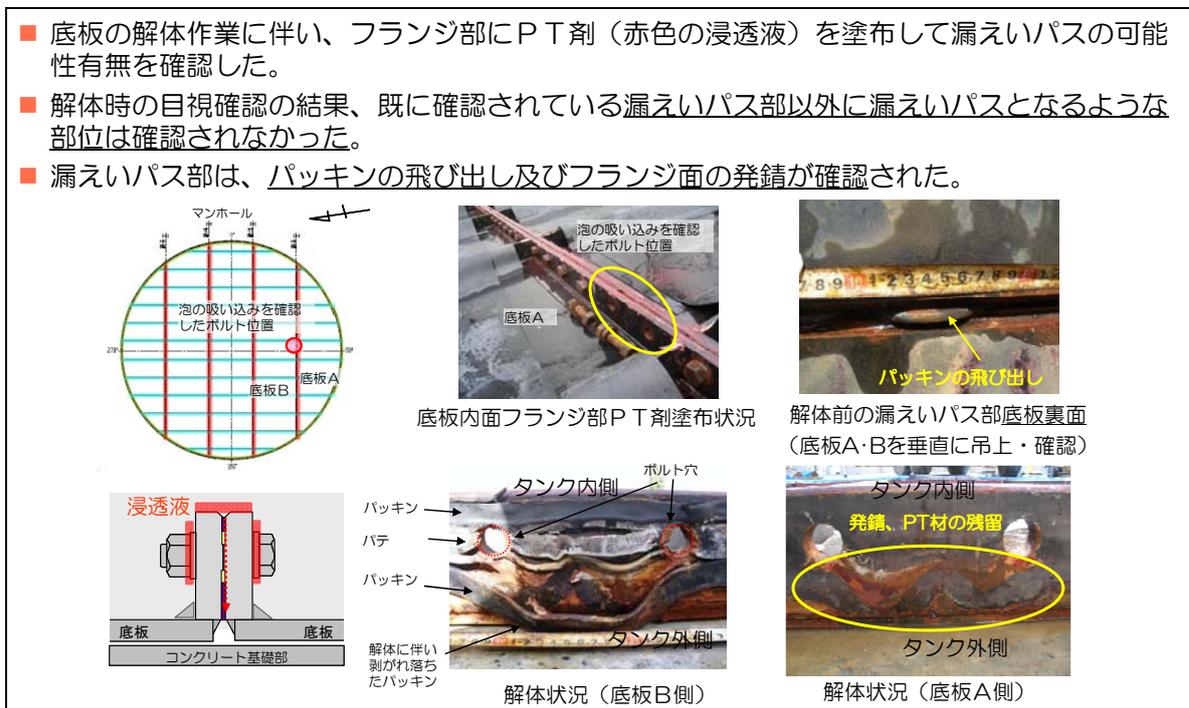


図9 調査結果⑧（底板フランジ面目視確認結果）

- フランジ面を確認した結果、漏えいパスポのパッキン接触面は大きく蛇行し、パッキン痕上端がフランジ面下端を突き抜けていることを確認。
- フランジ面のパテとパッキン痕上端間及びタンク底板外面側に発錆を確認。
- フランジ面及び底板外面の発錆は、パテとパッキン上端に発生した隙間に入り込み、底部に抜けたことで腐食が発生したものと考える。

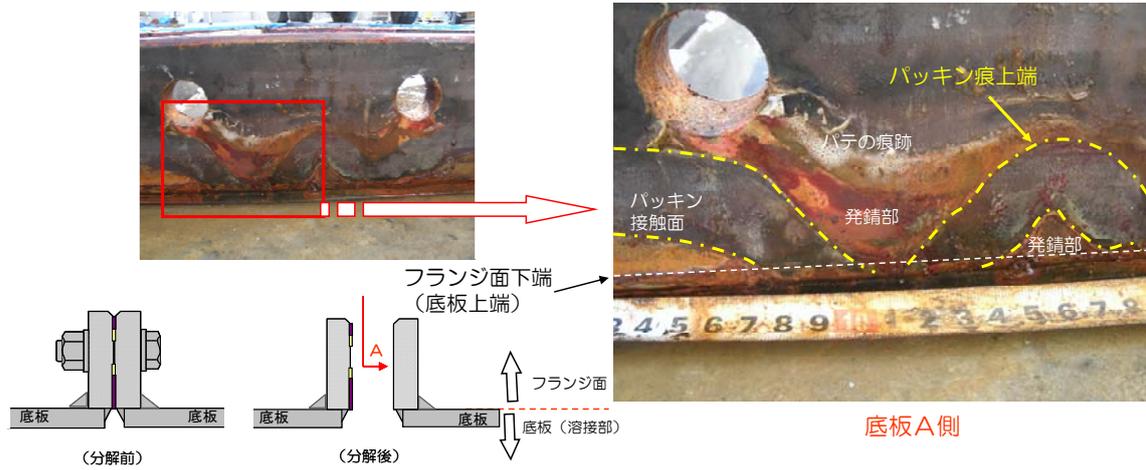


図10 調査結果⑧（漏えいパス観察結果）

- 漏洩箇所を含むフランジにおいて、フランジの開き（上端に対する下端の開き）を測定。
- 吸い込み箇所及びライン4において、フランジ下側の開きが確認されているものの、上端・下端の距離（約1.16mm）に対して軽微（1~2mm程度）。

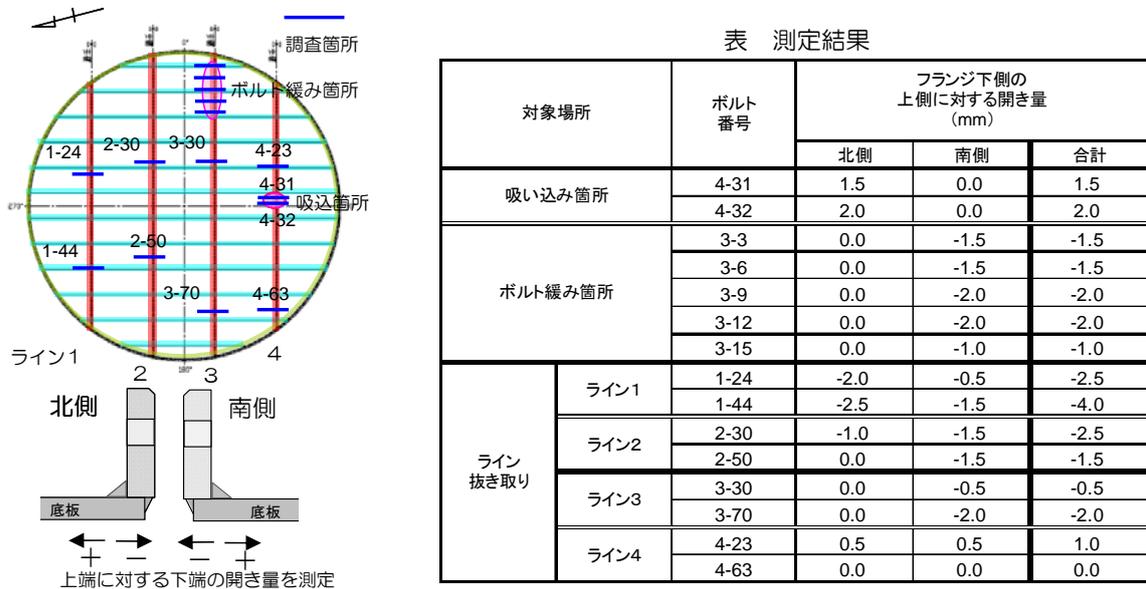


図11 調査結果⑨（底板フランジの開き測定結果）

タンク漏えい原因調査結果の考察

発生要因 (推定)		確認方法	確認結果	判定
材料品質不良	鋼板・ボルト等の部材選定ミス	材料記録 (ミルシート)	鋼板はSS材, ボルトはSCM材等を使用しており, 内部流体の性質等を考慮した材料選定をしていることを確認	×
	鋼板・ボルト等の部材間違い	材料記録 (ミルシート)	部材納入時に, 施工業者にて材料記録等で部材間違いがないことを確認	×
	工場溶接部の溶接不良	聞き取り 水張り試験結果	工場にてメーカーが, 溶接後確認で溶接不良がないことを確認	×
	フランジの歪み	フランジの開きの測定	漏洩箇所等において, フランジ下端側への開きが確認されたものの, 軽微な状況。	△
施工不良	シーリング材及びフランジ間の止水材の施工不良	聞き取り 水張り試験結果	・ 施工業者にて, 施工後確認で施工不良がないことを外観確認 ・ 施工業者及び当社にて, 水張り試験で異常がないことを確認	×
		フランジの接合面の目視	パテの状態から, ボルト締め時にパッキン (底板側) に軽微なうねりが生じた可能性はあるが, 概ね水平に設置していたと推定。	△
	締結ボルトのトルク不足	聞き取り 水張り試験結果	・ 施工業者にて, 設定したトルク値でボルト締結していることを確認 ・ 施工業者及び当社にて, 水張り試験で異常がないことを確認	×
	地盤沈下に伴う鋼板等の部材変形	聞き取り 水張り試験結果	・ 地盤沈下後に当該タンクを解体し, 施工業者にて部材の外観確認で異常がないことを確認 ・ 再組立時に, 施工業者及び当社にて, 掘付確認及び水張り試験で異常がないことを確認	×
	コンクリート基礎の高低差の影響	コンクリート基礎の測量	1～3cm 程度の高低差はあるものの漏えい箇所は周囲と比較して顕著に高低差がある状況ではないことを確認	×
運用中の材料劣化	鋼板・ボルト等の部材の腐食	外観目視	錆の顕著な進展, 変形等の異常がみられないことを確認	×
	シーリング材及びフランジ間の止水材の損傷及び劣化	フランジの接合面の目視	フランジ接合面のパッキン痕, 発錆の状況から, パッキンがフランジ底部に抜けていることを確認。	○
	締結ボルトのトルクの低下	ボルトトルクの確認	トルクは全体的に低下しているが, 漏洩部のボルトトルクのみが顕著に低下している状況ではないことを確認	△

○ : 直接の原因となりうる △ : 間接的な原因となりうる × : 原因ではない

図1 推定原因の整理

- 漏えい部のフランジ接合面におけるパテの残存状況から, ボルト締め付け時にパッキン (底板側) に若干うねりが生じた可能性はあるが, 概ね水平に設置されていたと推定。
- なお, タンク設置時の水張り試験において, 水位に変化がないこと (漏えいがないこと) を確認。
- 最終的なパッキン (底板側) 上端の痕から, ボルト締め付け時以降, 気温変化等によるフランジの熱膨張, 収縮とタンク水圧等により徐々に落下し, 最終的に底部に抜けて開口に至ったものと推定。

経時的な変化によりパッキンが低下

パテの滞留部

設置時のパッキン (底板側) 上端とパテの付着面

解体時に確認されたパッキン (底板側) 上端

タンク底板溶接部

フランジ解体に伴って垂れ下がったパッキン

図2 漏えいパス形成過程の推察

漏えい率からの漏えい面積の想定

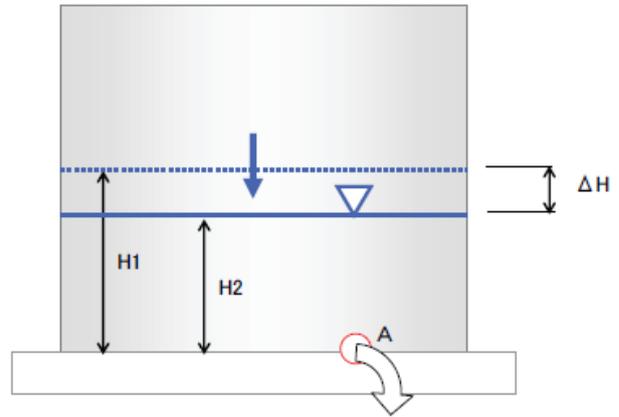
■計算条件

タンク半径R：6m
 水位（初期）H1：6m
 水位（6時間後）H2：5.95m
 水位低下量 ΔH ：0.05m
 漏えい時間T：6時間

■漏えい面積Aの算出

漏えい量 $Q = A_t \times \Delta H$
 タンク底面積 $A_t = \pi R^2$
 流速 $V = Q / AT = \sqrt{2gH1}$
 漏えい面積 $A = Q / T \sqrt{2gH1}$

≒長さ25mm程度・開口（隙間）1mm程度と仮定



コンクリート基礎の調査結果

- タンク底部解体後に若干の残水（水深数mm）がある状況の中、コンクリート基礎の調査を実施した結果、非常に微細で、かつ密着したクラック（幅0.03mm以下、長さ約80cm）を1箇所確認
- なお、当該タンク付近の溜まった雨水の水位が低下する傾向はみられていない

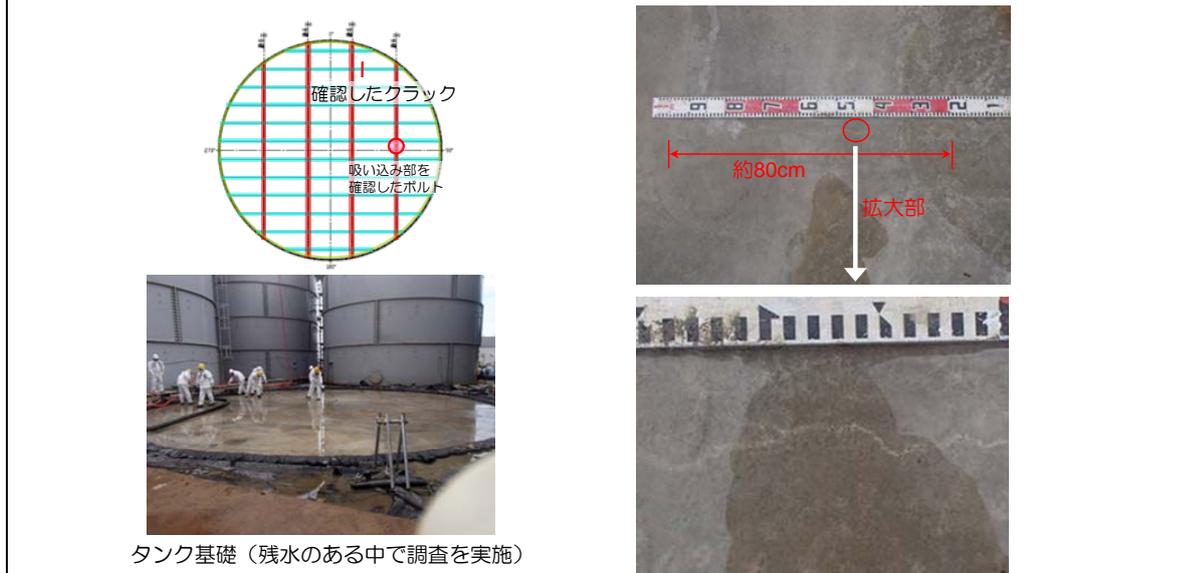


図1 コンクリート基礎の目視確認

漏えい拡大防止策

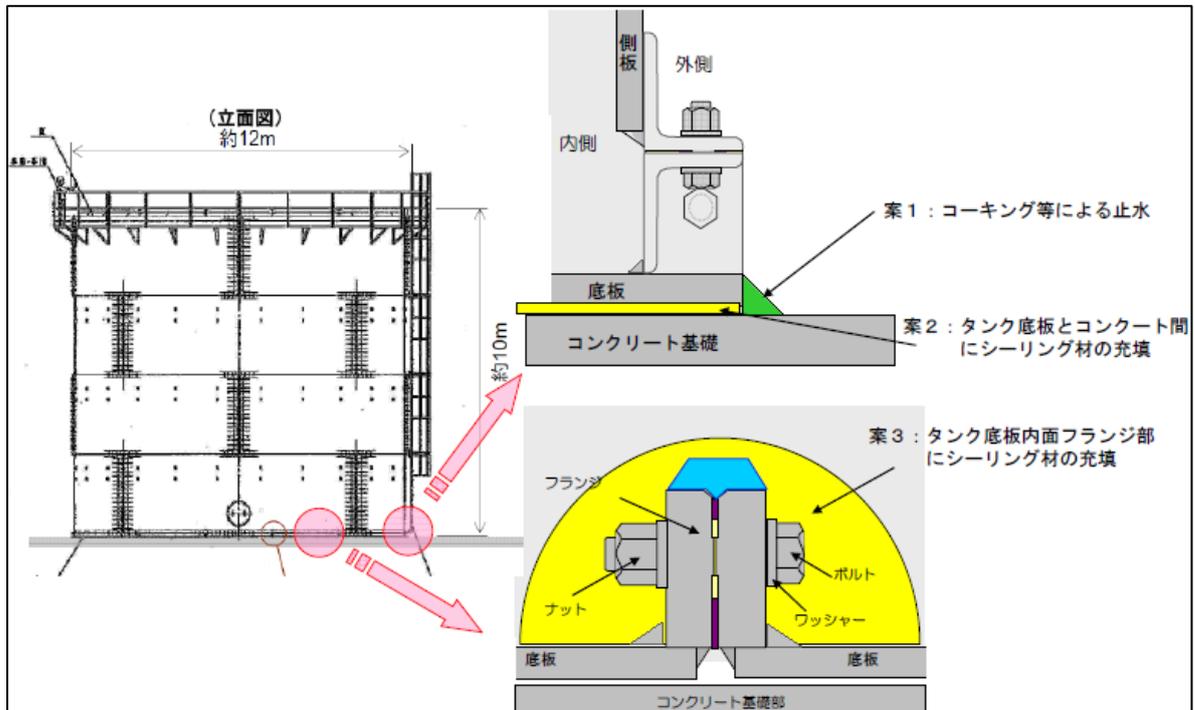


図1 タンク漏えい暫定対策イメージ

●鋼製板による堰の嵩上げ(応急堰)

- ・汚染レベルの最も高いH4北エリア、基礎に傾斜のあるBエリア及びH1東エリアの堰天端レベルが低い箇所の嵩上げを実施済(高汚染)
- ・その他すべてのエリアについても年内に全て完了予定(約30cm嵩上げ計画)

●コンクリート等による堰の更なる嵩上げ(信頼性向上)

- ・現在、詳細設計中。



写真1 鋼製板による堰の設置状況(H4北エリア)

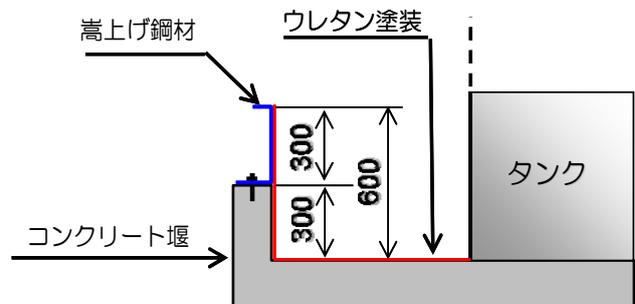


図2 鋼製板による嵩上げ状況図

● 堰内コンクリート面の被覆、外周堰内地表面の浸透防止(今年度末目途)



写真2 被覆状況写真

- ・ 堰内のコンクリート面を被覆し、防水性を向上
- ・ 外周堰～コンクリート堰間は雨水の地中浸透防止のためコンクリート等により浸透防止工を施す

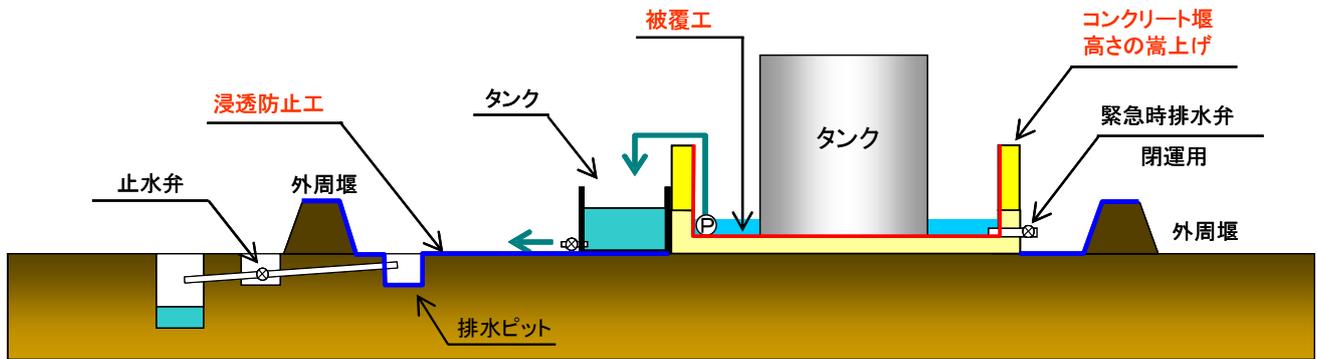


図3 タンクヤード断面図