

発電用原子炉施設故障等報告書

平成27年 8月 28日

東京電力株式会社

<p>件名</p>	<p>福島第一原子力発電所 1000トン鋼製角形タンク群から3号機タービン建屋への貯留水移送ホースからの漏えいについて（構内排水路から港湾内への放射性物質の漏えいについて）</p>
<p>事象発生の日時</p>	<p>平成27年 5月29日17時35分 （福島第一規則第18条第11号に該当すると判断した日時）</p>
<p>事象発生の場所</p>	<p>福島第一原子力発電所</p>
<p>事象発生の発電用原子炉施設名</p>	<p>1000トン鋼製角形タンク群から3号機タービン建屋への貯留水移送ホース</p>
<p>事象の状況</p>	<p>1. 事象発生時の状況</p> <p>平成27年5月29日10時08分頃、発電所構内の35m 盤から2号機と3号機原子炉建屋へ向かう道路（下り勾配の坂道）脇にある側溝（以下、「側溝 K-4-7」という。）に敷設されているポリ塩化ビニル製の耐圧ホース（以下、「当該ホース」という。）より、水が漏えいしていることを、協力企業の作業員が発見した。</p> <p>当該ホースは、1000トン鋼製角形タンク群（以下、「ノッチタンク群」という。）より3号機タービン建屋へ貯留水の移送に使用しており、本事象発生当時、移送を実施中であったことから、10時26分に移送用ポンプを停止した。</p> <p>移送用ポンプを停止したことで、当該ホースの漏えい箇所（以下、「当該箇所」という。）からの漏えいは停止した。</p> <p>漏えいした水は、当該ホースが敷設されている側溝 K-4-7 内に流れ出し、その下流側（漏えいした箇所の約10m下流の位置）で別の側溝（以下、「側溝 K-4-2」及び「側溝 K-4-3」という。）に流入^{※1}し、そこからさらにK排水路まで到達した。（K排水路の水はC排水路に移送しており、C排水路から港湾内に排水している）</p> <p>※1：側溝 K-4-7 と側溝 K-4-3 は、上下で交差（側溝 K-4-7 が上、側溝 K-4-3 が下）しており、交差部で側溝 K-4-7 の下部より、側溝 K-4-3 に水が落ちる構造となっている。</p> <p>漏えい発生を受けて、定例的に採取しているK排水路排水口の水の放射能濃度を確認したところ、5月27日採取分の全ベータ放射能が約 29Bq/L であったのに対して、5月28日採取分の全ベータ放射能が約 1,200Bq/L と、K排水路排水口の全ベータ放射能が上昇していた。</p> <p>また、5月29日の7時00分、及び当該ホースからの漏えい発見後の11時50分に採取したK排水路排水口の水の放射能濃度についても、全ベータ放射能がそれぞれ約 1,400Bq/L、約 1,200Bq/L との結果であった。</p> <p>ノッチタンク群から3号機タービン建屋への貯留水の移送については、5月27日9時頃より行っていたこと、K排水路排水口の全ベータ放射能は、5月28日採取分から（5月27日7時00分に採取した以降に）上昇していることから、K排水路排水口の全ベータ放射能の上昇は、当該ホースから漏えいした水の影響によるものと判断した。</p> <p>また、当該ホースから漏えいした水が側溝 K-4-7 内に流れ出て、側溝 K-4-3 及び側溝 K-4-2 を通じてK排水路へ流れ、そこからC排水路を経由して発電所港湾内へ流出したものと判断した。</p> <p>本事象については、放射性物質を含んだ水が発電所港湾内（管理区域外）へ流出したことから、5月29日17時35分、福島第一規則第18条第11号「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物が管理区域外で漏えいしたとき。」に該当すると判断した。</p> <p>発電所港湾内の海水の放射能濃度を確認したところ、5月28日に採取した1～4号機取水口北側の全ベータ放射能が約 81Bq/L（降雨のない通常時は 50～100Bq/L 程度で推移）であったのに対して、5月29日に採取した1～4号機取水口北側の全ベータ放射能が約 320Bq/L に上昇していた。</p>

事象の状況

ノッチタンク群の貯留水については、過去にRO濃縮塩水を受け入れていた地下貯水槽 No.1, No.2 の水抜き後の残水に、検知孔とドレン孔から汲み上げた水を加えたもの※²、汚染水タンクエリア堰内に溜まった雨水（以下、「堰内雨水」という。）、雨水処理設備で処理した後の雨水RO濃縮水※³などを貯留していたことを確認した。

また、ノッチタンク群貯留水の放射能濃度を確認したところ、Cs-134 が約 $4.4 \times 10^1 \text{Bq/L}$ 、Cs-137 が約 $2.3 \times 10^2 \text{Bq/L}$ 、Sr-90 が約 $6.4 \times 10^5 \text{Bq/L}$ 、H-3 が約 $1.1 \times 10^4 \text{Bq/L}$ 、全ベータ放射能が約 $1.1 \times 10^6 \text{Bq/L}$ ※⁴であった。

※²：地下貯水槽 No.1, No.2 には、淡水化処理装置からの廃液（RO濃縮塩水）を貯留していたが、平成25年4月に発生した地下貯水槽からの漏えい事象を受けて、貯留水の抜き取りを実施している。その後の貯留状況については、貯留水の抜き取りを行った際の残水、及び地下貯水槽の漏えい監視と拡散状況監視のために設置した検知孔とドレン孔から汲み上げた水を受け入れていた。

※³：堰内雨水で、放射能濃度が高く排水できない雨水を、雨水処理設備にて処理し、その際の雨水処理設備からの廃液（雨水RO濃縮水）をノッチタンク群に貯留していた。

※⁴：ノッチタンク群の貯留水を採取した時点では、すでにK排水路から吸引車を用いて回収した水をノッチタンク群へ移送していたが、回収した水を受け入れたノッチタンクと貯留水を採取したノッチタンクの場所は離れており（ノッチタンク群は複数のノッチタンクで構成されており、各ノッチタンク間はホースで連結している）、回収した水が拡散するまでには時間を要することから、採取した貯留水が回収した水によって希釈されてはいないと考えている。

2. 応急対策

当該ホースから漏えいした水がK排水路及びC排水路を経由して発電所港湾内へ流出したことから、以下の対応を実施した。

(1) 漏えい拡大防止処置

- a. 発電所港湾内への流出を防止するため、5月29日11時03分にK排水路からC排水路への移送を停止したが、その後にK排水路内の水位が上昇し、K排水路排水口手前に設置した堰を超え、発電所港湾外へ流出する可能性があったことから、11時27分にK排水路からC排水路への移送を再開し、再び発電所港湾内へ排水した。
- b. 発電所港湾内への排水量を抑制するため、5月29日13時08分からK排水路排水口手前に溜まった水を、吸引車により断続的に回収し、6月2日4時30分頃までに約 780m^3 の水を回収した。（K排水路排水口手前の全ベータ放射能が 200Bq/L 以下まで低下し、その後に安定したことから回収作業を終了した。）回収した水については、ノッチタンク群に受け入れた。
- c. 側溝 K-4-3 に溜まっていた土砂については、漏えい水が染み込んだ可能性があることから、5月29日13時50分までに約 1.5m^3 の土砂（染み込んだ水を含む）を回収した。また、K排水路への流出を防止するため、5月29日16時20分までに側溝 K-4-2 及び側溝 K-4-3 に土嚢を設置（側溝 K-4-2 にはゼオライト土嚢を設置）した。
- d. 側溝 K-4-3 に溜まった水については、5月29日18時頃から吸引車による回収を実施し、5月30日15時30分頃までに約 30m^3 の水を回収した。また、側溝 K-4-2 に溜まった水については、5月31日12時15分頃から吸引車による回収を実施し、6月2日15時40分頃までに約 110m^3 を回収した。回収した水については、ノッチタンク群に受け入れた。
- e. 側溝 K-4-3 に設置した土嚢については、6月3日に撤去した。また、土嚢を撤去する際、側溝 K-4-3 に溜まっていた約 10m^3 の水を回収した。回収した水については、ノッチタンク群に受け入れた。
- f. K排水路排水口、側溝 K-4-2、及び側溝 K-4-3 から回収した放射エネルギーは、全ベータ放射能で約 $1.7 \times 10^9 \text{Bq}$ であった。

(2) 環境モニタリングの強化

- a. K排水路排水口の水については、当該ホースからの漏えいを受けて2時間毎に採取して監視を行っていたが、全ベータ放射能が約 300Bq/L で横ばいとなったことから、5月30日13時50分以降は、採取頻度を2時間毎から4時間毎に変更し、監視を行った。その後、全ベータ放射能が通常の変動範囲内（約 200Bq/L 以下）まで低下し安定していること、及びK排水路排水口、側溝 K-4-2 内、側溝 K-4-3 内の溜まり水を概

事 象 の 状 況

ね回収できたことから、6月3日以降は、日中（12時頃）と夕方（16時頃）の計2回採取として、監視を継続した。その後、分析結果に有意な変動はなく、本事象発生前の全ベータ放射能と同程度の値となったことから、7月1日以降は、1日1回の採取とし、監視を継続している。なお、この他に従来から実施している毎日1回の定例分析を継続している。

- b. 発電所港湾内については、K排水路排水口の放射能濃度の上昇が確認されたことから、5月29日は、毎日1回の定例分析に加えて、追加で1回分析を行った。その結果、定例分析と比較して有意な上昇が確認されなかったことから、その後は、毎日1回の定例分析により監視を継続している。また、発電所周辺（港湾外）については、5月30日に臨時分析を行い、これまでの分析結果と比較して有意な変動がなかったことから、その後は、毎週1回の定例分析による監視を継続している。

3. 漏えい量の評価

ノッチタンク群貯留水の3号機タービン建屋への移送実績、及びK排水路排水口の分析結果から漏えい量を評価したところ、漏えい量は、以下のとおり約7~15m³と評価した。

- (1) 当該箇所からの漏えいは、5月27日の移送時より発生したものと仮定して漏えい量を評価した結果、当該箇所の開口部の大きさ及び移送時のポンプ出口圧力（移送ポンプの締切圧力）から、当該箇所の開口部から漏えいした量は約15m³と評価した。
- (2) 5月29日の作業開始時刻（9時00分頃）から漏えいが始まり、移送作業を中止した時刻（10時30分頃）までの間、一定濃度のノッチタンク群貯留水が同じ流量で流出したと仮定し、K排水路排水口の全ベータ放射能が最高値の6,600Bq/Lとなり得る漏えい量を評価した結果、漏えいした量は約7m³と評価した。

4. 環境への影響（放射能の広がり）

当該ホースから漏えいした水が、K排水路及びC排水路を經由して発電所港湾内へ流出したことから、K排水路排水口、発電所港湾内、発電所港湾外、及び港湾口海水モニタにて、水の分析・測定を行った結果は以下のとおりであった。

- (1) K排水路排水口から採取した水の分析結果
5月29日14時00分に採取した水の全ベータ放射能が6,600Bq/Lまで上昇したが、その後は下降に転じ、降雨の影響による変動はあるものの、過去の変動範囲内で推移している。
- (2) 発電所港湾内から採取した水の分析結果
a. 1~4号機取水口付近から採取した水の分析結果
「1. 事象発生時の状況」に記載のとおり、5月28日に採取した1~4号機取水口北側水の全ベータ放射能が約81Bq/L（降雨のない通常時は50~100Bq/L程度で推移）であったのに対して、5月29日7時40分に採取した1~4号機取水口北側水の全ベータ放射能が約320Bq/Lに上昇していた。本事象発生後、追加で行った分析において、5月29日12時10分に採取した1~4号機取水口北側水の全ベータ放射能が210Bq/Lであることを確認したが、この値は過去の変動範囲内の値であり、その後も有意な変動はなかった。
- b. 上記以外の発電所港湾内から採取した水の分析結果
本事象発生後、追加で行った分析において、5月29日12時13分に採取した港湾中央の水の全ベータ放射能が180Bq/Lであることを確認したが、この値は過去の変動範囲内の値であり、その後も有意な変動はなかった。
- (3) 発電所港湾外から採取した水の分析結果
本事象発生後、臨時で行った分析において、5月30日8時36分に採取した港湾口東側水の全ベータ放射能が18Bq/Lであることを確認したが、この値は過去の分析結果における検出限界値付近の値であり、その後も有意な変動はなかった。
- (4) 港湾口海水モニタ測定結果
本事象発生前と比較して、測定結果に有意な変動はなかった。

<p>事象の状況</p>	<p>以上のことから、環境への影響（放射能の広がり）は、発電所港湾内では確認されたものの、発電所港湾外においては、有意な変動は確認されなかった。</p> <p>なお、発電所港湾内へ流出した放射能（全ベータ放射能による評価）は、ノッチタンク群貯留水の放射能濃度（全ベータ放射能で約 $1.1 \times 10^6 \text{Bq/L}$）及び「3. 漏えい量の評価」において評価した漏えい量の最大値（約 15m^3）から算出した放射能（約 $1.7 \times 10^{10} \text{Bq}$）から、K排水路排水口及び側溝から回収した放射能（約 $1.7 \times 10^9 \text{Bq}$）を差し引き、最大で約 $1.5 \times 10^{10} \text{Bq}$ と評価した。</p>
<p>事象の原因</p>	<p>5. 当該ホースからの漏えいに係る原因調査結果</p> <p>5-1. 当該ホースに係わる調査結果</p> <p>(1) 当該ホースの仕様及び構造調査</p> <p>a. 当該ホースは、口径 75mm のポリ塩化ビニル製の耐圧ホースであり、当該ホースの外周には、補強リング（樹脂製）が取り付けられている。</p> <p>b. 当該ホースは、塩化ビニルの外管にゴムの内管を接着した構造である。</p> <p>(2) 当該ホースの点検結果</p> <p>a. 当該箇所を目視にて確認したところ、長さ約 1cm、幅約 0.2cm の楕円状の孔が開いていた。</p> <p>b. 当該箇所は、当該ホースが屈曲した部分の外側に位置しており、当該箇所の周辺は補強リングの間隔が広がり、ホース地が柔らかくなった状態であった。</p> <p>c. 当該ホースは、側溝 K-4-7 内に屈曲した状態で設置されており、曲げ半径は 200～300mm 程度となっていた。なお、当該ホースの取り扱い説明書を確認したところ、ホースを敷設する際の注意事項として「許容曲げ半径以下に曲げて使用すると、ホースの寿命を著しく低下させる原因となる」ことが記載されており、当該ホースの許容曲げ半径は 750mm であった。</p> <p>d. 当該ホースの内部確認を行ったところ、ゴムの内管の長手方向、周方向それぞれに亀裂があり、内管と外管が剥離していた。</p> <p>e. 当該ホース内管の内側には、著しいゴムの硬化や摩耗はなかった。</p> <p>(3) 当該ホース敷設の経緯</p> <p>a. 平成25年8月19日に発生した「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事象」（以下、「H4北エリアタンクからの漏えい事象」という。）を受け、堰内雨水の貯留容量に余裕がなくなったことから、堰内雨水の受入先であったノッチタンク群からタービン建屋へ移送するラインを計画し、平成25年10月に当該ホースの敷設が完了した。</p> <p>b. 当該ホースの敷設にあたっては、移送する水が堰内雨水であり、RO濃縮塩水のような高濃度の汚染水でなかったこと、また、緊急に敷設する必要があったことから、他の工事との干渉が少なく、敷設しやすい側溝内に当該ホースを敷設した。また、当該ホース敷設時は、特に拘束点は設けず、ある程度の余長を確保して、ほぼ直線状に側溝内に敷設した。</p> <p>c. 当該ホースは仮設設備であり、一時的に使用する予定だったため、当該ホースの点検については計画されず、平成25年10月に設置した以降、点検が行われていなかった。</p> <p>5-2. 当該ホースに孔が開いた推定原因</p> <p>これまでの調査結果から、当該ホースに孔が開いた原因は、以下の通りであると推定した。</p> <p>(1) 漏えいが発生した場所は、直線状の長距離下り勾配の下流であり、当該ホースは、ある程度の余長を確保して敷設したこと、また、拘束点がない状態で敷設したことから、長期的に使用したことに伴い、移送操作による水の流れや内部流体の自重により、当該ホースに屈曲部が発生した。</p>

- (2) 屈曲部が発生したことにより、ホース外側が強く曲げられたことで、内管と外管の接着強度が低下し、内管と外管が剥離した。
- (3) 内管と外管が剥離した状態で当該ホースの使用を継続したことにより、内管に亀裂が生じ、外管に当該ホース内の水圧が直接かかるようになった。
- (4) 移送操作を繰り返し行ったことにより、内管と外管の剥離が拡大した。
- (5) 外管の曲げで伸ばされた部位に水圧が繰り返しかかることで、外管に亀裂が入り、孔に進展した。

6. 類似箇所調査結果

「5-1. (2) 当該ホースの点検結果」に記載のとおり、当該ホースの取り扱い説明書には、ホースを敷設する際の注意事項として「許容曲げ半径以下に曲げて使用すると、ホースの寿命を著しく低下させる原因となる」ことが記載されている。

当該ホースは、ホースメーカーが推奨する許容曲げ半径よりも小さい曲げ半径（200～300mm 程度）で使用しており、曲げ半径が小さいことが起因して孔が開いたものと推定したことから、5月30日から6月10日にかけて、類似箇所（汚染水を取扱う耐圧ホース）の調査を実施した。

調査の結果、高濃度汚染水（ 10^6 Bq/L オーダー以上）を取扱う耐圧ホースについては、現状で十分管理し、使用していることを確認した。

高濃度汚染水以外を取扱う耐圧ホース（建屋外及び堰外を対象）については、使用不可能な（ホース屈曲部が著しい変形を起こしている）耐圧ホースが 2 ラインあることを確認した。これらの耐圧ホースは、今後使用する予定がないことから、7月9日から7月10日にかけて使用ができない措置を行うとともに、7月21日に撤去した。

また、高濃度汚染水以外を取扱う耐圧ホースのうち、設置状況の改善（曲げ半径が小さい、排水路や側溝を横断しているなど）が必要な耐圧ホースが 139 ラインあることを確認したことから、これらの耐圧ホースについて、平成27年9月末を目途に改善（許容曲げ半径の確保、側溝への流入防止のための養生など）を進めている。

事象の原因

7. 当該ホースの設計・管理・運用に係わる調査結果

これまでの調査結果から、当該ホースから汚染水が漏えいした直接的な原因は、当該ホースに孔が開いたことであるが、当該ホースの設計・管理・運用において問題がなかったか調査・検討を行った。

7-1. 当該ホースの設計

(1) 当該ホースを敷設する際の当初設計について

- a. ノッチタンク群は、使用目的を特定せず、汚染水漏えいなどの事態に備え、それらの水を一時的に貯留する目的として、平成25年5月頃に設置されたものであった。
- b. ノッチタンク群は、一時的な貯留設備として設置したものであり、継続的な水の受け入れ及び他設備への移送は想定していなかったことから、移送配管は設置されていなかった。
- c. H4北エリアタンクからの漏えい事象を受け、堰内雨水を管理する必要が生じたことから、その堰内雨水の受け入れ先として、一時的な貯留設備であるノッチタンク群を使用することとした。その後、堰内雨水の受け入れが継続したことから、ノッチタンク群から他設備への移送・処理手段が必要となった。
- d. 他設備への移送・処理手段の検討を行ったところ、35m 盤上には、ノッチタンク群に貯留した水を処理する設備がなかったことから、タービン建屋へ移送することとした。
- e. ノッチタンク群からタービン建屋へ移送する配管は、堰内雨水の貯留先を確保するため、速やかに移送配管を設置する必要があったことから、耐圧ホースを使用する設計とした。

事 象 の 原 因

(2) ノッチタンク群に貯留していた水について

- a. ノッチタンク群には、堰内雨水のほか、雨水RO濃縮水、平成27年2月22日に発生した「福島第一原子力発電所構内側溝排水放射線モニタにおけるβ線濃度「高高警報」の発生事象（構内排水路（C排水路）から港湾内への放射性物質の流出事象）」において、B排水路・C排水路から回収した水、及び地下貯水槽の残水ならびに検知孔・ドレン孔から汲み上げた水などを貯留していた。
- b. 平成27年2月頃から4月頃にかけては、主に雨水RO濃縮水及びB排水路・C排水路から回収した水をノッチタンク群に受け入れ、適宜3号機タービン建屋への移送を行っていた。
- c. 5月13日に、ノッチタンク群の貯留量を約110m³まで下げた後、5月15日以降、地下貯水槽No.1, No.2の残水ならびに検知孔・ドレン孔から汲み上げた水をノッチタンク群に約236m³受け入れたことから、当該ホースから漏えいが発生した際にノッチタンク群に貯留していた水は、地下貯水槽から受け入れた水が3分の2程度を占める状況であった。
- d. ノッチタンク群に受け入れた水のうち、地下貯水槽に貯留していた水の全ベータ放射能は、10⁶Bq/Lオーダーであり、他の箇所から受け入れた水と比較して、高濃度の汚染水であった。

7-2. 当該ホースの保守管理状況

(1) 当該ホースの保守状況

- a. 当該ホースは仮設設備であり、平成25年10月に設置した以降、点検が行われていなかった。
- b. 当該ホースはポリ塩化ビニル製であり、経年劣化によりホースが破損して漏えいが発生するリスクが高いことを認識していたことから、雨水移送ラインの信頼性向上を目的に、平成26年3月から当該ホースをポリエチレン管（以下、「PE管」という。）に取り替える工事（以下、「PE管敷設工事」という。）を実施していた。しかしながら、2号機変圧器撤去工事や陸側遮水壁設置工事との干渉により、一部の配管が施工できない時期があったことから、PE管敷設工事実施箇所（以下、「工事実施箇所」という。）は、陸側遮水壁設置工事完了後も、2号機変圧器撤去工事に伴う工事干渉により、PE管の再切断及び敷設経路変更等の対応が必要であると思ひ込み、未施工^{※5}のままPE管敷設工事を中断していた。このため、結果として当該ホースを長期間使用することになった。

※5：PE管施工範囲全長の約830mのうち、未施工範囲は約30mであった。

(2) PE管敷設工事が中断した経緯

- a. 平成26年10月頃、ノッチタンク群から2号機及び3号機タービン建屋への移送配管を施工中、陸側遮水壁設置工事及び2号機変圧器撤去工事と干渉することが判明したことから、当該箇所のPE管敷設工事を中断した。
- b. 工事実施箇所担当者は、PE管敷設工事よりも陸側遮水壁設置工事及び2号機変圧器撤去工事の方が先に行われていたこと、また、双方の工事は重要性が高く、PE管敷設工事よりも優先されるものと考えていた。
- c. そのため、PE管敷設工事を実施するにあたり、陸側遮水壁設置工事及び2号機変圧器撤去工事に影響を与えないよう、現場調整を行うこととした。
- d. 現場調整を行った結果、PE管敷設工事と大きく干渉するのは陸側遮水壁設置工事だけであり、2号機変圧器撤去工事は、準備作業として遮へい材の設置が完了すれば干渉状態が解消される状態であったが、工事実施箇所担当者は、2号機変圧器移動の際にもPE管を切断しなければならないと誤認してしまった。
- e. 平成27年3月、工事実施箇所担当者が変更となるため、陸側遮水壁設置工事及び2号機変圧器撤去工事との干渉状態について引継ぎが行われた。その後、陸側遮水壁設置工事による干渉状態が解消され、PE管敷設工事が再開できる状態となったが、PE管敷設工事の業務引継ぎを受けた工事実施箇所担当者は、前任の担当者からの引継ぎのとおり、2号機変圧器撤去工事が完了しておらず、PE管敷設工事を再開できる状態ではないと考えたことから、PE管敷設工事を再開するための現場調整を行わなかった。

なお、本事象発生以降、改めて干渉していた工事との現場調整を行った結果、新たに別工事（2号機原子炉建屋カバー設置工事）との干渉が発生することが判明したが、後日、当該干渉箇所のPE管切断及び敷設経路変更を行うことを前提として工事を再開し、平成27年6月20日にPE管敷設工事が完了した。その後、6月25日より、敷設されたPE管を使用してノッチタンク群から3号機タービン建屋への移送を再開した。

7-3. 移送作業の実施状況

(1) ノッチタンク群から3号機タービン建屋への移送時の対応

- a. ノッチタンク群から3号機タービン建屋への移送時の体制は、工事実施箇所の雨水移送担当者4名（ポンプ起動操作者1名を含む）で、ポンプ起動前における移送経路の弁状態確認、及びポンプ起動後における35m盤上での漏えい確認を行っていた。
- b. ノッチタンク群から3号機タービン建屋への移送手順書は、タンク内堰内水回収・排水運用要領（ガイド）により定められていたが、移送開始後に全ての移送配管の漏えい確認を行うなど、具体的な確認事項の記載がされていなかった。
- c. 平成27年3月19日に発生した「淡水化处理装置受入タンク等の堰内雨水移送用耐圧ホースからの漏えい事象」の是正処置において、移送開始後に全ての移送配管の漏えい確認を行う旨を記載した個別手順書を順次作成・運用することとしており、35m盤上については、移送開始後に全ての耐圧ホースの漏えい確認を行っていた。しかしながら、35m盤から10m盤に移送する唯一の耐圧ホースである当該ホースの個別手順書が未完成であり、確認範囲が不明確であったことから、移送開始後に当該箇所付近の漏えい確認は行われていなかった。

8. 原因分析結果

これまでの調査結果を整理し、汚染水が発電所港湾内へ流出した原因を分析した結果、問題点及びその背後要因は以下のとおりであった。

事象の原因

<問題点>

- (1) ノッチタンク群貯留水の移送時に、当該ホースから汚染水が漏えいした。
- (2) 漏えいした汚染水が、側溝からK排水路に流出した。
- (3) 漏えいした汚染水が、K排水路に流出したことに気付くのが遅れた。

<背後要因>

- (1) ノッチタンク群貯留水の移送時に、当該ホースから汚染水が漏えいしたことに対する背後要因
 - a. 工事実施箇所は、当該ホースからの漏えいリスクを考慮し、PE管敷設工事を開始していたが、2号機変圧器撤去工事及び陸側遮水壁設置工事との干渉状態が継続していると思い込み、工事の中断を継続したため、結果として一時的に敷設した当該ホースを使い続けていた。
 - b. 発電所内における工事の優先順位を調整する会議体が認知されておらず、PE管敷設工事と干渉工事の優先付けが行われなかった。このため、PE管敷設工事の中断が継続し、結果として一時的に敷設した当該ホースを使い続けていた。
 - c. 工事実施箇所は、当該ホースは仮設備であり、PE管敷設工事が完了するまで一時的に使用する予定であったことから、当該ホースの劣化を踏まえた点検計画を定めていなかった。
 - d. 耐圧ホースを使用して汚染水を移送するにあたり、通水する汚染水の放射能濃度について、明確なルールがなかった。
 - e. 35m盤上には、多核種除去設備などの高濃度汚染水処理設備、及び雨水処理設備は設置されていたが、それ以外の放射能濃度の水を処理する設備がなかった。このため、トラブル等で発生した汚染水の処理に、一時的な貯留設備として設置したノッチタンク群を使用せざるを得なかった。

<p>事 象 の 原 因</p>	<p>(2) 漏えいした汚染水が、側溝からK排水路に流出したことに対する背後要因 堰内雨水の貯留容量を確保するため、ノッチタンク群からタービン建屋までの移送配管を緊急的に敷設した際、当該ホースを側溝内に敷設した。なお、当該ホースの敷設にあたり、現場確認を行ったところ、緊急的に当該ホースを敷設できる場所は側溝内しかなかった。</p> <p>(3) 漏えいした汚染水が、K排水路に流出したことに気付くのが遅れたことに対する背後要因</p> <p>a. K排水路は、汚染水タンクが設置されている場所から離れており、汚染水がK排水路に流入するリスクはないものと考えていた。また、K排水路は、雨水を排水する側溝であったことから、K排水路に流入する水の放射能濃度を速やかに検知できる設備が設置されていなかった。</p> <p>b. 工事実施箇所は、「タンク内堰内水回収・排水運用要領（ガイド）」を定めていたが、そのガイドには、移送開始後に全ての移送配管の漏えい確認を行うことを手順に定めておらず、雨水移送ホース使用時における点検がルール化されていなかった。</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>環境への影響（放射能の広がり）は、発電所港湾内では確認されたものの、発電所港湾外においては、有意な変動は確認されなかったことから、影響は発電所港湾内にとどまっていると考えられる。</p> <p>なお、発電所港湾内へ流出した放射エネルギー（全ベータ放射能による評価）は、ノッチタンク群貯留水の放射能濃度（全ベータ放射能で約 $1.1 \times 10^6 \text{Bq/L}$）及び「3. 漏えい量の評価」において評価した漏えい量の最大値（約 15m^3）から算出した放射エネルギー（約 $1.7 \times 10^{10} \text{Bq}$）から、K排水路排水口及び側溝から回収した放射エネルギー（約 $1.7 \times 10^9 \text{Bq}$）を差し引き、最大で約 $1.5 \times 10^{10} \text{Bq}$ と評価した。</p>
<p>被害者</p>	<p>な し</p>
<p>他に及ぼした障害</p>	<p>な し</p>
<p>復旧の日時</p>	<p>平成27年6月20日（PE管敷設工事が完了した日）</p>
<p>再発防止対策</p>	<p>9. 対策</p> <p>(1) ノッチタンク群貯留水の移送時に、当該ホースから汚染水が漏えいしたことに対する対策</p> <p>a. 当該ホースについては、経年劣化に対して信頼性の高いPE管へ取り替える。（平成27年6月20日にPE管敷設工事完了）</p> <p>b. リスク総点検等で抽出された対策工事、及び不適合管理においてリスク管理が必要と判断された対策・水平展開工事については、リスク管理会議において工程を共有し進捗管理を行うとともに、工事が干渉する場合は工事の優先順位付けを行う。また、優先順位が後位となった工事についても、可能な限りリスクを下げる視点に立ち、できる限り追加的対策を講じる。これらの対策については、上記工事の進捗管理及び優先順位付けを行うことを、リスク管理会議を運営する箇所が管理する「リスク管理会議運営ガイド」に明記した。（平成27年8月17日にガイド改訂完了）また、リスク管理会議をはじめとする別会議体への報告が必要と判断された不適合事象について、是正処置実施箇所に当該会議体への報告を指示することを、不適合管理及び是正処置・予防処置基本マニュアルの下位文書である「不適合管理及び是正処置・予防処置ガイド」及び「不適合管理委員会運営ガイド」に明記した。（平成27年8月11日にガイド改訂完了）</p>

<p>再発防止対策</p>	<ul style="list-style-type: none"> c. 汚染水の移送に使用する仮設耐圧ホースについては、計画的に点検を行い、必要に応じて是正を行うとともに、定期点検管理表により、点検計画・実績の管理を行う。これらの対策については、仮設耐圧ホースの点検項目や点検頻度、定期点検管理表による管理方法を策定し、廃止措置基本マニュアル及び保守管理基本マニュアルの下位文書として新規制定された「耐圧ホース運用管理ガイド」（以下、「耐圧ホース運用ガイド」という。）に明記した。（平成27年8月21日にガイド新規制定完了） d. 耐圧ホースを使用して汚染水の移送を実施する場合は、通水する汚染水の放射能濃度の上限を定める。本対策については、発電所構内（建屋外）で定常的に耐圧ホースを使用して汚染水を移送する場合において、通水する汚染水の放射能濃度の上限を定め、耐圧ホース運用ガイドに明記した。（平成27年8月21日にガイド新規制定完了） e. 35m 盤上で取扱う汚染水については、タービン建屋へ移送することなく、35m 盤上で処理可能な設備を構築する。（平成27年7月から設備構築に向けた設計・検討を実施中） <p>(2) 漏えいした汚染水が、側溝からK排水路に流出したことに対する対策</p> <p>発電所構内において汚染水を移送する耐圧ホースのうち、排水路に直接流れ込む可能性がある耐圧ホースについては、側溝から離隔あるいは側溝内に流入しないような養生を行う。やむを得ず、上記の対策を図ることができない耐圧ホースについては、移送の都度、漏えい確認のための監視員を配置する。これらの対策については、耐圧ホースを敷設する際の注意事項として、耐圧ホース運用ガイドに明記した。（平成27年8月21日にガイド新規制定完了）</p> <p>(3) 漏えいした汚染水が、K排水路に流出したことに気付くのが遅れたことに対する対策</p> <ul style="list-style-type: none"> a. K排水路に、汚染水流入などの異常を検知するための連続モニタリング設備を設置する。（平成28年3月に設置予定） b. 耐圧ホースを使用して汚染水の移送を行う場合は、移送開始後に全ての移送配管の漏えい確認を行う個別手順書を作成する。本対策については、移送開始後に移送配管の漏えい確認を実施することを記載した個別手順書を策定し、日常点検として実施することを、耐圧ホース運用ガイドに明記した。（平成27年8月21日にガイド新規制定完了）
---------------	--

福島第一原子力発電所
1000トン鋼製角形タンク群から
3号機タービン建屋への貯留水移送ホースからの漏えいについて
(構内排水路から港湾内への放射性物質の漏えいについて)

平成27年 8月
東京電力株式会社

目 次

1. 件 名	1
2. 事象発生の日時	1
3. 事象発生 of 発電用原子炉施設	1
4. 事象発生時の状況	1
5. 応急対策	2
6. 漏えい量の評価	3
7. 環境への影響（放射能の広がり）	4
8. 当該ホースからの漏えいに係わる原因調査結果	5
8-1. 当該ホースに係わる調査結果	5
8-2. 当該ホースに孔が開いた推定原因	5
9. 類似箇所調査結果	6
10. 当該ホースの設計・管理・運用に係わる調査結果	6
10-1. 当該ホースの設計	6
10-2. 当該ホースの保守管理状況	7
10-3. 移送作業の実施状況	8
11. 原因分析結果	9
12. 対策	10
13. 添付資料	11

1. 件名

福島第一原子力発電所

1000トン鋼製角形タンク群から3号機タービン建屋への貯留水移送ホースからの漏えいについて

(構内排水路から港湾内への放射性物質の漏えいについて)

2. 事象発生の日時

平成27年5月29日17時35分

(福島第一規則第18条第11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

1000トン鋼製角形タンク群から3号機タービン建屋への貯留水移送ホース

4. 事象発生時の状況

平成27年5月29日10時08分頃、発電所構内の35m盤から2号機と3号機原子炉建屋へ向かう道路(下り勾配の坂道)脇にある側溝(以下、「側溝K-4-7」という。)に敷設されているポリ塩化ビニル製の耐圧ホース(以下、「当該ホース」という。)より、水が漏えいしていることを、協力企業の作業員が発見した。

当該ホースは、1000トン鋼製角形タンク群(以下、「ノッチタンク群」という。)より3号機タービン建屋へ貯留水の移送に使用しており、本事象発生当時、移送を実施中であったことから、10時26分に移送用ポンプを停止した。

移送用ポンプを停止したことで、当該ホースの漏えい箇所(以下、「当該箇所」という。)からの漏えいは停止した。

漏えいした水は、当該ホースが敷設されている側溝K-4-7内に流れ出し、その下流側(漏えいした箇所の約10m下流の位置)で別の側溝(以下、「側溝K-4-2」及び「側溝K-4-3」という。)に流入^{*1}し、そこからさらにK排水路まで到達した。(K排水路の水はC排水路に移送しており、C排水路から港湾内に排水している)

※1：側溝K-4-7と側溝K-4-3は、上下で交差(側溝K-4-7が上、側溝K-4-3が下)しており、交差点で側溝K-4-7の下部より、側溝K-4-3に水が落ちる構造となっている。

漏えい発生を受けて、定例的に採取しているK排水路排水口の水の放射能濃度を確認したところ、5月27日採取分の全ベータ放射能が約29Bq/Lであったのに対して、5月28日採取分の全ベータ放射能が約1,200Bq/Lと、K排水路排水口の全ベータ放射能が上昇していた。

また、5月29日の7時00分、及び当該ホースからの漏えい発見後の11時50分に採取したK排水路排水口の水の放射能濃度についても、全ベータ放射能がそれぞれ約1,400Bq/L、約1,200Bq/Lとの結果であった。

ノッチタンク群から3号機タービン建屋への貯留水の移送については、5月27日9時頃より行っていたこと、K排水路排水口の全ベータ放射能は、5月28日採取分から(5月27日7時00分に採取した以降に)上昇していることから、K排水路排水口の全ベータ放射能の上昇は、当該ホースから漏えいした水の影響によるものと判断した。

また、当該ホースから漏えいした水が側溝K-4-7内に流れ出て、側溝K-4-3及び側溝K-4-2を通じてK排水路へ流れ、そこからC排水路を経由して発電所港

湾内へ流出したものと判断した。

本事象については、放射性物質を含んだ水が発電所港湾内（管理区域外）へ流出したことから、5月29日17時35分、福島第一規則第18条第11号「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物が管理区域外で漏えいしたとき。」に該当すると判断した。

発電所港湾内の海水の放射能濃度を確認したところ、5月28日に採取した1～4号機取水口北側の全ベータ放射能が約81Bq/L（降雨のない通常時は50～100Bq/L程度で推移）であったのに対して、5月29日に採取した1～4号機取水口北側の全ベータ放射能が約320Bq/Lに上昇していた。

ノッチタンク群の貯留水については、過去にRO濃縮塩水を受け入れていた地下貯水槽No.1、No.2の水抜き後の残水に、検知孔とドレン孔から汲み上げた水を加えたもの^{※2}、汚染水タンクエリア堰内に溜まった雨水（以下、「堰内雨水」という。）、雨水処理設備で処理した後の雨水RO濃縮水^{※3}などを貯留していたことを確認した。

また、ノッチタンク群貯留水の放射能濃度を確認したところ、Cs-134が約 4.4×10^1 Bq/L、Cs-137が約 2.3×10^2 Bq/L、Sr-90が約 6.4×10^5 Bq/L、H-3が約 1.1×10^4 Bq/L、全ベータ放射能が約 1.1×10^6 Bq/L^{※4}であった。

※2：地下貯水槽No.1、No.2には、淡水化处理装置からの廃液（RO濃縮塩水）を貯留していたが、平成25年4月に発生した地下貯水槽からの漏えい事象を受けて、貯留水の抜き取りを実施している。その後の貯留状況については、貯留水の抜き取りを行った際の残水、及び地下貯水槽の漏えい監視と拡散状況監視のために設置した検知孔とドレン孔から汲み上げた水を受け入れていた。

※3：堰内雨水で、放射能濃度が高く排水できない雨水を、雨水処理設備にて処理し、その際の雨水処理設備からの廃液（雨水RO濃縮水）をノッチタンク群に貯留していた。

※4：ノッチタンク群の貯留水を採取した時点では、すでにK排水路から吸引車を用いて回収した水をノッチタンク群へ移送していたが、回収した水を受け入れたノッチタンクと貯留水を採取したノッチタンクの場所は離れており（ノッチタンク群は複数のノッチタンクで構成されており、各ノッチタンク間はホースで連結している）、回収した水が拡散するまでには時間を要することから、採取した貯留水が回収した水によって希釈されてはいないと考えている。

（添付資料－1、2、3、4）

5. 応急対策

当該ホースから漏えいした水がK排水路及びC排水路を經由して発電所港湾内へ流出したことから、以下の対応を実施した。

（1）漏えい拡大防止処置

- a. 発電所港湾内への流出を防止するため、5月29日11時03分にK排水路からC排水路への移送を停止したが、その後にK排水路内の水位が上昇し、K排水路排水口手前に設置した堰を超え、発電所港湾外へ流出する可能性があったことから、11時27分にK排水路からC排水路への移送を再開し、再び発電所港湾内へ排水した。
- b. 発電所港湾内への排水量を抑制するため、5月29日13時08分からK排水路排水口手前に溜まった水を、吸引車により断続的に回収し、6月2日4時30分頃までに約780m³の水を回収した。（K排水路排水口手前の全ベータ放射能が200Bq/L以下まで低下し、その後に安定したことから回収作業を終了した。）回収した水については、ノッチタンク群に受け入れた。
- c. 側溝K-4-3に溜まっていた土砂については、漏えい水が染み込んだ可能性が

あることから、5月29日13時50分までに約1.5m³の土砂（染み込んだ水を含む）を回収した。また、K排水路への流出を防止するため、5月29日16時20分までに側溝K-4-2及び側溝K-4-3に土嚢を設置（側溝K-4-2にはゼオライト土嚢を設置）した。

- d. 側溝K-4-3に溜まった水については、5月29日18時頃から吸引車による回収を実施し、5月30日15時30分頃までに約30m³の水を回収した。また、側溝K-4-2に溜まった水については、5月31日12時15分頃から吸引車による回収を実施し、6月2日15時40分頃までに約110m³を回収した。回収した水については、ノッチタンク群に受け入れた。
- e. 側溝K-4-3に設置した土嚢については、6月3日に撤去した。また、土嚢を撤去する際、側溝K-4-3に溜まっていた約10m³の水を回収した。回収した水については、ノッチタンク群に受け入れた。
- f. K排水路排水口、側溝K-4-2、及び側溝K-4-3から回収した放射エネルギーは、全ベータ放射能で約 1.7×10^9 Bqであった。

(2) 環境モニタリングの強化

- a. K排水路排水口の水については、当該ホースからの漏えいを受けて2時間毎に採取して監視を行っていたが、全ベータ放射能が約300Bq/Lで横ばいとなったことから、5月30日13時50分以降は、採取頻度を2時間毎から4時間毎に変更し、監視を行った。その後、全ベータ放射能が通常の変動範囲内（約200Bq/L以下）まで低下し安定していること、及びK排水路排水口、側溝K-4-2内、側溝K-4-3内の溜まり水を概ね回収できたことから、6月3日以降は、日中（12時頃）と夕方（16時頃）の計2回採取として、監視を継続した。その後、分析結果に有意な変動はなく、本事象発生前の全ベータ放射能と同程度の値となったことから、7月11日以降は、1日1回の採取とし、監視を継続している。なお、この他に従来から実施している毎日1回の定例分析を継続している。
- b. 発電所港湾内については、K排水路排水口の放射能濃度の上昇が確認されたことから、5月29日は、毎日1回の定例分析に加えて、追加で1回分析を行った。その結果、定例分析と比較して有意な上昇が確認されなかったことから、その後は、毎日1回の定例分析により監視を継続している。また、発電所周辺（港湾外）については、5月30日に臨時分析を行い、これまでの分析結果と比較して有意な変動がなかったことから、その後は、毎週1回の定例分析による監視を継続している。

（添付資料－1、4、5、6、8）

6. 漏えい量の評価

ノッチタンク群貯留水の3号機タービン建屋への移送実績、及びK排水路排水口の分析結果から漏えい量を評価したところ、漏えい量は、以下のとおり約7～15m³と評価した。

- (1) 当該箇所からの漏えいは、5月27日の移送時より発生したものと仮定して漏えい量を評価した結果、当該箇所の開口部の大きさ及び移送時のポンプ出口圧力（移送ポンプの締切圧力）から、当該箇所の開口部から漏えいした量は約15m³と評価した。

- (2) 5月29日の作業開始時刻（9時00分頃）から漏えいが始まり、移送作業を中止した時刻（10時30分頃）までの間、一定濃度のノッチタンク群貯留水が同じ流量で流出したと仮定し、K排水路排水口の全ベータ放射能が最高値の6,600Bq/L となり得る漏えい量を評価した結果、漏えいした量は約 7m³ と評価した。

（添付資料－7）

7. 環境への影響（放射能の広がり）

当該ホースから漏えいした水が、K排水路及びC排水路を経由して発電所港湾内へ流出したことから、K排水路排水口、発電所港湾内、発電所港湾外、及び港湾口海水モニタにて、水の分析・測定を行った結果は以下のとおりであった。

(1) K排水路排水口から採取した水の分析結果

5月29日14時00分に採取した水の全ベータ放射能が 6,600Bq/L まで上昇したが、その後は下降に転じ、降雨の影響による変動はあるものの、過去の変動範囲内で推移している。

(2) 発電所港湾内から採取した水の分析結果

a. 1～4号機取水口付近から採取した水の分析結果

「4. 事象発生時の状況」に記載のとおり、5月28日に採取した1～4号機取水口北側水の全ベータ放射能が約 81Bq/L（降雨のない通常時は 50～100Bq/L 程度で推移）であったのに対して、5月29日7時40分に採取した1～4号機取水口北側水の全ベータ放射能が約 320Bq/L に上昇していた。本事象発生後、追加で行った分析において、5月29日12時10分に採取した1～4号機取水口北側水の全ベータ放射能が 210Bq/L であることを確認したが、この値は過去の変動範囲内の値であり、その後も有意な変動はなかった。

b. 上記以外の発電所港湾内から採取した水の分析結果

本事象発生後、追加で行った分析において、5月29日12時13分に採取した港湾中央の水の全ベータ放射能が 180Bq/L であることを確認したが、この値は過去の変動範囲内の値であり、その後も有意な変動はなかった。

(3) 発電所港湾外から採取した水の分析結果

本事象発生後、臨時で行った分析において、5月30日8時36分に採取した港湾口東側水の全ベータ放射能が 18Bq/L であることを確認したが、この値は過去の分析結果における検出限界値付近の値であり、その後も有意な変動はなかった。

(4) 港湾口海水モニタ測定結果

本事象発生前と比較して、測定結果に有意な変動はなかった。

以上のことから、環境への影響（放射能の広がり）は、発電所港湾内では確認されたものの、発電所港湾外においては、有意な変動は確認されなかった。

なお、発電所港湾内へ流出した放射能量（全ベータ放射能による評価）は、ノッチタンク群貯留水の放射能濃度（全ベータ放射能で約 1.1×10^6 Bq/L）及び「6. 漏えい量の評価」において評価した漏えい量の最大値（約 15m³）から算出した放射能量（約 1.7×10^{10} Bq）から、K排水路排水口及び側溝から回収した放射能量

(約 $1.7 \times 10^9 \text{Bq}$) を差し引き、最大で約 $1.5 \times 10^{10} \text{Bq}$ と評価した。
(添付資料-4、6、7、8、9、10)

8. 当該ホースからの漏えいに係わる原因調査結果

8-1. 当該ホースに係わる調査結果

(1) 当該ホースの仕様及び構造調査

- a. 当該ホースは、口径 75mm のポリ塩化ビニル製の耐圧ホースであり、当該ホースの外周には、補強リング（樹脂製）が取り付けられている。
- b. 当該ホースは、塩化ビニルの外管にゴムの内管を接着した構造である。

(2) 当該ホースの点検結果

- a. 当該箇所を目視にて確認したところ、長さ約 1cm、幅約 0.2cm の楕円状の孔が開いていた。
- b. 当該箇所は、当該ホースが屈曲した部分の外側に位置しており、当該箇所の周辺は補強リングの間隔が広がり、ホース地が柔らかくなった状態であった。
- c. 当該ホースは、側溝 K-4-7 内に屈曲した状態で設置されており、曲げ半径は 200~300mm 程度となっていた。なお、当該ホースの取り扱い説明書を確認したところ、ホースを敷設する際の注意事項として「許容曲げ半径以下に曲げて使用すると、ホースの寿命を著しく低下させる原因となる」ことが記載されており、当該ホースの許容曲げ半径は 750mm であった。
- d. 当該ホースの内部確認を行ったところ、ゴムの内管の長手方向、周方向それぞれに亀裂があり、内管と外管が剥離していた。
- e. 当該ホース内管の内側には、著しいゴムの硬化や摩耗はなかった。

(3) 当該ホース敷設の経緯

- a. 平成 25 年 8 月 19 日に発生した「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事象」（以下、「H4 北エリアタンクからの漏えい事象」という。）を受け、堰内雨水の貯留容量に余裕がなくなったことから、堰内雨水の受入先であったノッチタンク群からタービン建屋へ移送するラインを計画し、平成 25 年 10 月に当該ホースの敷設が完了した。
- b. 当該ホースの敷設にあたっては、移送する水が堰内雨水であり、RO 濃縮塩水のような高濃度の汚染水でなかったこと、また、緊急に敷設する必要があったことから、他の工事との干渉が少なく、敷設しやすい側溝内に当該ホースを敷設した。また、当該ホース敷設時は、特に拘束点は設けず、ある程度の余長を確保して、ほぼ直線状に側溝内に敷設した。
- c. 当該ホースは仮設設備であり、一時的に使用する予定だったため、当該ホースの点検については計画されず、平成 25 年 10 月に設置した以降、点検が行われていなかった。

(添付資料-11)

8-2. 当該ホースに孔が開いた推定原因

これまでの調査結果から、当該ホースに孔が開いた原因は、以下の通りであると推定した。

- (1) 漏えいが発生した場所は、直線状の長距離下り勾配の下流であり、当該ホースは、ある程度の余長を確保して敷設したこと、また、拘束点がない状態で敷設したことから、長期的に使用したことに伴い、移送操作による水の流れや内部流体の自重により、当該ホースに屈曲部が発生した。
- (2) 屈曲部が発生したことにより、ホース外側が強く曲げられたことで、内管と外管の接着強度が低下し、内管と外管が剥離した。
- (3) 内管と外管が剥離した状態で当該ホースの使用を継続したことにより、内管に亀裂が生じ、外管に当該ホース内の水圧が直接かかるようになった。
- (4) 移送操作を繰り返し行ったことにより、内管と外管の剥離が拡大した。
- (5) 外管の曲げで伸ばされた部位に水圧が繰り返しかかることで、外管に亀裂が入り、孔に進展した。

(添付資料－12)

9. 類似箇所調査結果

「8-1.(2) 当該ホースの点検結果」に記載のとおり、当該ホースの取り扱い説明書には、ホースを敷設する際の注意事項として「許容曲げ半径以下に曲げて使用すると、ホースの寿命を著しく低下させる原因となる」ことが記載されている。

当該ホースは、ホースメーカーが推奨する許容曲げ半径よりも小さい曲げ半径(200～300mm程度)で使用しており、曲げ半径が小さいことが起因して孔が開いたものと推定したことから、5月30日から6月10日にかけて、類似箇所(汚染水を取扱う耐圧ホース)の調査を実施した。

調査の結果、高濃度汚染水(10^6 Bq/L オーダー以上)を取扱う耐圧ホースについては、現状で十分管理し、使用していることを確認した。

高濃度汚染水以外を取扱う耐圧ホース(建屋外及び堰外を対象)については、使用不可能な(ホース屈曲部が著しい変形を起こしている)耐圧ホースが2ラインあることを確認した。これらの耐圧ホースは、今後使用する予定がないことから、7月9日から7月10日にかけて使用ができない措置を行うとともに、7月21日に撤去した。

また、高濃度汚染水以外を取扱う耐圧ホースのうち、設置状況の改善(曲げ半径が小さい、排水路や側溝を横断しているなど)が必要な耐圧ホースが139ラインあることを確認したことから、これらの耐圧ホースについて、平成27年9月末を目途に改善(許容曲げ半径の確保、側溝への流入防止のための養生など)を進めている。

(添付資料－13)

10. 当該ホースの設計・管理・運用に係わる調査結果

これまでの調査結果から、当該ホースから汚染水が漏えいした直接的な原因は、当該ホースに孔が開いたことであるが、当該ホースの設計・管理・運用において問題がなかったか調査・検討を行った。

10-1. 当該ホースの設計

(1) 当該ホースを敷設する際の当初設計について

- a. ノッチタンク群は、使用目的を特定せず、汚染水漏えいなどの事態に備え、それらの水を一時的に貯留する目的として、平成25年5月頃に設置されたもの

であった。

- b. ノッチタンク群は、一時的な貯留設備として設置したものであり、継続的な水の受け入れ及び他設備への移送は想定していなかったことから、移送配管は設置されていなかった。
- c. H4北エリアタンクからの漏えい事象を受け、堰内雨水を管理する必要が生じたことから、その堰内雨水の受け入れ先として、一時的な貯留設備であるノッチタンク群を使用することとした。その後、堰内雨水の受け入れが継続したことから、ノッチタンク群から他設備への移送・処理手段が必要となった。
- d. 他設備への移送・処理手段の検討を行ったところ、35m 盤上には、ノッチタンク群に貯留した水を処理する設備がなかったことから、タービン建屋へ移送することとした。
- e. ノッチタンク群からタービン建屋へ移送する配管は、堰内雨水の貯留先を確保するため、速やかに移送配管を設置する必要があったことから、耐圧ホースを使用する設計とした。

(2) ノッチタンク群に貯留していた水について

- a. ノッチタンク群には、堰内雨水のほか、雨水RO濃縮水、平成27年2月22日に発生した「福島第一原子力発電所構内側溝排水放射線モニタにおけるβ線濃度「高高警報」の発生事象（構内排水路（C排水路）から港湾内への放射性物質の流出事象）」において、B排水路・C排水路から回収した水、及び地下貯水槽の残水ならびに検知孔・ドレン孔から汲み上げた水などを貯留していた。
- b. 平成27年2月頃から4月頃にかけては、主に雨水RO濃縮水及びB排水路・C排水路から回収した水をノッチタンク群に受け入れ、適宜3号機タービン建屋への移送を行っていた。
- c. 5月13日に、ノッチタンク群の貯留量を約110m³まで下げた後、5月15日以降、地下貯水槽 No.1, No.2 の残水ならびに検知孔・ドレン孔から汲み上げた水をノッチタンク群に約236m³受け入れたことから、当該ホースから漏えいが発生した際にノッチタンク群に貯留していた水は、地下貯水槽から受け入れた水が3分の2程度を占める状況であった。
- d. ノッチタンク群に受け入れた水のうち、地下貯水槽に貯留していた水の全ベータ放射能は、10⁶Bq/L オーダーであり、他の箇所から受け入れた水と比較して、高濃度の汚染水であった。

(添付資料-14)

10-2. 当該ホースの保守管理状況

(1) 当該ホースの保守状況

- a. 当該ホースは仮設設備であり、平成25年10月に設置した以降、点検が行われていなかった。
- b. 当該ホースはポリ塩化ビニル製であり、経年劣化によりホースが破損して漏えいが発生するリスクが高いことを認識していたことから、雨水移送ラインの信頼性向上を目的に、平成26年3月から当該ホースをポリエチレン管（以下、「PE管」という。）に取り替える工事（以下、「PE管敷設工事」という。）を実施していた。しかしながら、2号機変圧器撤去工事や陸側遮水壁設置工事との干渉により、一部の配管が施工できない時期があったことから、PE管敷

設工事実施箇所（以下、「工事実施箇所」という。）は、陸側遮水壁設置工事完了後も、2号機変圧器撤去工事に伴う工事干渉により、PE管の再切断及び敷設経路変更等の対応が必要であると思ひ込み、未施工^{※5}のままPE管敷設工事を中断していた。このため、結果として当該ホースを長期間使用することになった。

※5：PE管施工範囲全長の約830mのうち、未施工範囲は約30mであった。

(2) PE管敷設工事が中断した経緯

- a. 平成26年10月頃、ノッチタンク群から2号機及び3号機タービン建屋への移送配管を施工中、陸側遮水壁設置工事及び2号機変圧器撤去工事で干渉することが判明したことから、当該箇所のPE管敷設工事を中断した。
- b. 工事実施箇所担当者は、PE管敷設工事よりも陸側遮水壁設置工事及び2号機変圧器撤去工事の方が先に行われていたこと、また、双方の工事は重要性が高く、PE管敷設工事よりも優先されるものと考えていた。
- c. そのため、PE管敷設工事を実施するにあたり、陸側遮水壁設置工事及び2号機変圧器撤去工事に影響を与えないよう、現場調整を行うこととした。
- d. 現場調整を行った結果、PE管敷設工事と大きく干渉するのは陸側遮水壁設置工事だけであり、2号機変圧器撤去工事は、準備作業として遮へい材の設置が完了すれば干渉状態が解消される状態であったが、工事実施箇所担当者は、2号機変圧器移動の際にもPE管を切断しなければならないと誤認してしまった。
- e. 平成27年3月、工事実施箇所担当者が変更となるため、陸側遮水壁設置工事及び2号機変圧器撤去工事との干渉状態について引継ぎが行われた。その後、陸側遮水壁設置工事による干渉状態が解消され、PE管敷設工事が再開できる状態となったが、PE管敷設工事の業務引継ぎを受けた工事実施箇所担当者は、前任の担当者からの引継ぎのとおり、2号機変圧器撤去工事が完了しておらず、PE管敷設工事を再開できる状態ではないと考えたことから、PE管敷設工事を再開するための現場調整を行わなかった。

なお、本事象発生以降、改めて干渉していた工事との現場調整を行った結果、新たに別工事（2号機原子炉建屋カバー設置工事）との干渉が発生することが判明したが、後日、当該干渉箇所のPE管切断及び敷設経路変更を行うことを前提として工事を再開し、平成27年6月20日にPE管敷設工事が完了した。その後、6月25日より、敷設されたPE管を使用してノッチタンク群から3号機タービン建屋への移送を再開した。

（添付資料－15）

10-3. 移送作業の実施状況

(1) ノッチタンク群から3号機タービン建屋への移送時の対応

- a. ノッチタンク群から3号機タービン建屋への移送時の体制は、工事実施箇所の雨水移送担当者4名（ポンプ起動操作者1名を含む）で、ポンプ起動前における移送経路の弁状態確認、及びポンプ起動後における35m盤上での漏えい確認を行っていた。
- b. ノッチタンク群から3号機タービン建屋への移送手順書は、タンク内堰内水回

収・排水運用要領（ガイド）により定められていたが、移送開始後に全ての移送配管の漏えい確認を行うなど、具体的な確認事項の記載がされていなかった。

- c. 平成27年3月19日に発生した「淡水化处理装置受入タンク等の堰内雨水移送用耐圧ホースからの漏えい事象」の是正処置において、移送開始後に全ての移送配管の漏えい確認を行う旨を記載した個別手順書を順次作成・運用することとしており、35m 盤上については、移送開始後に全ての耐圧ホースの漏えい確認を行っていた。しかしながら、35m 盤から 10m 盤に移送する唯一の耐圧ホースである当該ホースの個別手順書が未完成であり、確認範囲が不明確であったことから、移送開始後に当該箇所付近の漏えい確認は行われていなかった。

1 1. 原因分析結果

これまでの調査結果を整理し、汚染水が発電所港湾内へ流出した原因を分析した結果、問題点及びその背後要因は以下のとおりであった。

<問題点>

- (1) ノッチタンク群貯留水の移送時に、当該ホースから汚染水が漏えいした。
- (2) 漏えいした汚染水が、側溝からK排水路に流出した。
- (3) 漏えいした汚染水が、K排水路に流出したことに気付くのが遅れた。

<背後要因>

- (1) ノッチタンク群貯留水の移送時に、当該ホースから汚染水が漏えいしたことに対する背後要因
 - a. 工事実施箇所は、当該ホースからの漏えいリスクを考慮し、PE管敷設工事を開始していたが、2号機変圧器撤去工事及び陸側遮水壁設置工事との干渉状態が継続していると思い込み、工事の中断を継続したため、結果として一時的に敷設した当該ホースを使い続けていた。
 - b. 発電所内における工事の優先順位を調整する会議体が認知されておらず、PE管敷設工事と干渉工事の優先付けが行われなかった。このため、PE管敷設工事の中断が継続し、結果として一時的に敷設した当該ホースを使い続けていた。
 - c. 工事実施箇所は、当該ホースは仮設設備であり、PE管敷設工事が完了するまで一時的に使用する予定であったことから、当該ホースの劣化を踏まえた点検計画を定めていなかった。
 - d. 耐圧ホースを使用して汚染水を移送するにあたり、通水する汚染水の放射能濃度について、明確なルールがなかった。
 - e. 35m 盤上には、多核種除去設備などの高濃度汚染水処理設備、及び雨水処理設備は設置されていたが、それ以外の放射能濃度の水を処理する設備がなかった。このため、トラブル等で発生した汚染水の処理に、一時的な貯留設備として設置したノッチタンク群を使用せざるを得なかった。
- (2) 漏えいした汚染水が、側溝からK排水路に流出したことに対する背後要因
 - a. 堰内雨水の貯留容量を確保するため、ノッチタンク群からタービン建屋までの移送配管を緊急的に敷設した際、当該ホースを側溝内に敷設した。なお、当該ホースの敷設にあたり、現場確認を行ったところ、緊急的に当該ホースを敷設

できる場所は側溝内しかなかった。

- (3) 漏えいした汚染水が、K排水路に流出したことに気付くのが遅れたことに対する背後要因
- a. K排水路は、汚染水タンクが設置されている場所から離れており、汚染水がK排水路に流入するリスクはないものと考えていた。また、K排水路は、雨水を排水する側溝であったことから、K排水路に流入する水の放射能濃度を速やかに検知できる設備が設置されていなかった。
 - b. 工事実施箇所は、「タンク内堰内水回収・排水運用要領（ガイド）」を定めていたが、そのガイドには、移送開始後に全ての移送配管の漏えい確認を行うことを手順に定めておらず、雨水移送ホース使用時における点検がルール化されていなかった。

12. 対策

- (1) ノッチタンク群貯留水の移送時に、当該ホースから汚染水が漏えいしたことに対する対策
- a. 当該ホースについては、経年劣化に対して信頼性の高いPE管へ取り替える。（平成27年6月20日にPE管敷設工事完了）
 - b. リスク総点検等で抽出された対策工事、及び不適合管理においてリスク管理が必要と判断された対策・水平展開工事については、リスク管理会議において工程を共有し進捗管理を行うとともに、工事が干渉する場合は工事の優先順位付けを行う。また、優先順位が後位となった工事についても、可能な限りリスクを下げる視点に立ち、できる限り追加的対策を講じる。これらの対策については、上記工事の進捗管理及び優先順位付けを行うことを、リスク管理会議を運営する箇所が管理する「リスク管理会議運営ガイド」に明記した。（平成27年8月17日にガイド改訂完了）また、リスク管理会議をはじめとする別会議体への報告が必要と判断された不適合事象について、是正処置実施箇所に当該会議体への報告を指示することを、不適合管理及び是正処置・予防処置基本マニュアルの下位文書である「不適合管理及び是正処置・予防処置ガイド」及び「不適合管理委員会運営ガイド」に明記した。（平成27年8月11日にガイド改訂完了）
 - c. 汚染水の移送に使用する仮設耐圧ホースについては、計画的に点検を行い、必要に応じて是正を行うとともに、定期点検管理表により、点検計画・実績の管理を行う。これらの対策については、仮設耐圧ホースの点検項目や点検頻度、定期点検管理表による管理方法を策定し、廃止措置基本マニュアル及び保守管理基本マニュアルの下位文書として新規制定された「耐圧ホース運用管理ガイド」（以下、「耐圧ホース運用ガイド」という。）に明記した。（平成27年8月21日にガイド新規制定完了）
 - d. 耐圧ホースを使用して汚染水の移送を実施する場合は、通水する汚染水の放射能濃度の上限を定める。本対策については、発電所構内（建屋外）で定常的に耐圧ホースを使用して汚染水を移送する場合において、通水する汚染水の放射能濃度の上限を定め、耐圧ホース運用ガイドに明記した。（平成27年8月21日にガイド新規制定完了）
 - e. 35m 盤上で取扱う汚染水については、タービン建屋へ移送することなく、35m

盤上で処理可能な設備を構築する。(平成27年7月から設備構築に向けた設計・検討を実施中)

- (2) 漏えいした汚染水が、側溝からK排水路に流出したことに対する対策
発電所構内において汚染水を移送する耐圧ホースのうち、排水路に直接流れ込む可能性がある耐圧ホースについては、側溝から離隔あるいは側溝内に流入しないような養生を行う。やむを得ず、上記の対策を図ることができない耐圧ホースについては、移送の都度、漏えい確認のための監視員を配置する。これらの対策については、耐圧ホースを敷設する際の注意事項として、耐圧ホース運用ガイドに明記した。(平成27年8月21日にガイド新規制定完了)
- (3) 漏えいした汚染水が、K排水路に流出したことに気付くのが遅れたことに対する対策
- a. K排水路に、汚染水流入などの異常を検知するための連続モニタリング設備を設置する。(平成28年3月に設置予定)
 - b. 耐圧ホースを使用して汚染水の移送を行う場合は、移送開始後に全ての移送配管の漏えい確認を行う個別手順書を作成する。本対策については、移送開始後に移送配管の漏えい確認を実施することを記載した個別手順書を策定し、日常点検として実施することを、耐圧ホース運用ガイドに明記した。(平成27年8月21日にガイド新規制定完了)

(添付資料-16)

13. 添付資料

- | | |
|---------|-----------------------------|
| 添付資料-1 | 事象発生時の時系列 |
| 添付資料-2 | 漏えい発生場所 |
| 添付資料-3 | 漏えい発生時の状況 |
| 添付資料-4 | K排水路から採取した水の分析結果 |
| 添付資料-5 | 応急対策の状況 |
| 添付資料-6 | K排水路排水口及び側溝から回収した放射エネルギーの評価 |
| 添付資料-7 | 漏えい量の評価 |
| 添付資料-8 | 各地点から採取した水の分析結果 |
| 添付資料-9 | 港湾口海水モニタ測定結果 |
| 添付資料-10 | 発電所港湾内へ流出した放射エネルギーの評価 |
| 添付資料-11 | 当該ホースの仕様・構造、点検結果 |
| 添付資料-12 | 当該ホースに孔が開いた推定原因(メカニズム) |
| 添付資料-13 | 類似箇所調査結果 |
| 添付資料-14 | ノッチタンク群に貯留していた水の受け入れ・払い出し状況 |
| 添付資料-15 | PE管の敷設状況(平成27年5月末現在) |
| 添付資料-16 | 対策の実施状況 |

事象発生時の時系列

<平成27年 5月29日>

- 9：03 ノッチタンク群から3号機タービン建屋へ移送開始
- 10：08頃 当該ホースから水が漏えいしていることを発見
- 10：26 ノッチタンク群から3号機タービン建屋への移送停止
- 11：03 K排水路からC排水路への移送ポンプを停止
(発電所港湾内への流出防止)
- 11：27 K排水路からC排水路への移送ポンプを起動
(K排水路排水口手前に設置した堰を超え、発電所港湾外へ流出する可能性があったことから、発電所港湾内への排水を再開)
- 13：08 K排水路排水口手前に溜まった水の回収を断続的に開始
(吸引車を使用)
- 13：50 側溝 K-4-3 において、漏えい水が染み込んだ可能性がある土砂
(約1.5m³)の回収及び、土嚢の設置が完了
- 16：20 側溝 K-4-2 にゼオライト土嚢の設置が完了
- 17：35 東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関する規則第18条第11号「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物が管理区域外で漏えいしたとき。」に該当すると判断
- 18：00頃 側溝 K-4-3 に溜まった水の回収を開始
(吸引車を使用)

<平成27年 5月30日>

15：30頃 側溝 K-4-3 に溜まった水の回収を完了
（回収量：約30m³）

<平成27年 5月31日>

12：15頃 側溝 K-4-2 に溜まった水の回収を開始
（吸引車を使用）

<平成27年 6月 2日>

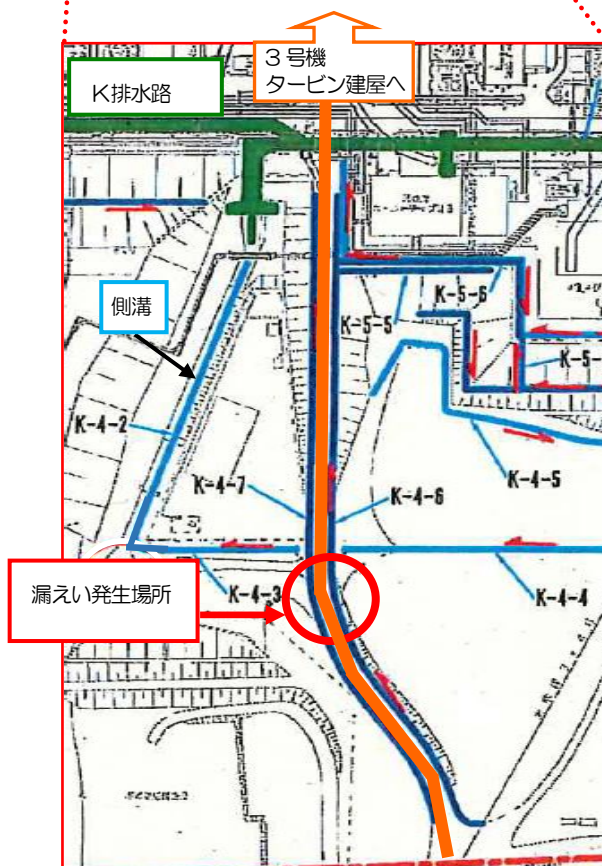
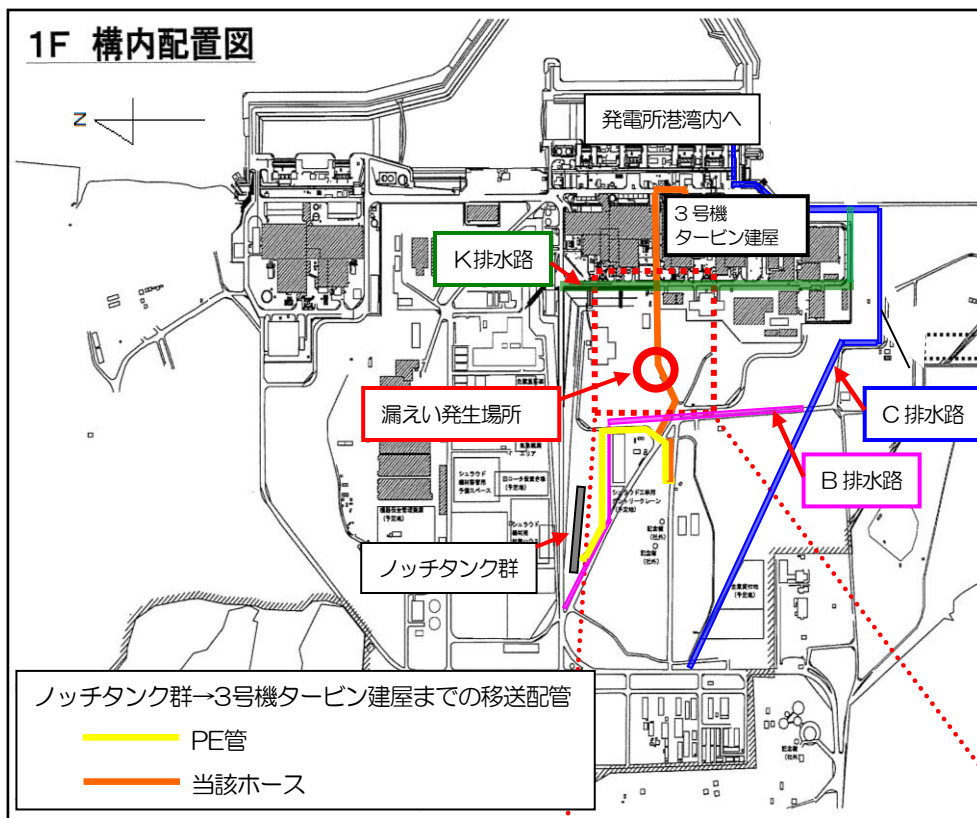
4：30頃 K 排水路排水口手前の水の回収を完了
（回収量：約780m³）

15：40頃 側溝 K-4-2 に溜まった水の回収を完了
（回収量：約110m³）

<平成27年 6月 3日>

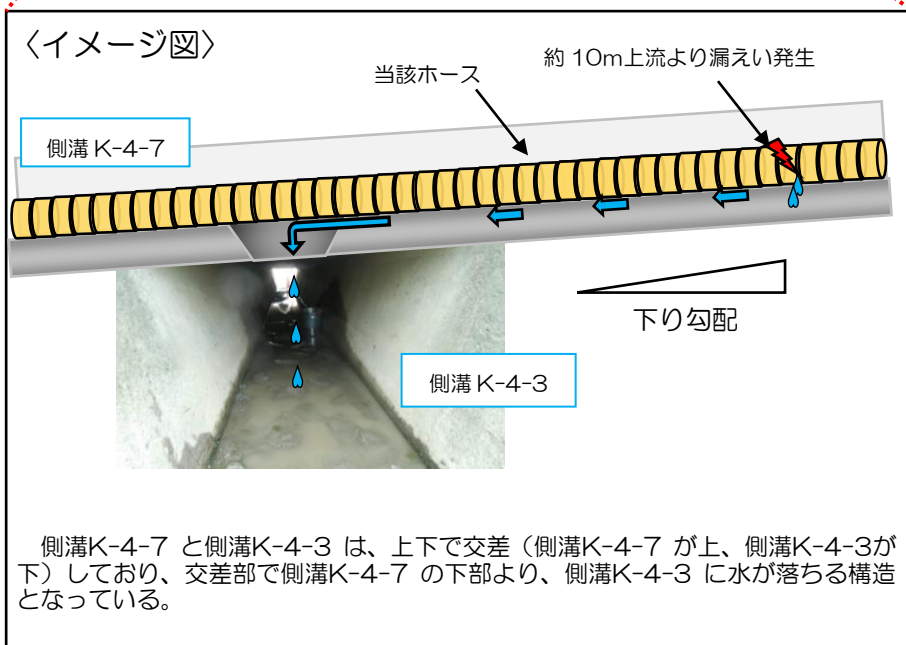
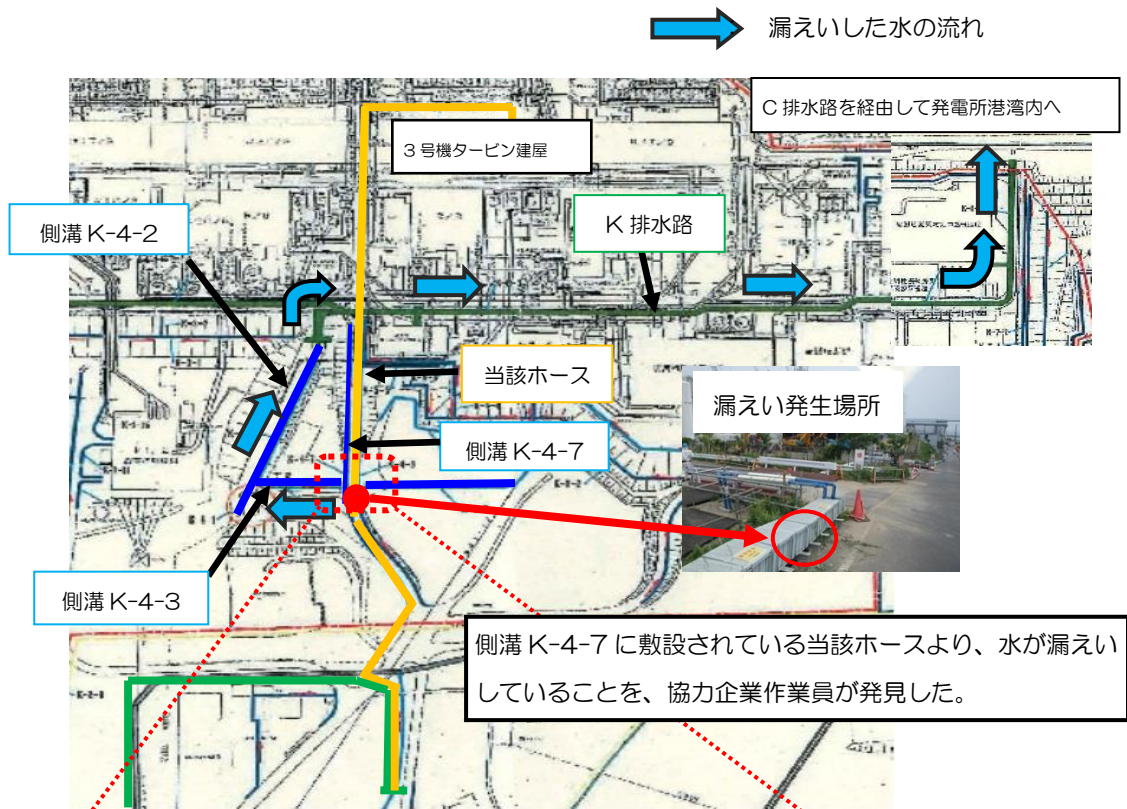
側溝 K-4-3 に設置した土嚢を撤去
土嚢を撤去する際、側溝 K-4-3 の溜まり水を回収
（回収量：10m³）

漏えい発生場所



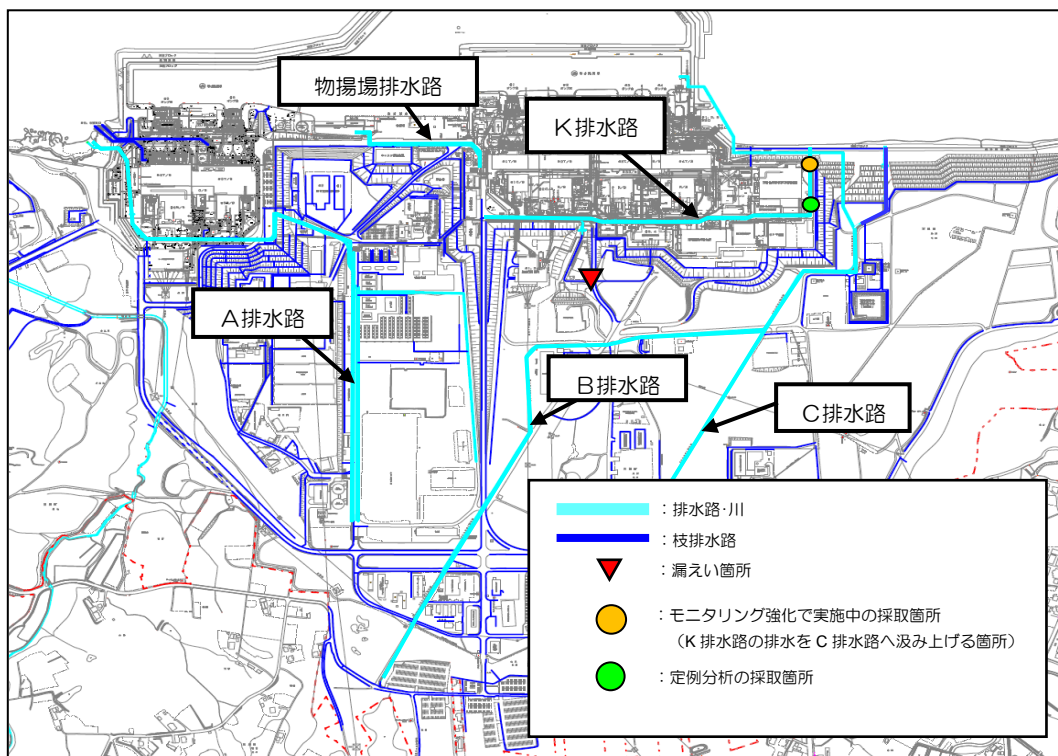
〈拡大図〉

漏えい発生時の状況

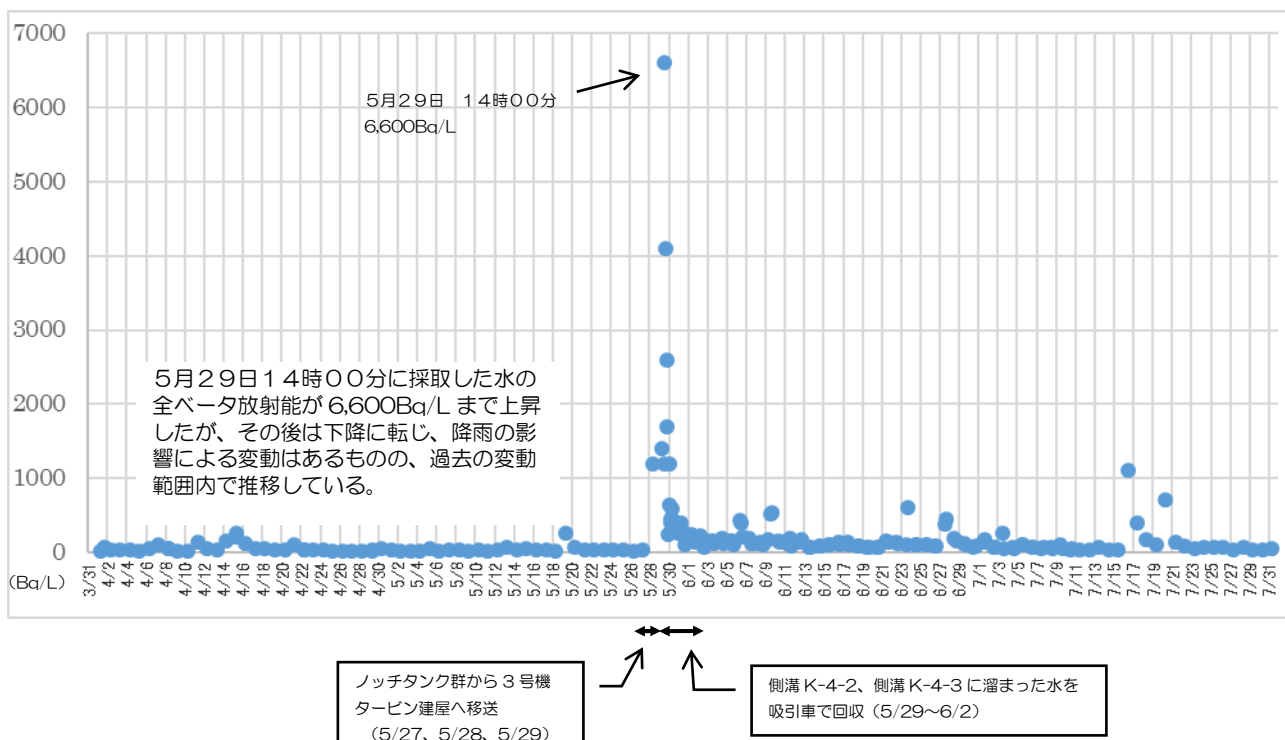


K排水路から採取した水の分析結果

(1) K排水路排水口の採取箇所



(2) K排水路排水口モニタリング結果 (全ベータ放射能)



応急対策の状況

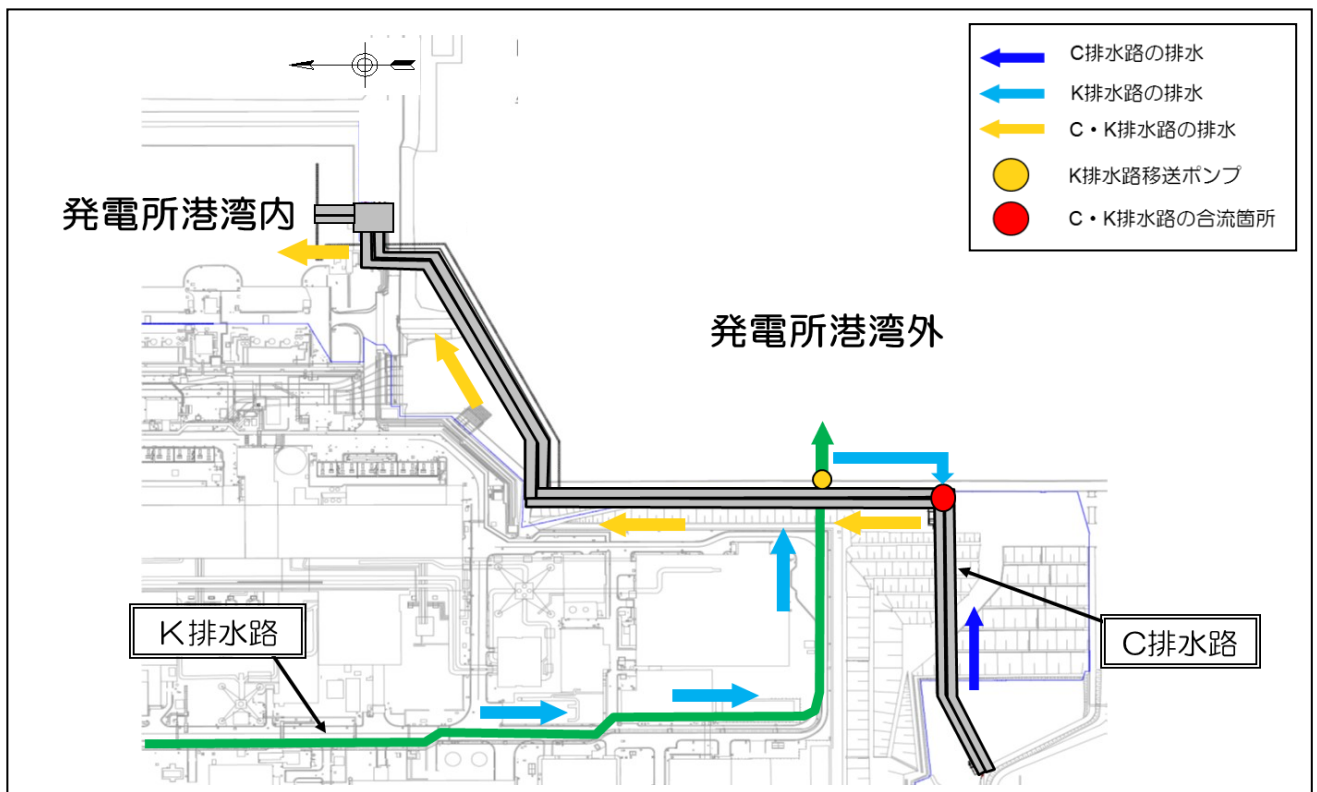
1. 漏えい拡大防止処置

(1) 発電所港湾外への流出防止対策

K排水路の排水については、本事象発生以前よりK排水路排水口手前に設けた堰からK排水路移送ポンプを用いて、C排水路に移送し発電所港湾内へ排水する運用を行っている。

本事象発生時、発電所港湾内への流出を防止するため、5月29日11時03分にK排水路移送ポンプを停止し、C排水路への移送を停止したが、その後、K排水路内の水位が上昇し、K排水路排水口手前に設けた堰を超え、発電所港湾外へ流出する可能性があったことから、11時27分にK排水路移送ポンプを起動して、C排水路へ移送し発電所港湾内への排水を再開した。

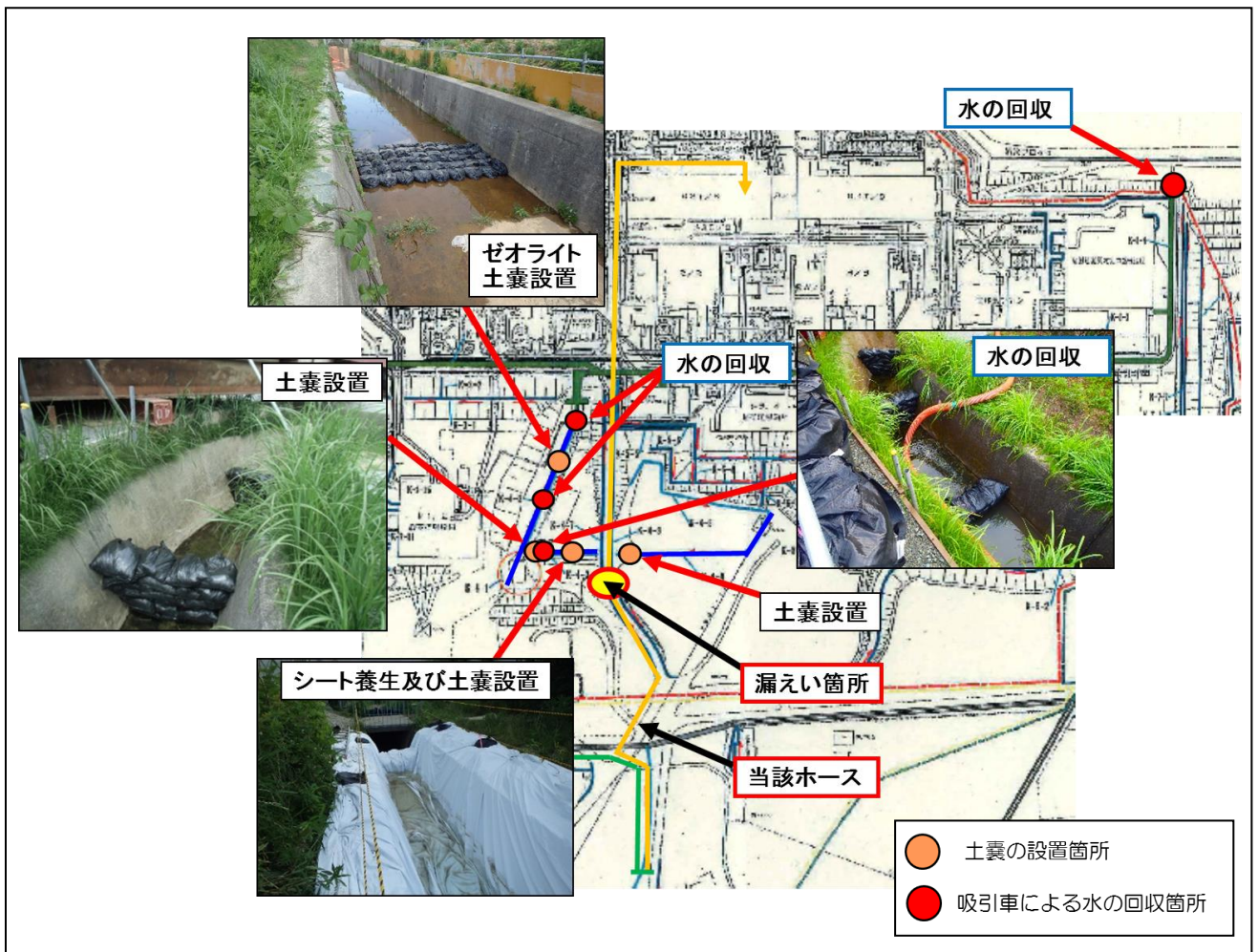
K排水路及びC排水路の排水経路



(2) 発電所港湾内への排水量抑制対策

発電所港湾内への排水量を抑制するため、K排水路排水口手前に溜まった水の回収及び側溝K-4-2、側溝K-4-3の水の回収・土嚢の設置を行った。

土嚢の設置箇所及び水の回収箇所



K排水路排水口及び側溝から回収した放射エネルギーの評価

1. K排水路排水口及び側溝から回収した放射エネルギー（全ベータ放射能）

(1) K排水路排水口

回収した水の量：約780m³全ベータ放射能：7.1×10² Bq/L

（5月29日14時00分～6月2日12時10分までの平均値）

回収した放射エネルギー：780×10³×7.1×10²

$$=5.54 \times 10^8 \text{ Bq}$$

$$\approx 5.5 \times 10^8 \text{ Bq}$$

(2) 側溝 K-4-2

回収した水の量：約110m³全ベータ放射能：2.3×10³ Bq/L（5月30日 14時00分採取）回収した放射エネルギー：110×10³×2.3×10³

$$=2.53 \times 10^8$$

$$\approx 2.5 \times 10^8 \text{ Bq}$$

(3) 側溝 K-4-3

回収した水の量：約40m³全ベータ放射能：2.2×10⁴ Bq/L（5月29日 11時30分採取）回収した放射エネルギー：40×10³×2.2×10⁴

$$=8.8 \times 10^8 \text{ Bq}$$

2. 回収した放射エネルギーについて

（K排水路排水口、側溝 K-4-2、K-4-3の回収量の和）

回収した放射エネルギー（全ベータ放射能）

$$5.5 \times 10^8 \text{ Bq} + 2.5 \times 10^8 \text{ Bq} + 8.8 \times 10^8 \text{ Bq}$$

$$= \text{約} 1.7 \times 10^9 \text{ Bq}$$

漏えい量の評価

1. 漏えい量の評価方法

ノッチタンク群貯留水の3号機タービン建屋への移送実績、及びK排水路排水口の分析結果から漏えい量を評価した。

<移送実績>

- ・5月27日：約5.5時間（9時00分～14時34分）
- ・5月28日：約3.5時間（9時39分～13時18分）
- ・5月29日：約1.5時間（9時03分～10時26分）

移送実績より、ノッチタンク群から3号機タービン建屋への移送時間については、約10.5時間となる。

(1) 当該ホースの開口部からの漏えい量評価

当該ホースの開口部は、長径1cm（長半径5mm）、短径0.2cm（短半径1mm）の楕円形なので、面積Sは、以下の通りとなる。

$$S = 5\text{mm} \times 1\text{mm} \times 3.14 = 15.7\text{mm}^2 = 1.57 \times 10^{-5}\text{m}^2$$

当該ホースの内圧（ゲージ圧：大気に対する圧力）をP（Pa）、水の密度 ρ を $1000\text{kg}/\text{m}^3$ とすると、水が開口部を通るときの流速U（m/s）は次のようになる。

$$P = (\rho/2) \times U^2$$

$$\downarrow$$

$$U = (2 \times P / \rho)^{0.5}$$

当該ホースの内圧を、ポンプ締切時の吐出圧力（揚程：32m）と仮定すると、

$$P = 32\text{m} \times \rho \times 9.8\text{m}/\text{s}^2$$

$$U = (2 \times 32\text{m} \times \rho \times 9.8\text{m}/\text{s}^2 / \rho)^{0.5}$$

$$= (64\text{m} \times 9.8\text{m}/\text{s}^2)^{0.5}$$

$$= (64\text{m} \times 9.8)^{0.5}\text{m}/\text{s}$$

$$= 25.04\text{m}/\text{s}$$

漏えい量q（ m^3/s ）は、

$$q = S \times U$$

$$= 1.57 \times 10^{-5}\text{m}^2 \times 25.04\text{m}/\text{s}$$

$$= 3.931 \times 10^{-4} (\text{m}^3/\text{s})$$

以上のことから、1時間当たりの漏えい量 Q (m^3/hr) は次のようになる。

$$\begin{aligned} Q &= 3.931 \times 10^{-4} (\text{m}^3/\text{s}) \times 3600 (\text{s}/\text{hr}) \\ &= 1.415 (\text{m}^3/\text{hr}) \end{aligned}$$

1時間当たりの漏えい量 Q と移送実績より、総漏えい量は以下の通りとなる。

$$\begin{aligned} \text{総漏えい量} &= 1.415 (\text{m}^3/\text{hr}) \times 10.5 (\text{hr}) \\ &\doteq 14.9 (\text{m}^3) \end{aligned}$$

(2) K排水路排水口の放射能分析結果からの漏えい量評価

5月29日の作業開始時刻(9時00分頃)から漏えいが始まり、作業を中止した時刻(10時30分頃)まで一定濃度のノッチタンク群貯留水が同じ流量で流出したと仮定し、K排水路排水口の全ベータ放射能が最高値の $6,600 \text{Bq}/\text{L}$ (5月29日14時00分採取)となり得る漏えい量を評価した。

<漏えい水の分析結果(ノッチタンク群分析結果)>

$$\begin{aligned} \text{全ベータ放射能} &: 1.1 \times 10^6 \text{Bq}/\text{L} \\ & (1.08 \times 10^6 \text{Bq}/\text{L}) \end{aligned}$$

5月29日の9時00分頃から10時30分頃の約1.5時間に漏えいした量を x (m^3)と仮定すると、その間にK排水路に入った放射エネルギーは次のようになる。

$$x (\text{m}^3) \times 10^3 \times 1.08 \times 10^6 (\text{Bq}/\text{L})$$

5月29日のK排水路の一時間あたりの流量は、約 $36 (\text{m}^3/\text{hr})$ であることから、5月29日の9時から14時の間に流れた流量は次のようになる。

$$36 (\text{m}^3/\text{hr}) \times 5 (\text{hr}) = 180 (\text{m}^3)$$

したがって5月29日14時のK排水路放射能濃度は次のようになる。

$$\begin{aligned} & (x (\text{m}^3) \times 10^3 \times 1.08 \times 10^6 (\text{Bq}/\text{L})) / 180 (\text{m}^3) \times 10^3 \\ & = 6,600 (\text{Bq}/\text{L}) \end{aligned}$$

以上のことから、約1.5時間に漏えいした量 x については次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{漏えい量 } x &= 6.6 \times 10^3 \times 180 \times 10^3 / (10^3 \times 1.08 \times 10^6) \\ & = 1.1 (\text{m}^3) \end{aligned}$$

約1.5時間に1.1（ m^3 ）の漏えいが発生していたことから、1時間当たりの漏えい量 Q （ m^3/hr ）に換算すると約0.73（ m^3/hr ）の漏えいが発生していたと推測した。

以上のことから、1時間当たりの漏えい量 Q と移送実績より、総漏えい量は以下の通りとなる。

$$\begin{aligned}\text{総漏えい量} &= 0.73 \text{ (m}^3/\text{hr)} \times 10.5 \text{ (hr)} \\ &\doteq 7.7 \text{ (m}^3\text{)}\end{aligned}$$

2. 漏えい量の評価結果

5月27日の移送時から漏えいが発生したものと仮定し、漏えい量を評価した結果、漏えい量は7.7～14.9 m^3 となったことから、約7～15 m^3 であると評価した。

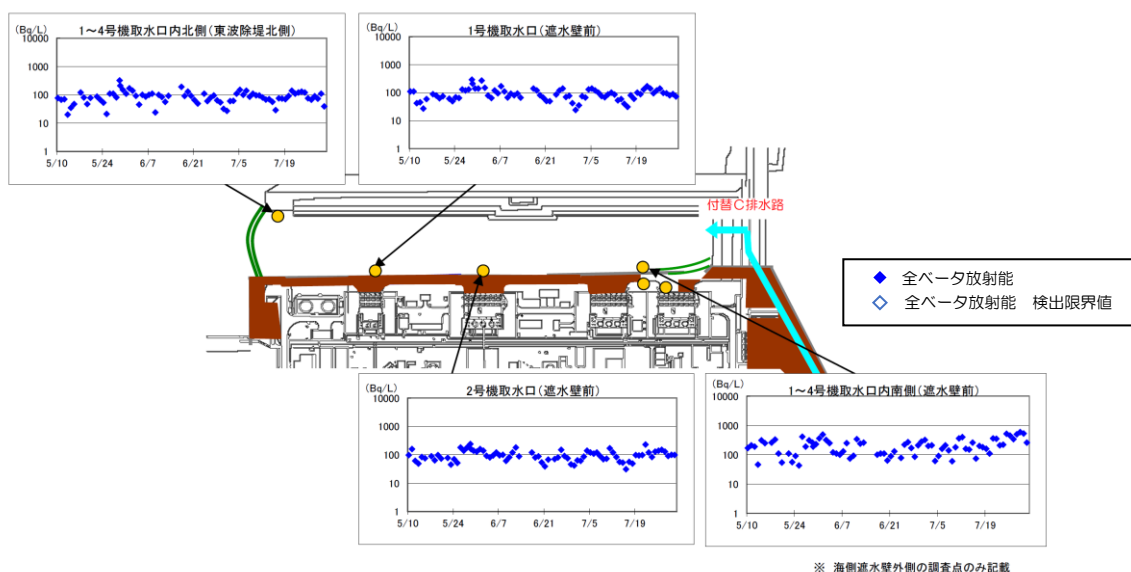
地点から採取した水の分析結果

(1) 発電所港湾内から採取した水の分析結果

a. 1～4号機取水口付近

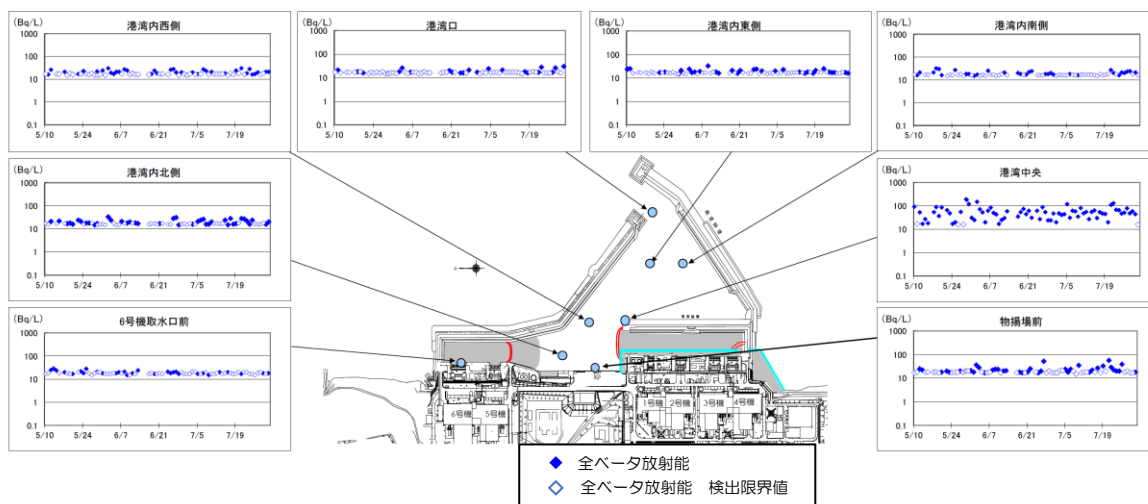
5月28日に採取した1～4号機取水口北側水の全ベータ放射能が約81Bq/L（降雨のない通常時は50～100Bq/L程度で推移）であったのに対して、5月29日7時40分に採取した1～4号機取水口北側水の全ベータ放射能が約320Bq/Lに上昇していた。

本事象発生後、追加で行った分析において、5月29日12時10分に採取した1～4号機取水口北側水の全ベータ放射能が210Bq/Lであることを確認したが、この値は過去の変動範囲内の値であり、その後も有意な変動はなかった。



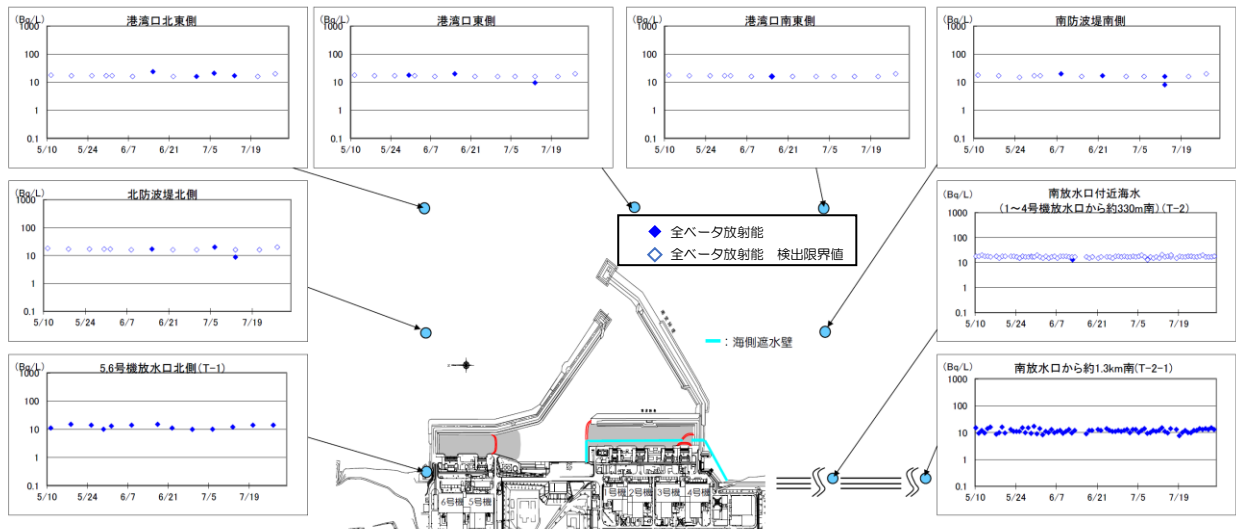
b. 上記以外の発電所港湾内

本事象発生後、追加で行った分析において、5月29日12時13分に採取した港湾中央の水の全ベータ放射能が180Bq/Lであることを確認したが、この値は過去の変動範囲内の値であり、その後も有意な変動はなかった。



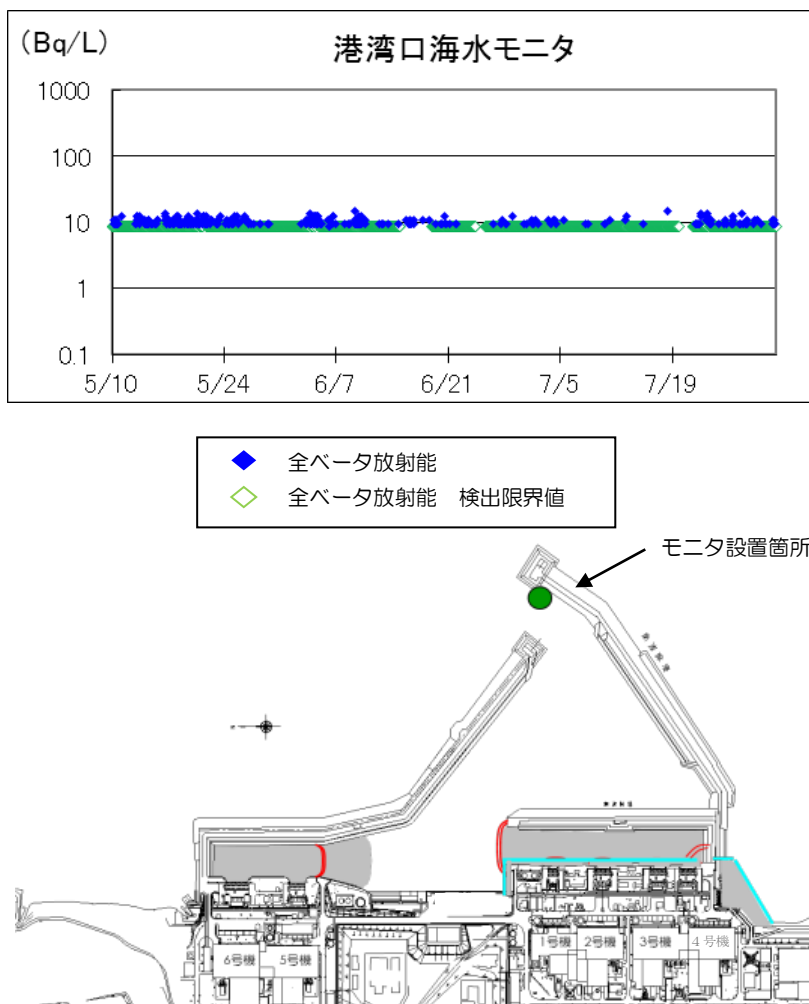
（2）発電所港湾外から採取した水の分析結果

本事象発生後、臨時で行った分析において、5月30日8時36分に採取した港湾口東側水の全ベータ放射能が18Bq/Lであることを確認したが、この値は過去の分析結果における検出限界値付近の値であり、その後も有意な変動はなかった。



港湾口海水モニタ測定結果

(1) 本事象発生前と比較して、測定結果に有意な変動はなかった。



(注) 全ベータ放射能の値は、海水中に含まれている天然核種であるカリウム40 (十数 Bq/L) の影響を受けている。

発電所港湾内へ流出した放射エネルギーの評価

本事象により、発電所港湾内へ流出した放射エネルギー（全ベータ放射能）は、ノッチタンク群貯留水の放射能濃度及び漏えい量の最大値（約 15 m^3 ）から算出した全ベータ放射能から、K排水路排水口及び側溝から回収した全ベータ放射能を差し引き、以下の通り評価した。

1. ノッチタンク群貯留水の分析結果について

- Cs-134 : $4.4 \times 10^1 \text{ Bq/L}$
- Cs-137 : $2.3 \times 10^2 \text{ Bq/L}$
- 全ベータ放射能 : $1.1 \times 10^6 \text{ Bq/L}$

2. 流出した全ベータ放射能（漏えい量の最大値から算出）

- $1.1 \times 10^6 \text{ Bq/L} \times 15 \times 10^3 \div 1.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

3. 発電所港湾内へ流出した放射エネルギー（全ベータ放射能）の評価結果

（流出した全ベータ放射能から、回収した全ベータ放射能を差し引いた値）

- 約 $1.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ - 約 $1.7 \times 10^9 \text{ Bq}$ = 約 $1.5 \times 10^{10} \text{ Bq}$

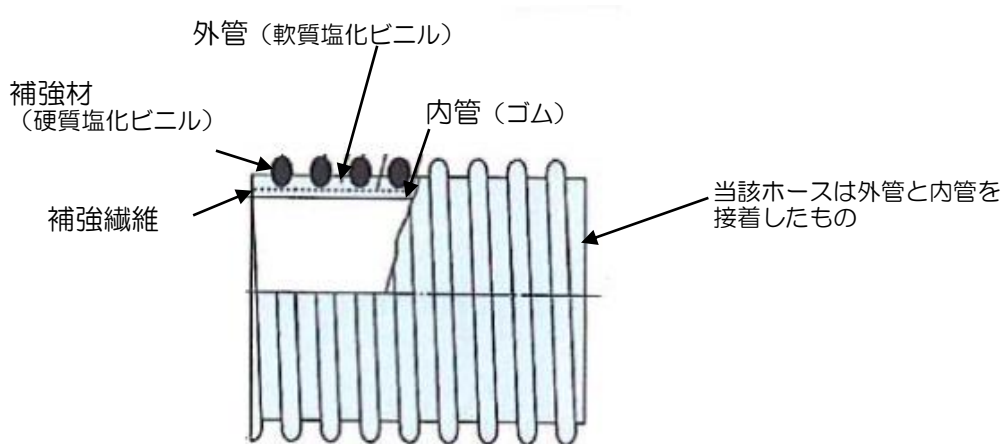
以上のことから、発電所港湾内へ流出した放射エネルギー（全ベータ放射能による評価）は、最大で約 $1.5 \times 10^{10} \text{ Bq}$ と評価した。

当該ホースの仕様・構造、点検結果

(1) 仕様・構造

当該ホース仕様	
名称	ポリ塩化ビニル製耐圧ホース
ホース口径	75A

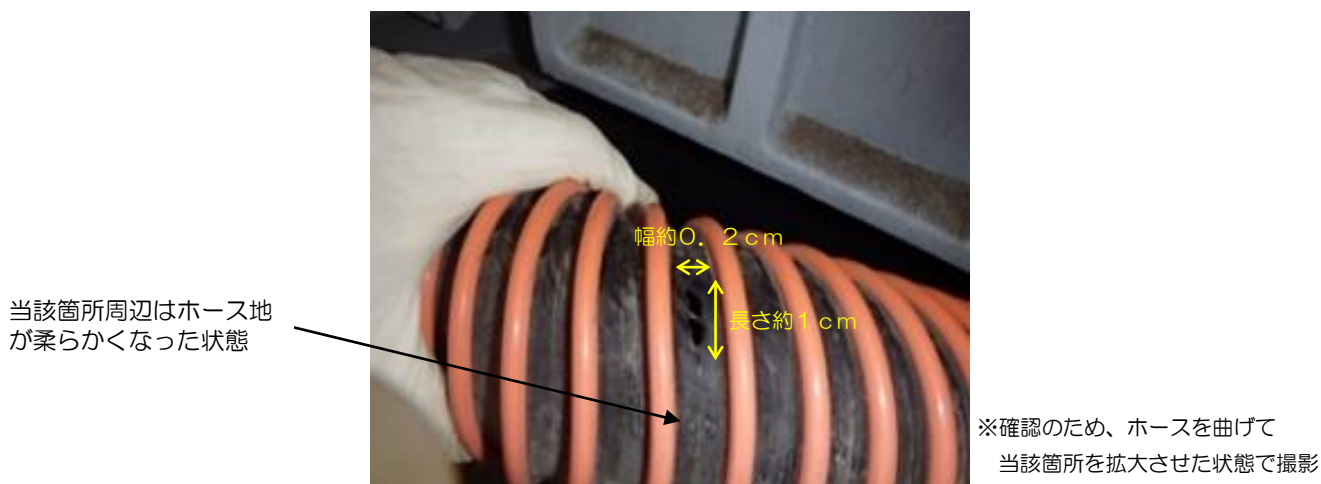
当該ホース構造図



(2) 点検結果

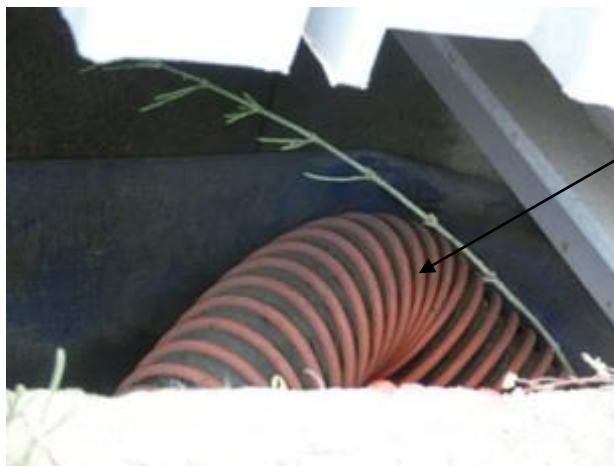
- 当該箇所を目視にて確認したところ、長さ約1 cm、幅約0.2 cmの楕円状の孔が開いていた。
- 当該箇所は、当該ホースが屈曲した部分の外側に位置しており、当該箇所の周辺は補強リングの間隔が広がり、ホース地が柔らかくなった状態であった。

当該箇所の状況写真



- 当該ホースは、側溝 K-4-7 内に屈曲した状態で設置されており、曲げ半径は200～300mm程度となっていた。

漏えい発見時のホース状況写真



曲げ半径200～300mm程度
(許容曲げ半径 750mm)

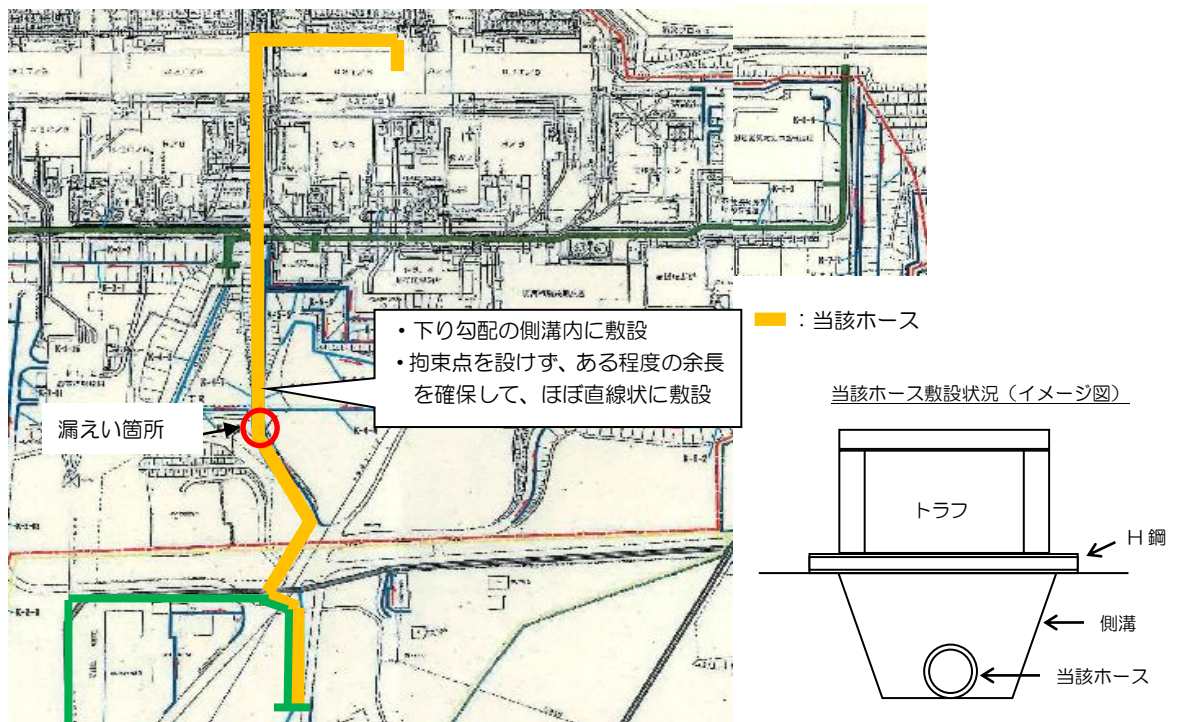
- 当該ホースの内部確認を行ったところ、ゴムの内管の長手方向、周方向それぞれに亀裂があり、内管と外管が剥離していた。
- 当該ホース内管の内側には、著しいゴムの硬化や摩耗はなかった。

当該ホース亀裂・剥離写真

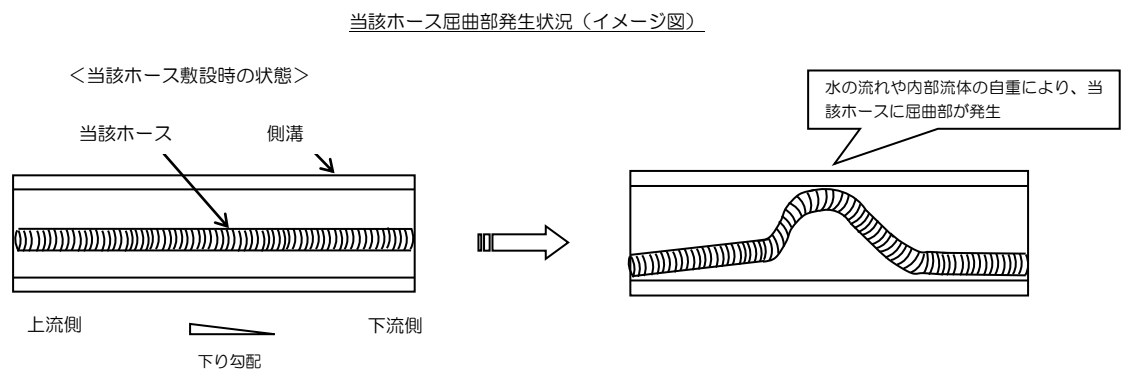


当該ホースに孔が開いた推定原因（メカニズム）

- (1) 当該ホースは、下り勾配の側溝内に拘束点を設けず、ある程度の余長を確保して、ほぼ直線状に敷設した。（平成 25 年 10 月敷設完了）

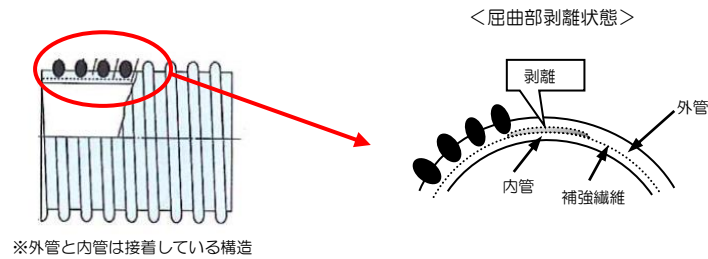


- (2) 上記（1）の当該ホース敷設状況下で長期的に使用したことで、移送操作による水の流れや内部流体の自重により、当該ホースに屈曲部が発生した。



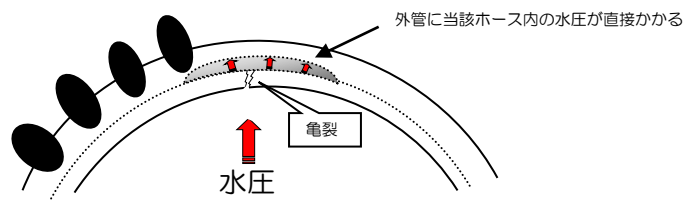
- (3) 屈曲部が発生したことにより、ホース外側が強く曲げられたことで、内管と外管の接着強度が低下し、内管と外管が剥離した。

当該ホース断面図 (イメージ図)



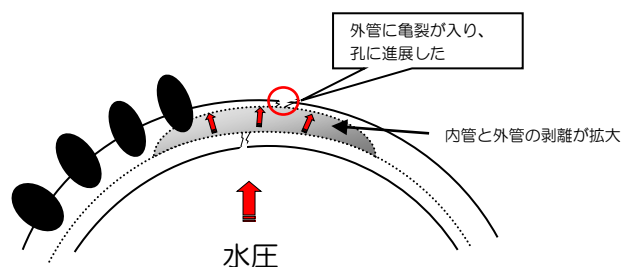
- (4) 内管と外管が剥離した状態で当該ホースの使用を継続したことにより、内管に亀裂が生じ、外管に当該ホース内の水圧が直接かかるようになった。

当該ホース断面図 (イメージ図)



- (5) 移送操作を繰り返し行ったことにより、内管と外管の剥離が拡大した。外管の曲げで伸ばされた部位に水圧が繰り返しかかることで、外管に亀裂が入り、孔に進展した。

当該ホース断面図 (イメージ図)



類似箇所調査結果

1. 調査目的

当該ホースと同型の耐圧ホースについては、柔軟性があることから、取扱場所が変化するタンク解体時の残水移送や、海水配管トレンチの水移送などにも一部で用いられている。

当該ホースの孔が開いた原因については、ホースメーカーが推奨する許容曲げ半径よりも小さい曲げ半径で使用しており、曲げ半径が小さいことが起因して孔が開いたものと推定したことから、汚染水を取り扱う耐圧ホースについて、許容曲げ半径以下で使用されているものがないか類似箇所の調査を行った。

2. 調査期間

平成27年5月30日～6月10日

3. 調査対象

発電所構内において汚染水を取り扱う耐圧ホース

(1) 区分Ⅰ：高濃度汚染水を取り扱う耐圧ホース
(10^6 Bq/L オーダー以上)

(2) 区分Ⅱ：高濃度汚染水以外を取り扱う耐圧ホース
(建屋外及び堰外を対象)

4. 調査の視点

<漏えい防止の視点>

ホースの劣化状況、ホースの極端な曲がり状況、茅対策の有無 など

<影響緩和の視点>

側溝内のホース敷設の有無、排水路横断部の状況、ホース埋設の有無 など

5. 調査結果

(1) 区分Ⅰ：高濃度汚染水を取り扱う耐圧ホース
(10^6 Bq/L オーダー以上)

ホース使用箇所	対策状況
海水配管トレンチ滞留水の移送	<ul style="list-style-type: none"> ・サニーホースによる二重管化 ・使用時はラインチェックを実施
タンク間の連結配管	<ul style="list-style-type: none"> ・堰内に配置、通常連結弁「閉」で運用 ・保温材施工済み（紫外線劣化がしにくい） ・毎日巡視にて確認
地下貯水槽～一時受け用ノッチタンク移送	<ul style="list-style-type: none"> ・移送時には監理員を配置 ・移送時は受けパンを設置 ・茅対策が十分ではない箇所があったが、今後本ラインは使用しないため問題なし
タンク内の残水を隣接するタンクに移送するライン	<ul style="list-style-type: none"> ・堰内に配置、移送時は受けパンを設置 ・移送時には監理員を配置 ・一部サニーホースによる二重管化
RO 装置や多核種除去設備などの設備接続用、およびドレン排水用ホース	<ul style="list-style-type: none"> ・建屋内・堰内に配置 ・毎日巡視にて確認
建屋などの滞留水を回収する水中ポンプと PE 管等をつないでいるホース	<ul style="list-style-type: none"> ・建屋内に配置 ・ポンプ近傍のため仮に漏えいした場合も外部へ漏えいしない
HIC（高性能容器）の水抜き作業	<ul style="list-style-type: none"> ・建屋内・堰内に配置 ・移送時は受けパンを設置

建屋内や堰内も含めて高濃度汚染水（ 10^6 Bq/L オーダー以上）を取り扱う主な耐圧ホースについては、現状で十分管理し、使用していることを確認した。

なお、使用可能なホースでも今後使用しないものは計画的に撤去していく。

（2）区分Ⅱ：高濃度汚染水以外を取り扱う耐圧ホース
（建屋外及び堰外を対象）

区分Ⅱ	ライン数	対応
使用不可能なライン※ ¹	2	7月21日撤去済み
使用可能だが改善点があったライン	139	改善して使用※ ²
改善点がなかったライン	18	継続して使用
合計	159	

※1 タンク上部のホース屈曲部が重みで著しい変形を起こしている。

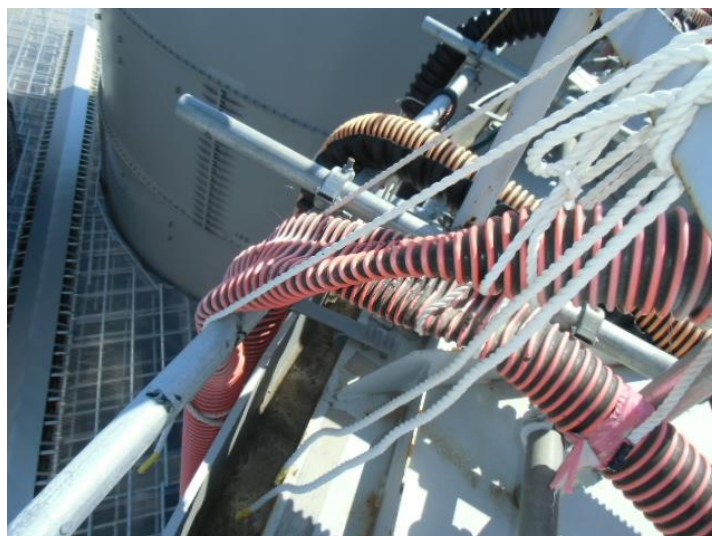
※2 降雨時の堰からの越流防止のためなど、改善を実施する前に使用せざる得ない場合には、巡視強化を行った上で使用する。

建屋外、堰外で高濃度汚染水以外を取り扱うホースについて点検した結果、使用不可能なラインが2ライン（いずれも堰内雨水を移送するライン）発見されたが、7月21日に撤去した。

それ以外の139ラインについては、使用可能ではあるが改善が必要な箇所（曲げ半径が小さいなど）が確認されたため、平成27年9月末を目途に改善を進めている。（許容曲げ半径の確保、側溝への流入防止のための養生など）

なお、使用可能なホースでも今後使用しないものは、計画的に撤去していく。

屈曲部が重みで変形を起こしている箇所



ノッチタンク群に貯留していた水の受け入れ・払い出し状況

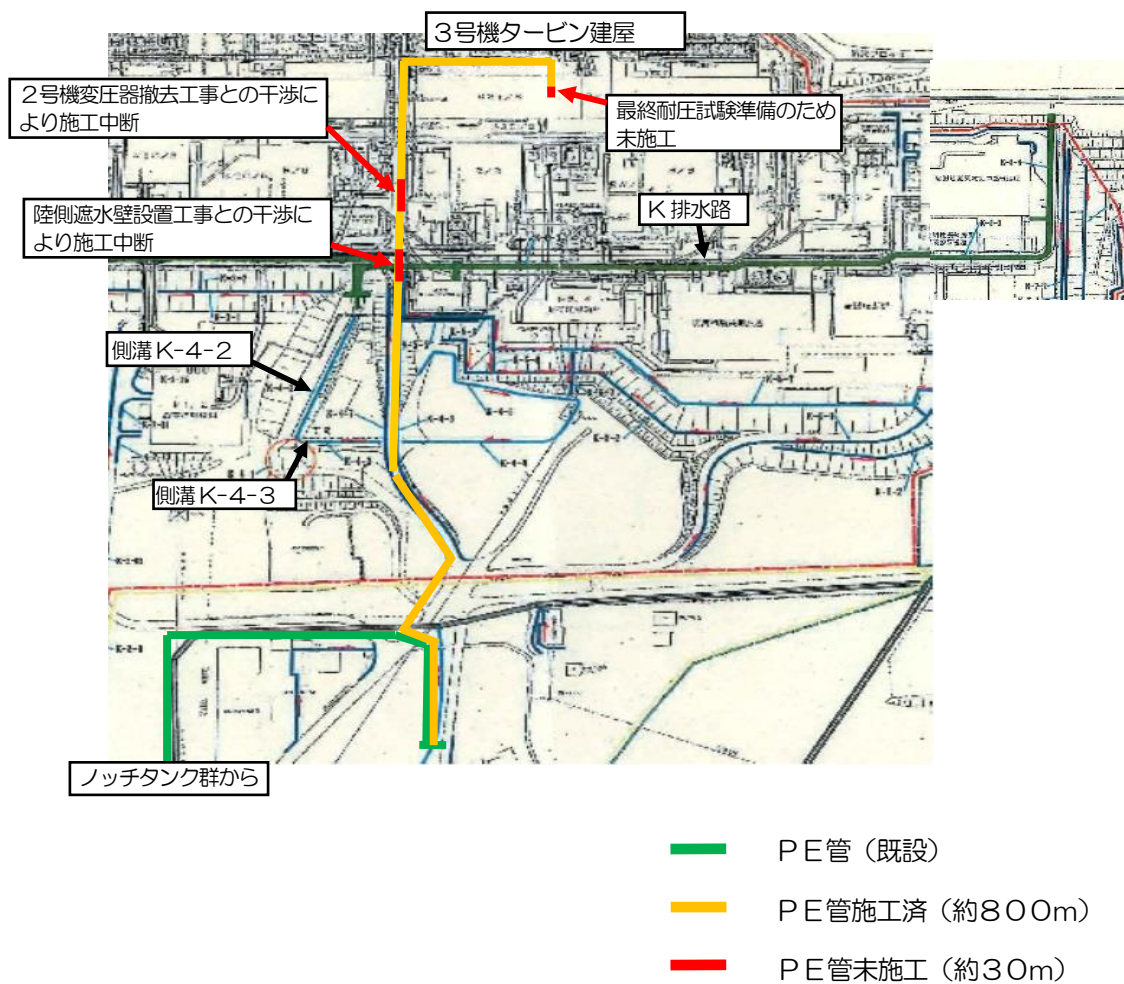
- 平成27年2月以降の漏えい発生時までのノッチタンク群貯留水の挙動は以下の通りである。
- 平成27年5月13日にノッチタンク群の貯留量を約110m³まで下げた後に、地下貯水槽の水を受け入れていることから、漏えい発生時は、地下貯水槽から受け入れた水が3分の2程度を占める状況であった。

日付	貯水量(m ³)※1	受け入れ(m ³)	払い出し(m ³) (3号機タービン建屋へ)
平成27年 2月 2日	<u>600</u>	雨水処理装置 +61	
2月 4日	500		▲100
2月 5日	420	雨水処理装置 +20	▲100
2月 9日	<u>470</u>	雨水処理装置 +39	
2月12日	510	雨水処理装置 +41	
2月16日	<u>550</u>	雨水処理装置 +43	
2月19日	590	雨水処理装置 +38	
2月22日	<u>820</u>	B・C排水路 +289※2	
2月25日	680		▲137
2月26日	<u>630</u>		▲63
3月 4日	500		▲135
3月 5日	<u>430</u>		▲65
3月12日	<u>330</u>		▲109
4月20日	<u>370</u>	雨水処理装置 +44	
5月11日	<u>270</u>		▲100
5月12日	170		▲101
5月13日	110		▲63
5月15日	<u>170</u>	地下貯水槽 +60	
5月21日	230	地下貯水槽 +60	
5月22日	290	地下貯水槽 +60	
5月25日	<u>340</u>	地下貯水槽 +56	
5月27日	210		▲127
5月28日	180	3000t ノッチタンク群 +56	▲86
5月29日	160		▲23

※1：貯水量の太字は、ノッチタンク群水位の実測値。

※2：B排水路・C排水路からの移送量は、吸引車容量による換算値であり誤差が大きい。

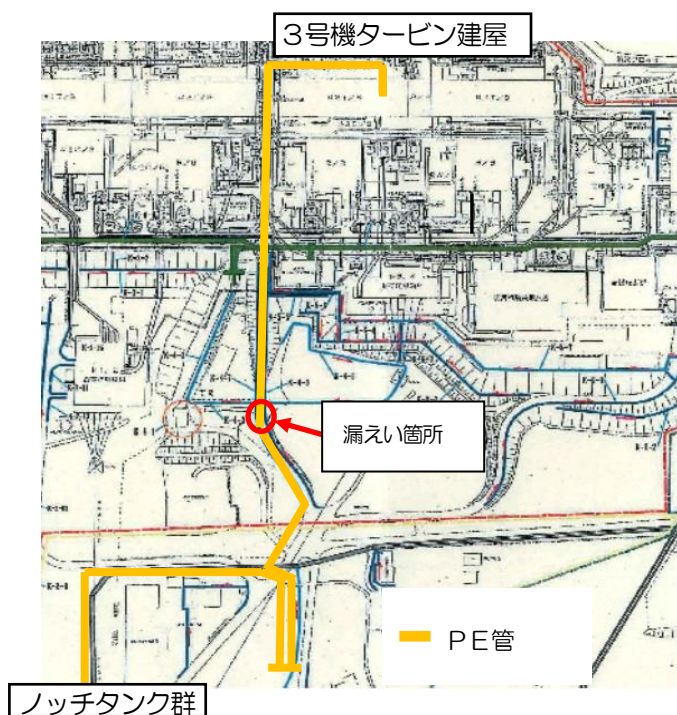
PE管の敷設状況（平成27年5月末現在）



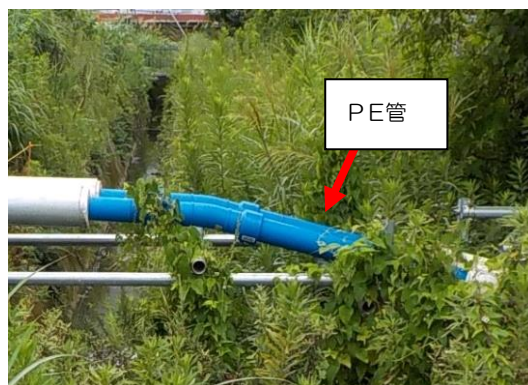
対策の実施状況

(1) ノッチタンク群貯留水の移送時に、当該ホースから汚染水が漏えいしたことに対する対策

a. 経年劣化に対して信頼性の高いPE管への取り替え状況
(平成27年6月20日にPE管敷設工事完了)



漏えい箇所下流側のPE管敷設状況



b. 耐圧ホース運用ガイドに反映した、汚染水の移送に使用する仮設耐圧ホース「定期点検管理表」の様式例

定期点検管理表(様式例)

識別可能な名称	使用液体の種類・濃度区分	使用箇所 (屋内外の区別)	敷設時期	定期点検頻度	計画	実績	備考