

1. 件 名

独立行政法人日本原子力研究開発機構大洗研究開発センター材料試験炉（J M T R）の管理区域外にある埋設配管のき裂による放射性同位元素の漏えいについて（最終報）

2. 発生日時

平成 2 2 年 1 0 月 5 日（火） 1 0 時 4 0 分頃（き裂の確認）

平成 2 2 年 1 0 月 5 日（火） 1 2 時 3 2 分頃（汚染の確認）

3. 発生場所

独立行政法人日本原子力研究開発機構大洗研究開発センター（水使第 2 8 号）の
J M T R の排水設備
大洗研究開発センター配置図を図 1 に示す。

4. 施設の名称

J M T R（放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律に定める事業所）

5. 発生の状況

（1）発生前

J M T R の居室実験室建家には、放射性同位元素使用施設等として、ホット実験室、測定室及び汚染検査室がある。ホット実験室では水分析等に用いる測定器の校正のため、測定室では中性子照射量の定量のため、密封されていない放射性同位元素を使用する許可を得ている。これらの部屋から排出する手洗い水、試料水、洗浄水等の一部放射性同位元素を含む廃液は、居室実験室建家より埋設配管を通して、ホット機械室の廃液タンクに送っている。（図 2、図 3）

J M T R の居室実験室建家では、1 0 月 1 日から 1 1 月 2 6 日までの予定で污水配管設備等更新工事を開始した。更新工事は新規の污水配管を敷設する工事であり、居室実験室建家からホット機械室への埋設配管の下側を通す予定であった。このため、1 0 月 1 日には管理区域外（屋外）であるホット実験室脇で、掘削エリアを覆っているアスファルト舗装部をアスファルトカッターにて切断し、下敷き砕石とともに重機（バックホー）にてすくい撤去した。その後、土壌部をコンクリート製 U 字溝近傍まで重機（バックホー）にて掘削した。コンクリート製 U 字溝が確認された時点からは、手掘りに切り替えスコップにより、深さ約 1 m まで周囲の土壌を取り除く作業を行っていた。（図 4）

（2）発生時

1 0 月 5 日には 1 0 月 1 日同様、コンクリート製 U 字溝取り外しのため、手掘りによりコンクリート製 U 字溝周辺を掘削した。コンクリート製 U 字溝は、定尺ものと切断加工されたもので 2 分割されていたため、切断加工されたもの（約 35 kg）をまず取り除き、続いて定尺もの（約 67 kg）を取り除いたところ、作業担当者が塩化ビニル配管（125 A、外径：約 140 mm）のフランジ部にき裂を発見した。作業担当者から施設管理者に、埋設配管の塩化ビニル配管側フランジ部にき裂を発見した旨の連絡があり、1 0 時 4 0 分頃に施設管理者がき裂を確認した。このとき、き裂からの廃液の滴下は認められなかった。（図 5）

（3）発生後

① 1 0 時 4 7 分頃、施設管理統括者は、当該区域について放射線防護のための区域の設定を指示した。1 1 時 2 0 分頃、放射線取扱主任者が当該場所へ到着後、設定の指示の確認を行った。

- ② 11時25分頃、施設管理者は、当該掘削工事現場をロープ等で区画し、放射線防護のための区域を設定した。設定した区域には、「立入禁止」及び区域設定の標識を付け、職員の見張りを立てた。
- ③ 11時30分頃、き裂発生箇所について、放射線管理課員がGM管式サーベイメータによりスミヤ法及び直接サーベイを行った結果、汚染は認められなかった（検出下限値未満）。
- ④ 11時30分頃、き裂のあるフランジ部に汚染拡大防止のためビニル養生を行った。また、当該埋設配管に通ずるホット実験室の流し等に排水を禁止する旨の表示を行った。
- ⑤ 11時37分頃、当該作業に使用したスコップ等の作業工具について、放射線管理課員がGM管式サーベイメータにより直接サーベイを行った結果、汚染は認められなかった（検出下限値未満）。
- ⑥ 11時38分頃、職員が当該フランジ部直下の土壌約520g、フランジから約300mm下流側の配管直下の土壌約460gを各々採取した。その後、土壌の飛散防止のためにビニルシートで覆い、仮養生を行った。
- ⑦ 11時52分頃、き裂状況を目視により確認したところ、当該フランジ部の周方向に長さ約320mm、幅約3mm（最大）のき裂を確認した。（125A配管フランジの全周長さは、約530mmである。）（図5）
- ⑧ 12時32分頃、早急に土壌汚染の有無を確認するため、⑥で採取した2ヶ所の土壌を一つにまとめてGe検出器を用いて放射能を測定した結果、微量な ^{137}Cs 及び ^{60}Co が検出された。 ^{137}Cs の放射能濃度 $6.3 \times 10^{-3} \text{Bq/g (wet)}$ 及び ^{60}Co の放射能濃度 $1.1 \times 10^{-2} \text{Bq/g (wet)}$ が測定された（測定時間：1000秒）。
- ⑨ 当該フランジ部き裂近傍の土壌で検出下限値以上の放射能濃度が認められたために、13時06分頃、放射線取扱主任者が土壌サンプリングの方法及び場所の助言を行い、15時15分頃、さらに当該配管の周辺4ヶ所で土壌を採取し、放射能測定を実施した（測定時間：1000秒）。その結果、4ヶ所のサンプル全て検出下限値未満であった。
- ⑩ 15時45分頃、当該フランジ部き裂箇所の最終ビニル養生を実施するとともに、当該工事現場の約3m×7mの範囲を雨水浸入等の防止のためにビニル養生を施し、さらにビニルシート製の屋根を仮設した。（図6）

6. 調査

（1）埋設配管の工事及び点検の経緯

き裂が発見された埋設配管は、昭和43年竣工時には全て塩化ビニル製の配管であったもので、平成元年11月に屋外埋設部分については内外面硬質塩化ビニルライニング鋼管に更新する工事を行った。この時の既設配管との接続は、既設配管側は建家外壁近傍約1.2m位置で切断し、塩化ビニル製フランジを塩化ビニル溶接で取り付け、更新した鋼管側は鋼製フランジにより接続施工した。（図7）

また、埋設配管は、鋼管下側にコンクリート板を敷設し、塩化ビニル製の配管及びフランジを含めた配管の全長に渡り、周囲をコンクリート製U字溝で覆い埋設した。工事完了時（平成元年11月23日）には水張り漏えい検査にて漏えいのないことを確認した。

居室実験室建家の排水設備は、大洗研究開発センター（北地区）放射線障害予防規程に基づき検査を実施してきた。これらの検査では、今回、き裂の発生した居室実験室建家からホット機械室への埋設配管を対象としていなかった。この配管に対する自主的な検査の履歴を調査した結果、平成10年度までは、水張りによる漏えい検査により漏えいがないことを確認していた。

（2）き裂が発生した原因調査

埋設配管の塩化ビニル製フランジにき裂が発生する要因として、機械的応力、化学的影響及び

経年変化を想定し調査を行った。調査の内容と結果を表 1 に示す。

1) 機械的応力

①U字溝の干渉

埋設配管と配管を覆っていたU字溝とが干渉して、塩化ビニル製フランジに過大な応力が発生した可能性があるため、塩化ビニル製フランジ及び鋼製フランジの外表面並びにU字溝コンクリート構造物の内外表面を観察したところ、大きな外力が加わったと推定される有意な傷等は確認されなかった。

②フランジ部の施工不良

フランジの施工不良により、塩化ビニル製フランジに過大な応力が発生した可能性があるため、フランジ部及び配管の状態を当該塩化ビニル製フランジの製造メーカーの協力を得て調査した。

塩化ビニル製フランジの外側を観察した結果、外部衝撃痕は確認されなかった。次に、塩化ビニル製フランジを切り出し、外観を観察した（図 8）のちに、フランジ部を分割して、き裂部分の状態を観察した。図 9 に示す番号は、8 本あるボルトの配管上側のボルトを 1 番として、塩化ビニル配管側からみて時計回りに番号をふったもので、き裂は、ボルト番号で 4 番から 8 番にかけて生じていた。塩化ビニル製フランジのき裂状態の観察結果より、き裂は、フランジの補強リブ根元の滑らかな面を起点として、しわ状の様子が観察された内面側に進行したと推測される（図 10）。起点部には疲労痕が観察され、き裂は、フランジの外側表層に過大な応力が生じた状態で、微小な振動等による荷重が付加されて進展したと推察される（図 11）。微小な振動等の発生要因としては、近くにある一般排水柵の汲み上げポンプ運転時の振動の可能性が考えられる。

塩化ビニル製フランジの外側面に過大な応力が発生した原因は次のように推測される。まず、塩化ビニル製フランジに接続されていた鋼製フランジに、塩化ビニル製フランジとの接続で使用するべき全面座フランジ（接合面の全面を平面に仕上ったフランジ）ではなく、小平面座フランジ（接合面のボルトの穴の内側に円形の平面座を設けたフランジ）が用いられていた（図 12）。小平面座フランジを用いた場合には、塩化ビニル製フランジの接続面に曲げの応力が発生する。次に、フランジ間に使用されていたパッキンを観察した結果、ボルトの干渉痕が認められ、ほぼ全ての接続ボルトの締付けが過剰であったことがわかった（図 13）。また、塩化ビニル配管と鋼管との芯ずれを調査した結果、接続ボルトを外した状態で、両配管は約 9mm の芯ずれが確認された（図 14）。鋼製フランジと塩化ビニル製フランジの中心がずれた状態での無理な接続を行ったために、フランジ部にさらなる応力が発生していたと判断される。

フランジ部の施工不良の観点からは、上記の 3 つの複合要因により塩化ビニル製フランジに発生した曲げ応力でフランジ補強リブ根元が疲労し、疲労の蓄積により発生した微細なクラックを起点として、き裂に発展したと推測する（図 15）。

③重量物の通過

重量物の通過により塩化ビニル製フランジに過大な応力が発生する可能性があるため、工事車両の通過等を、平成元年度以降の作業記録、聞き取りにより調査した結果、表面のアスファルトを除去した状態で重量物が通過した事実は認められなかった。

④掘削作業時の外力

掘削作業時の外力により、塩化ビニル製フランジに過大な応力が発生する可能性があるため、今回の污水配管設備等更新工事及び掘削作業を伴う工事について、作業記録、聞き取りにより調査した結果、塩化ビニル製フランジに過大な応力を加えたと推定される事象はなかった。

⑤過大な水圧

配管に過大な圧力を加える等の不適切な使用により、塩化ビニル製フランジに過大な応力が発生する可能性について、平成元年度以降の使用実績の調査を行った結果、配管系統を加圧した実績はなかった。

⑥地震による外力

地震による外力により応力が発生する可能性があるため、平成元年から平成 22 年 10 月までの間に発生した、大洗地区、水戸地区及び鉾田地区における地震の最大加速度の値を使用し、埋設配管に発生する応力を算定した結果、配管にかかる応力は塩化ビニルの引張降伏強さを十分下回るものであり、塩化ビニル製フランジに過大な応力が発生するような影響はないことを確認した。

⑦高温排水による外力

高温水の排水により変形し、応力が発生した可能性について、平成元年度以降の排水の記録、配管の変形の有無を調査した結果、高温水の排水履歴はないこと、塩化ビニル製フランジ部分に変形は認められないことを確認した。

2) 化学的影響

①腐食性液体の排水

腐食性液体の排水については、調査の結果、平成元年度以降、腐食性液体を排水した履歴はなく、塩化ビニル製フランジ部近辺の塩化ビニル配管内面にも腐食等の異常は認められなかった。

3) 経年劣化

①紫外線による劣化

紫外線による劣化については、フランジ部分は地表より約 70cm の土壌中にあるため、塩化ビニル製フランジの強度に有意な劣化を及ぼすような紫外線による影響は無かった。

②気温変化による劣化

気温変化による劣化の可能性があるので、気象庁の気象統計情報より平成元年から平成 22 年 10 月までの水戸市及び鉾田市の気温の統計を調査した結果、塩化ビニル製フランジの強度に有意な劣化を及ぼすような気温変化は無かった。

なお、配管内が常時液体で満たされることはないので、内部の液体の凍結による破損は考えられない。

③耐用年数を超えた使用

耐用年数に関しては、適切な施工が行われ、使用温度範囲内で使用される場合、メーカーのカタログによると 50 年以上の使用が可能であることから、今回の使用期間（約 22 年）は十分に耐用年数内である。

以上より、塩化ビニル製フランジ部にき裂が発生した原因は、不適切なフランジの使用、ボルトの過剰な締付け、塩化ビニル配管と鋼管との芯ずれの複合要因により、塩化ビニル製フランジに発生した曲げ応力でフランジ補強リブ根元が疲労し、疲労の蓄積により発生した微細なクラックを起点として、き裂に発展したと推測する。

(3) 検出下限値以上の放射能濃度が検出された範囲

漏えいによる影響の範囲を推定するため、フランジき裂部の周辺の土壌を採取して放射能濃度を測定した。フランジき裂部の周辺は、埋め戻しの碎石混じりの土壌であった。土壌のサンプリングに当たっては、地表面より約 1m の掘削面を基準面とした。き裂発見当日は、この基準面に

において、6ヶ所で土壌サンプリングを行った。き裂発見当日は、当該フランジ部直下の土壌及びフランジから約30cm下流側の配管直下の土壌を同時に計測した。土壌サンプリングの方法及び場所については放射線取扱主任者が助言を行った。

測定値の比較を容易とするため、後日、以下の測定条件により、測定を行った。各測定試料の重量の相違等による測定条件の整合を図るため、測定試料の形状を同一形状（容積100ccポリ容器を使用）とし、1台のGe検出器を使用するとともに、測定時間を5000秒とした。き裂発見当日に採取した土壌の測定結果では、検出下限値以上の放射能濃度を認めた位置は、塩化ビニル製フランジ直下の1ヶ所のみであった（図16）。さらに、漏えいによる影響の範囲を推定するための土壌サンプリングとして、フランジき裂部直下を中心として、約55cmの半径内で水平方向の土壌を12ヶ所サンプリングし、測定を行った（図17）。また、垂直方向の広がり調べるために、7ヶ所で、基準面から深さ方向に10cm刻みで土壌をサンプリングし、測定した（図18）。なお、土壌中には石やコンクリートのかげら、砂利などがあつたため、試料を採取できなかった箇所がある。調査の結果、半径約30cm、深さ約90cmの範囲で、検出下限値以上の放射能濃度が認められた。

周囲土壌は埋め戻しの土壌で、コンクリートのかげらや、砂利などがあり、試料採取ができない箇所が何箇所もあったため、検出下限値以上の放射能濃度が認められた範囲を十分に含むように、周囲の土壌（き裂中心から水平方向半径約30cm～40cm、深さ約120cm範囲）を撤去し、鉄製容器に回収した。その後、新たに周囲土壌撤去後の底部付近の土壌を4ヶ所で採取し、測定を行った結果、検出下限値以上の放射能濃度は検出されなかった。（図19）

これらの測定結果に基づき、検出下限値以上の放射能濃度が認められた場所をプロットした結果を図20及び図21に示す。

（4）き裂の発生時期

き裂が生じた塩化ビニル製フランジ部を切り出して詳細に観察したところ、内面には土、錆のような堆積物が認められた。塩化ビニル製フランジの下側のき裂面には水垢のような汚れが認められた（図22）。以上の観察結果より、き裂は最近に発生したものではないと判断した。塩化ビニル製フランジの製造メーカーにより、き裂部分の詳細な観察を行ったが、観察結果からは、き裂の発生時期を特定することはできなかった。き裂の発生時期は、最後に水張りによる漏えい検査を行った平成11年3月11日以降と推定される。

7. 環境への影響等

6. 項の調査に示すように、検出下限値以上の放射能濃度が認められた範囲を十分に含むように、周囲の土壌（き裂中心から水平方向半径約30cm～40cm、深さ約120cm範囲）を撤去し、鉄製容器におさめた。その後、周囲土壌撤去後の底部付近の土壌を採取し、測定を行った結果、検出下限値以上の放射能濃度は検出されなかった。このことより、塩化ビニル製フランジ部のき裂発生に伴う漏えいの影響範囲は、限定的であった。また、き裂発見当日のモニタリングポストデータに変動はなかった。作業員の身体及び工具等に汚染は無かった。従って、本事象による作業員や環境への影響はなかった。

8. 原因

（1）塩化ビニル製フランジのき裂による漏えいの発生原因

塩化ビニル製フランジ部のき裂は、不適切なフランジの使用、ボルトの過剰な締付け、塩化ビニル配管と鋼管との芯ずれの3つの要因の同時作用によって引き起こされた。その経過は、これらの要因により塩化ビニル製フランジに曲げ応力が発生し、フランジ補強リブ根元が疲労し、疲労の蓄積により発生した微細なクラックを起点として、き裂に発展して、その箇所から放射性廃

液が漏えいしたと考える。

このような施工が行われた原因は、当該工事が小規模な工事であったため、工事の要求事項に対する施工計画の妥当性の確認等を組織として十分に実施しなかったことと考える。

(2) これまでき裂を発見できなかった原因

き裂の発生時期は、最後に水張りによる漏えい検査を行った平成11年3月11日以降と推定される。平成10年度まで実施されていた水張りによる漏えい検査が、平成11年度以降、実施されなくなったことが、これまでき裂を発見できなかった原因の一つである。水張りによる漏えい検査が行われなくなった要因は、居室実験室建家の排水設備に係る点検について、担当者の経験と技量に頼り、組織としてマニュアル化に対する考慮が不足していたため、点検業務の文書化が不十分であったことと考える。このような状況のなか、水張りによる漏えい検査の重要性等、点検業務の引継ぎが十分に行われなかったと考える。これに加えて、平成元年11月施工時の一部関連図書の管理に問題があり、塩化ビニル製のフランジ及び配管の存在を認識しなかった。

9. 対 策

(1) 塩化ビニル製フランジのき裂による漏えいの発生への対策について

今回の塩化ビニル製フランジのき裂発生を踏まえ、居室実験室建家の排水設備については、管理区域外への漏えい防止を確実にするため、現在の屋外配管は撤去して、新規に配管を敷設する。今回、敷設する配管は、ステンレス鋼配管にし、フランジを用いない構造として、漏えいの防止を図る。

今回の事象の原因となった塩化ビニル製フランジの施工に係る不備について教育を行う。また、放射性物質を取り扱う設備の工事に際しては、今回の様な小規模な工事についても、受注者の技術的能力・経験等の確認を確実に行うとともに、工事の要求事項に対する施工計画の妥当性について担当課長がレビューし、その記録を保存するよう文書に定める。

(2) これまでき裂を発見できなかったことへの対策

今回、敷設する屋外のステンレス鋼配管は、硬質塩化ビニル管で覆い、ステンレス鋼配管から硬質塩化ビニル管内への漏えいは、ホット機械室内の柵で受けるように設計する。その柵については、日常点検を行い、ステンレス鋼配管からの漏えいを監視する。また、ステンレス鋼配管については漏えいのないことを毎年1回の頻度で点検する。

居室実験室建家の排水設備に係る点検については、組織としてマニュアル化に対する考慮が不足しており、業務が十分に引き継がれなかった。このため、手引き等に点検の目的、方法、頻度等について明記し、教育により周知徹底することで確実な業務の引継ぎを図る。

また、図書については系統別に整理するなど、その管理方法の見直しを行う。

(3) 汚染土壌の処置

回収した周囲の土壌は鉄製容器に納めて、内容物を表示し、J M T R施設の管理区域に保管する。

10. 水平展開

今回の事象の対策を踏まえ、日本原子力研究開発機構内へ水平展開を実施し、同種事象の再発防止を図る。

図表一覧

表 1	埋設配管の塩化ビニル製フランジにき裂が発生した原因の調査
図 1	大洗研究開発センター配置図
図 2	居室実験室建家及びき裂の発見された埋設配管の位置
図 3	居室実験室建家からの排水
図 4	埋設配管と埋設状況
図 5	き裂の状態
図 6	応急処置の状況
図 7	埋設配管接続部の概略図
図 8	塩化ビニル製フランジの切出し後の外観写真
図 9	塩化ビニル製フランジの分割後の外観写真
図 1 0	補強リブ根元の外面側表層（A 部）
図 1 1	補強リブ付近に観察された疲労痕
図 1 2	鋼製フランジ（小平面座）
図 1 3	パッキン外観
図 1 4	配管の芯ずれ
図 1 5	フランジ部の接続状態
図 1 6	発見当日の土壌サンプリング箇所と測定結果
図 1 7	き裂箇所周辺の土壌サンプリング箇所と測定結果（水平方向）
図 1 8	き裂箇所周辺の土壌サンプリング箇所と測定結果（垂直方向）（1）
図 1 8	き裂箇所周辺の土壌サンプリング箇所と測定結果（垂直方向）（2）
図 1 9	周囲の土壌回収後の底部付近の土壌サンプリング箇所と測定結果
図 2 0	基準面表面層のサンプリング結果
図 2 1	垂直方向のサンプリング結果
図 2 2	フランジ切断後に観察された内面及びき裂面の状態

発生事象	異常発生要因			調査内容	調査結果
塩化ビニル配管フランジ部のき裂発生	1) 機械的応力	不適切な施工	① U字溝の干渉	フランジとの干渉状況調査	×
			② フランジ部の施工不良	フランジ部及び配管の状態調査	○
			③ 重量物の通過	工事車両等の通過履歴の調査	×
			④ 掘削作業時の外力	周辺での掘削作業状況の調査	×
		不適切な使用	⑤ 過大な水圧	過大な圧力が生じた可能性の調査	×
		外的な要因	⑥ 地震による外力	構造の確認、地震影響の調査	×
			⑦ 高温排水による外力	排水履歴の調査、フランジ部変形の調査	×
	2) 化学的影響	腐食	① 腐食性液体の排水	排水履歴及び配管内面の確認	×
	3) 経年劣化	使用環境の影響	① 紫外線による劣化	地下埋設のため該当せず	×
			② 気温変化による劣化	気象統計情報の調査	×
			③ 耐用年数を超えた使用	仕様調査	×

○:可能性高い
×:可能性低い又はない

表1 埋設配管の塩化ビニル製フランジにき裂が発生した原因の調査

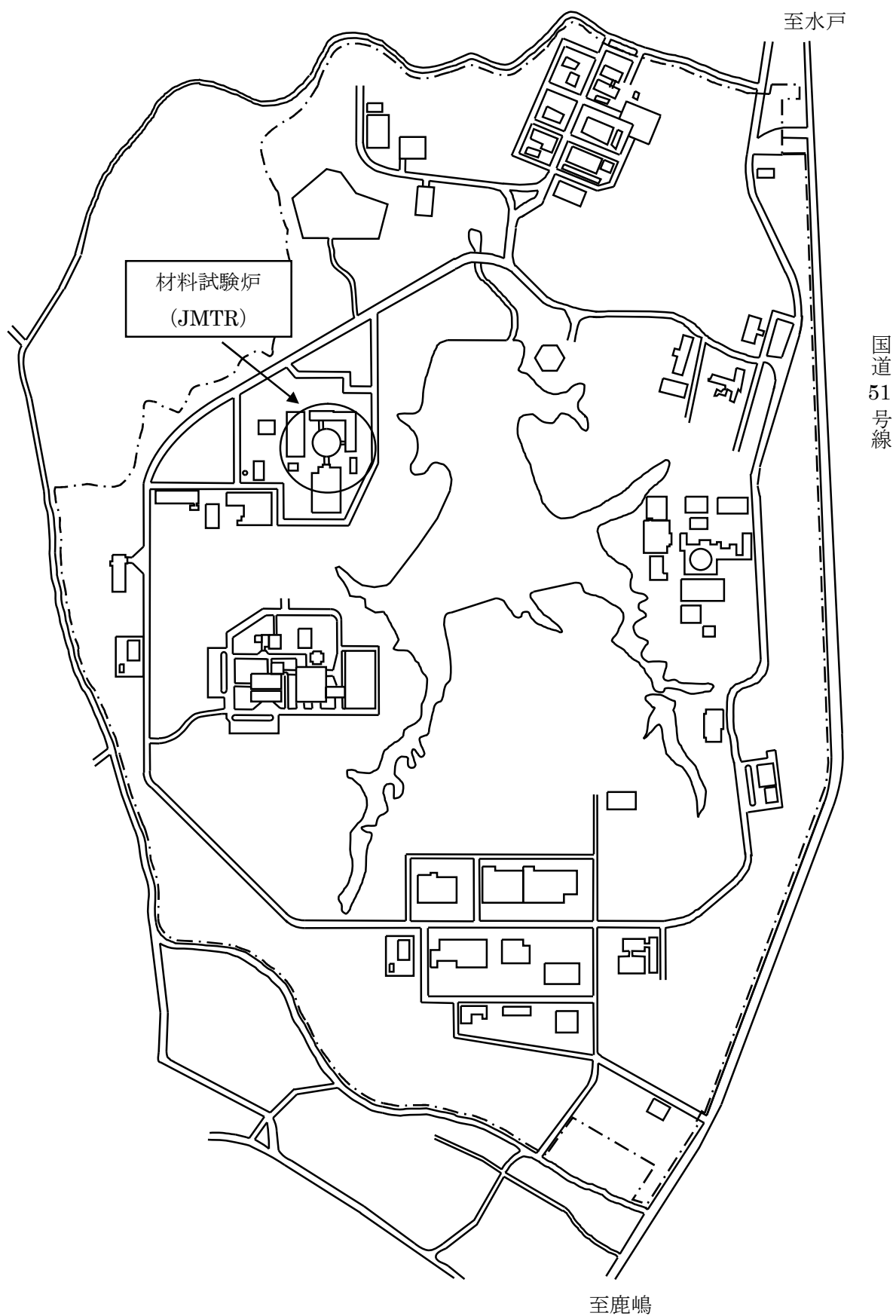


図1 大洗研究開発センター配置図

【居室実験室建家】

【ホット機械室】

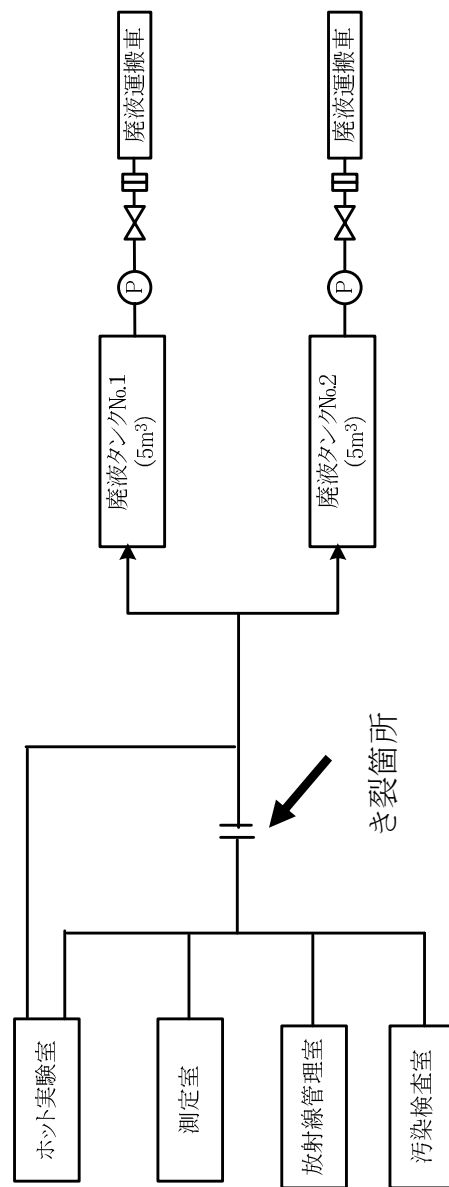


図3 居室実験室建家からの排水

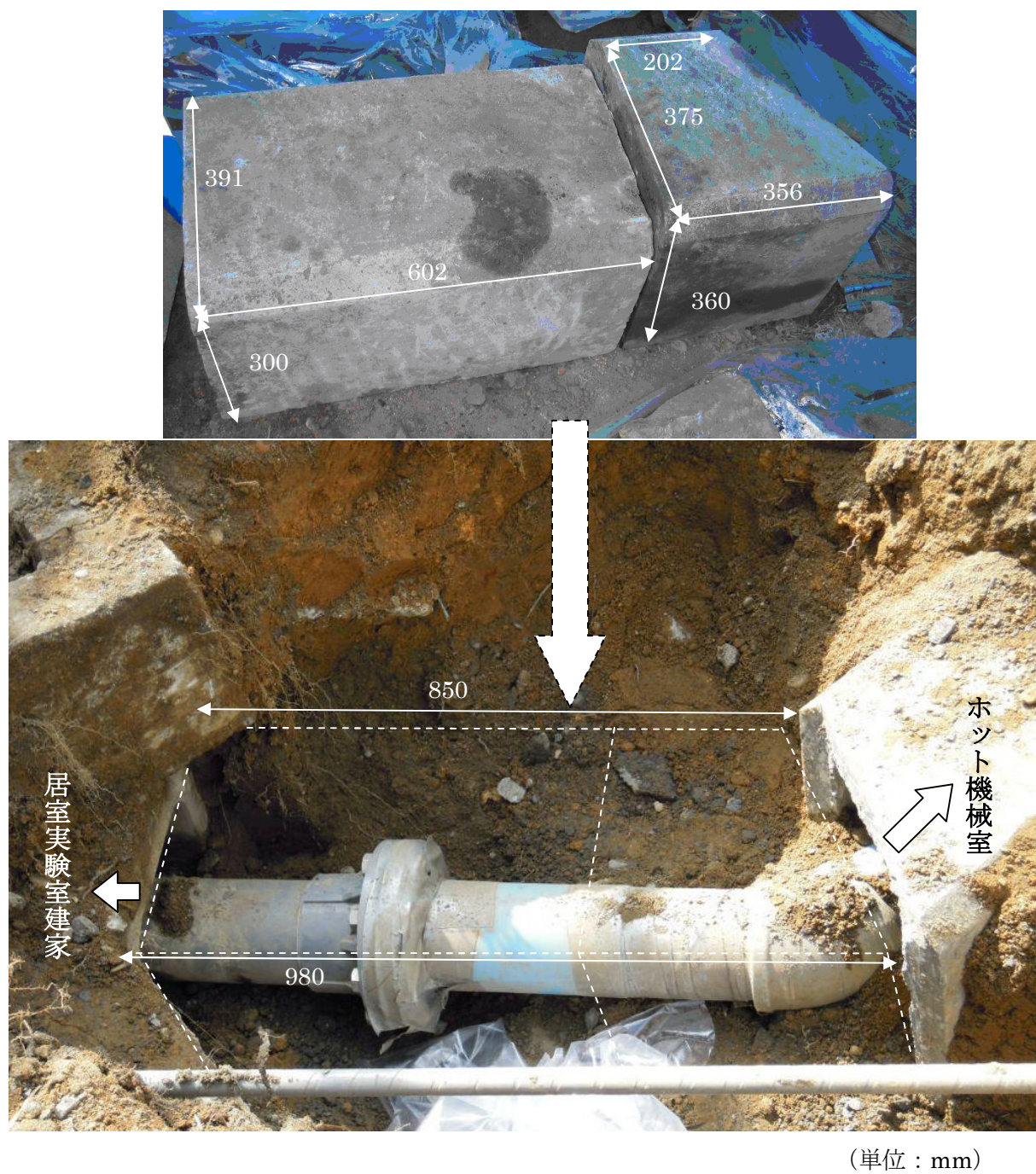


図4 埋設配管と埋設状況



真上から観察
した写真

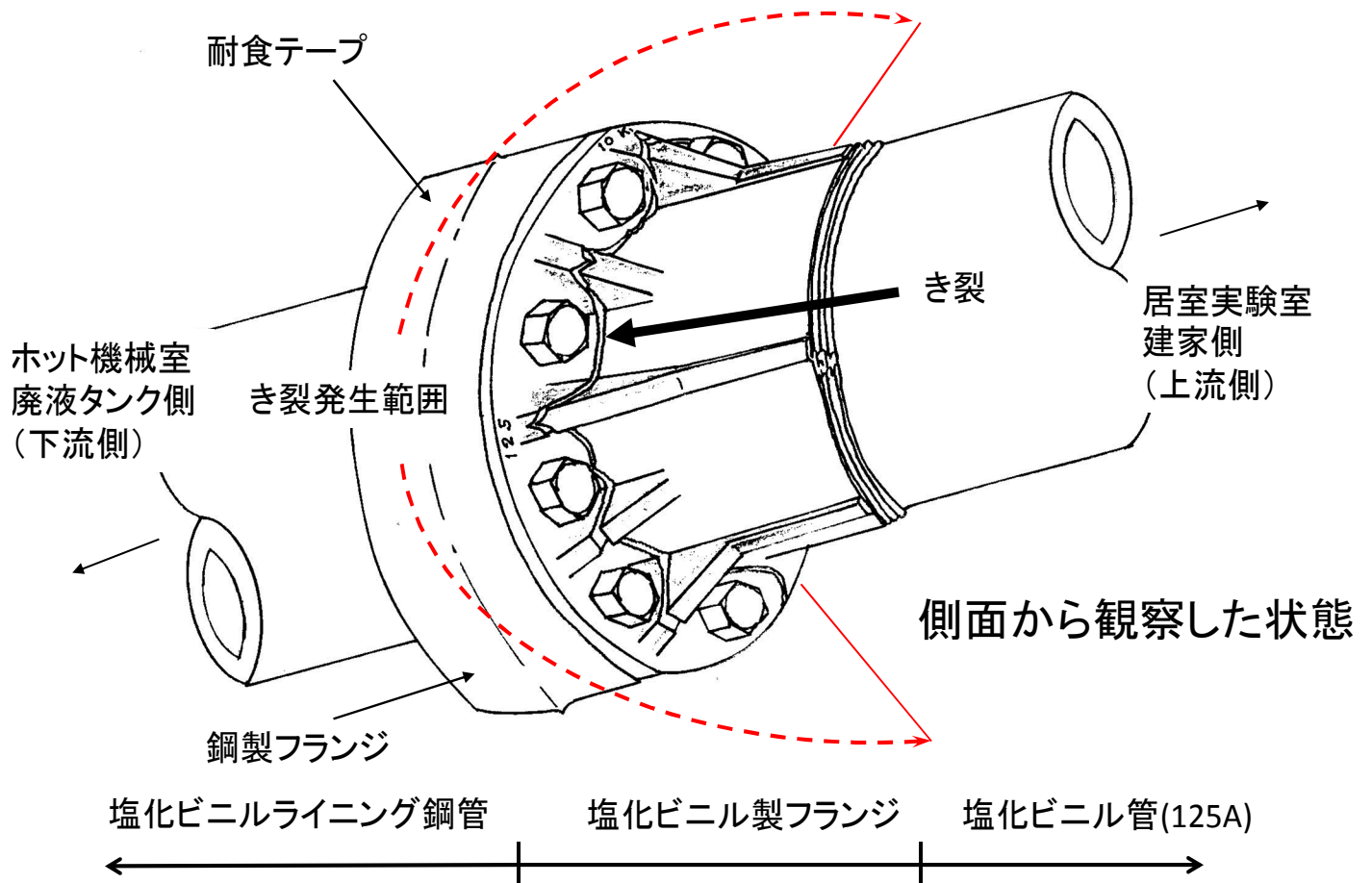


図5 き裂の状態



図6 応急処置の状況

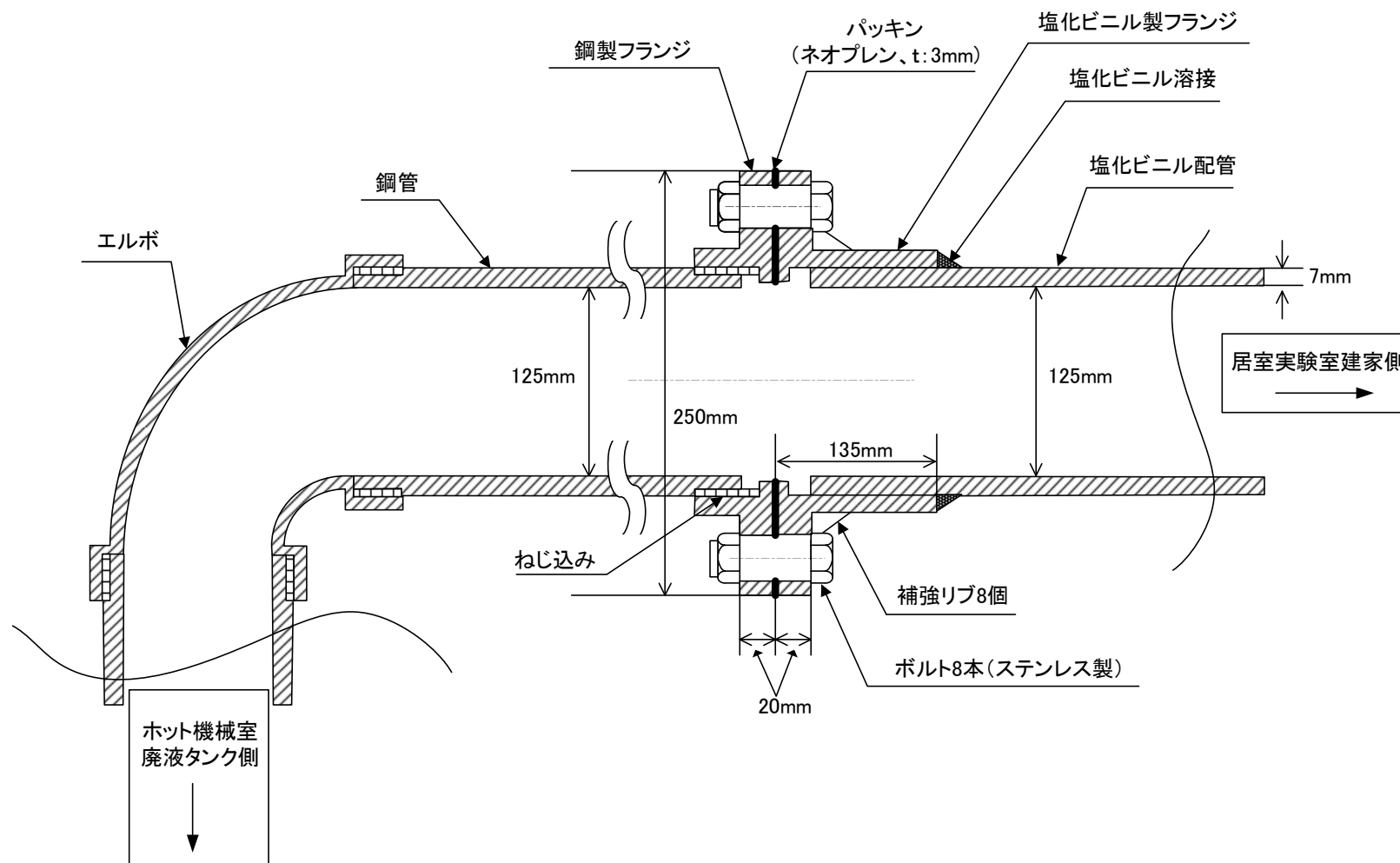


図7 埋設配管接続部の概略図

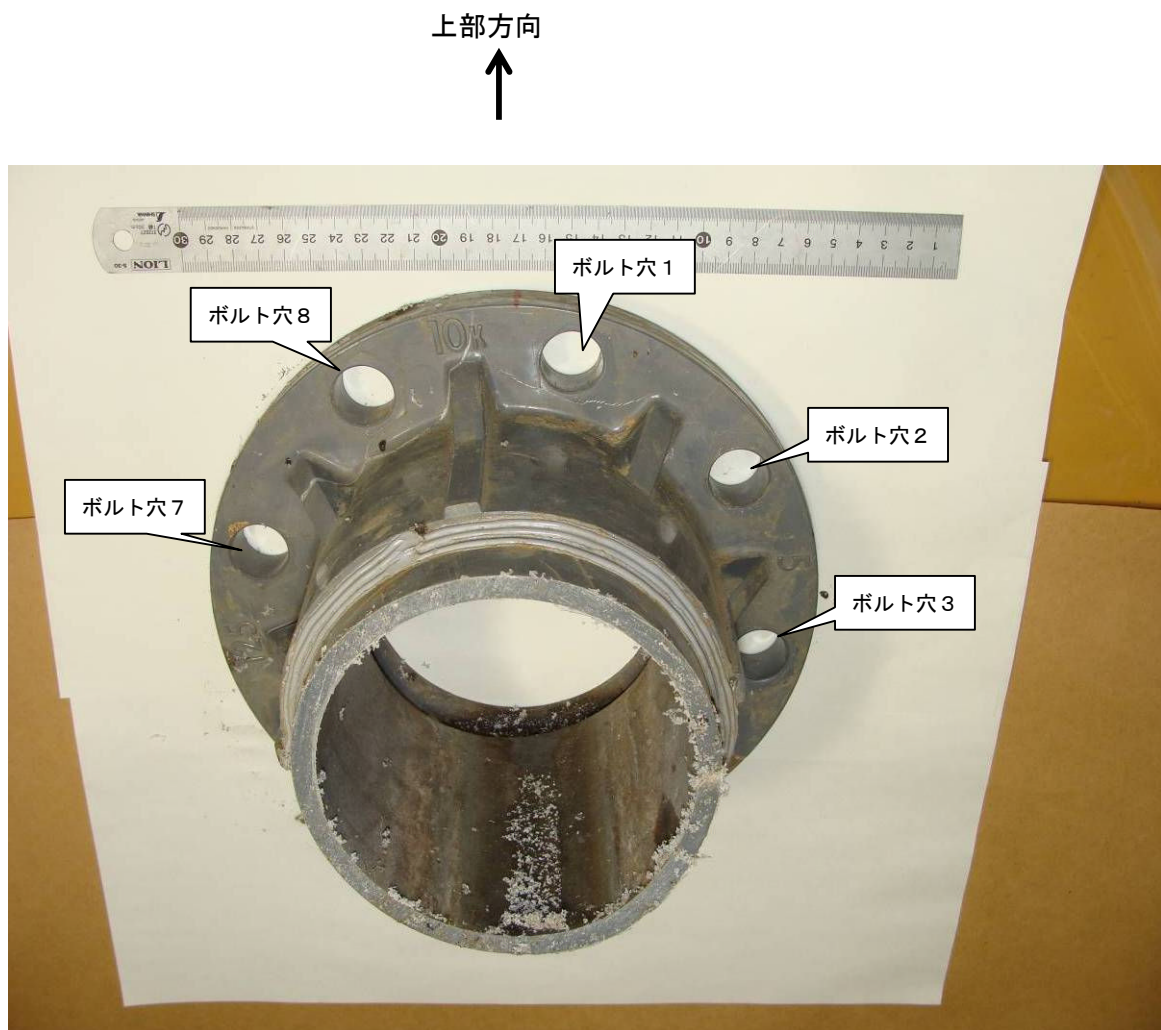


図8 塩化ビニル製フランジの切出し後の外観写真

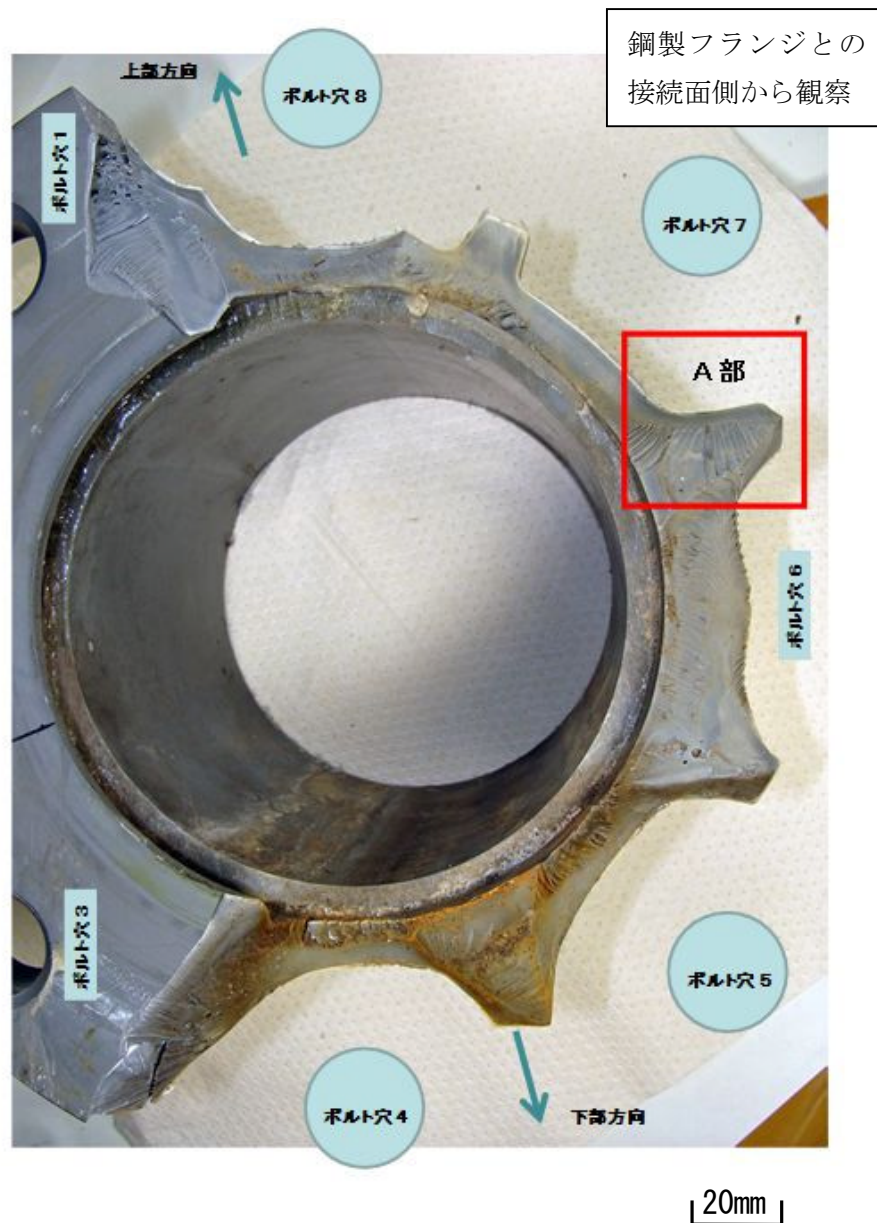


図 9 塩化ビニル製フランジの分割後の外観写真

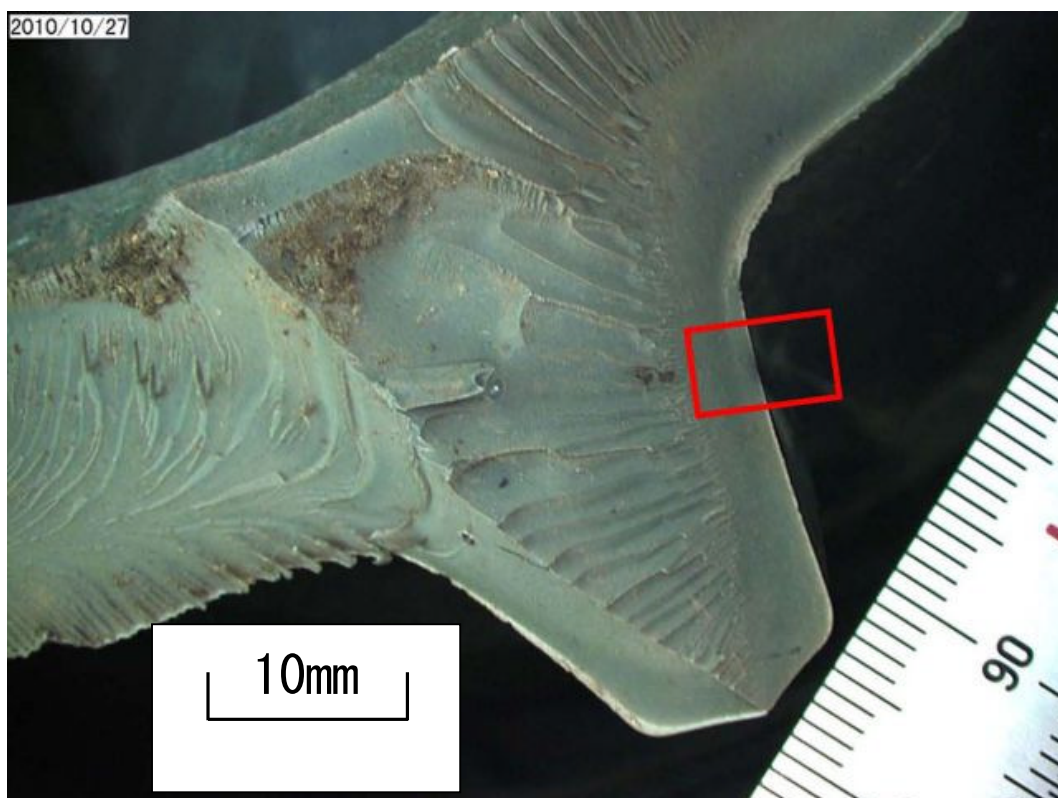


図10 補強リブ根元の外面側表層(A部)

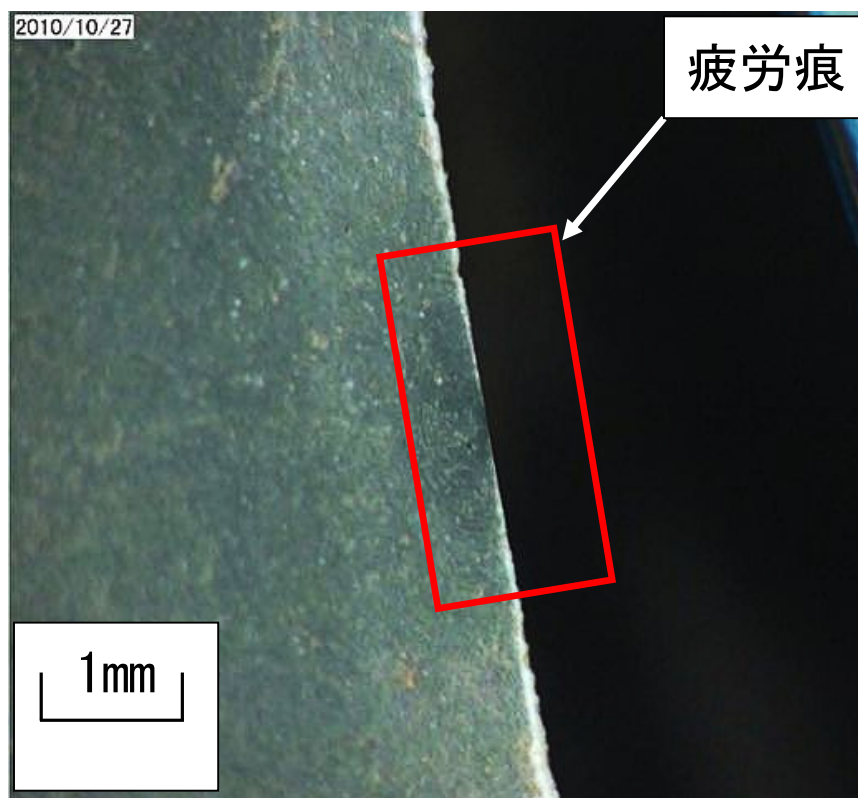


図11 補強リブ付近に観察された疲労痕



図12 鋼製フランジ(小平面座)

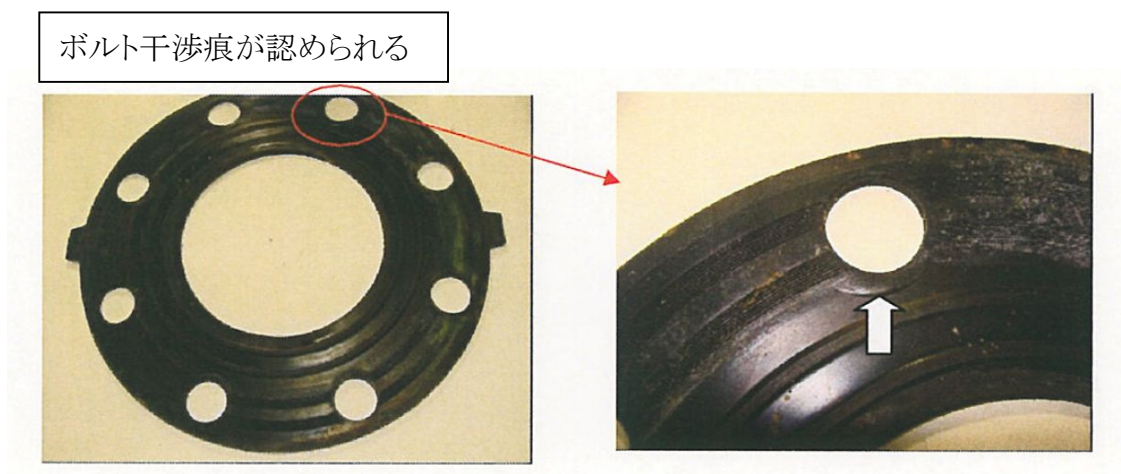


図13 パッキン外観

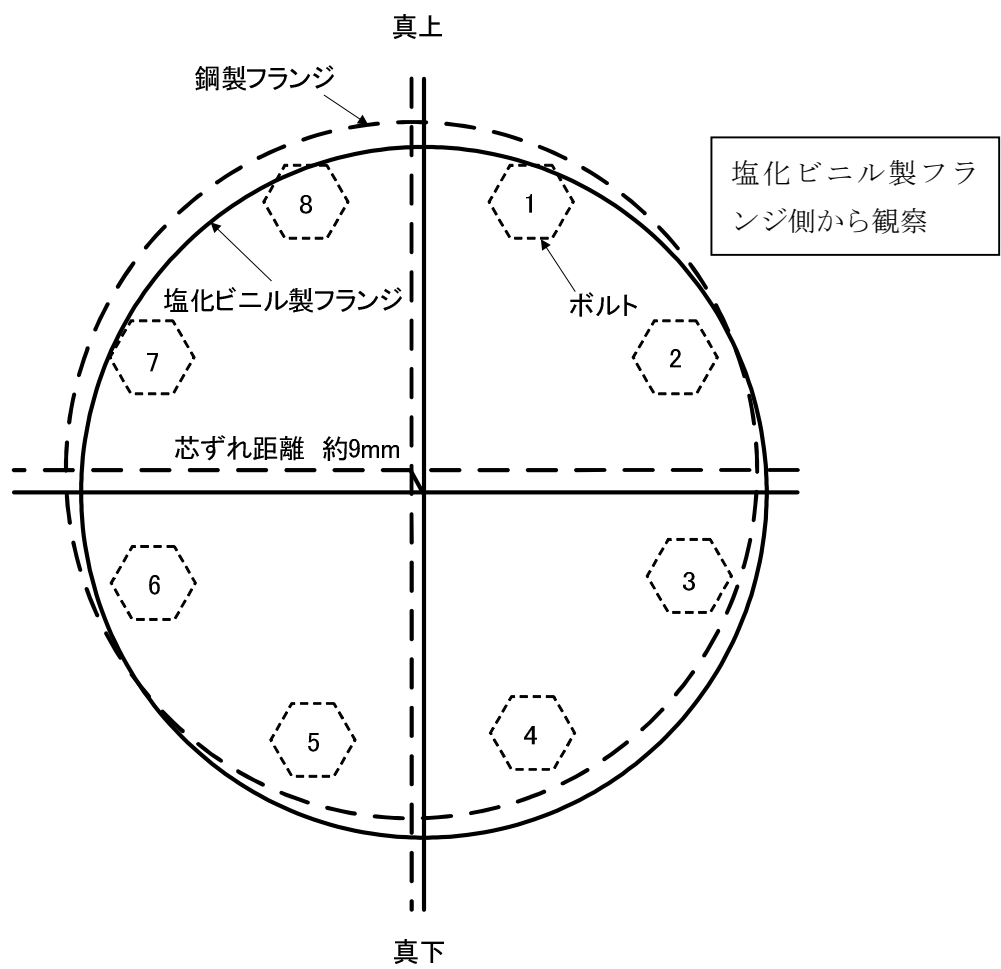
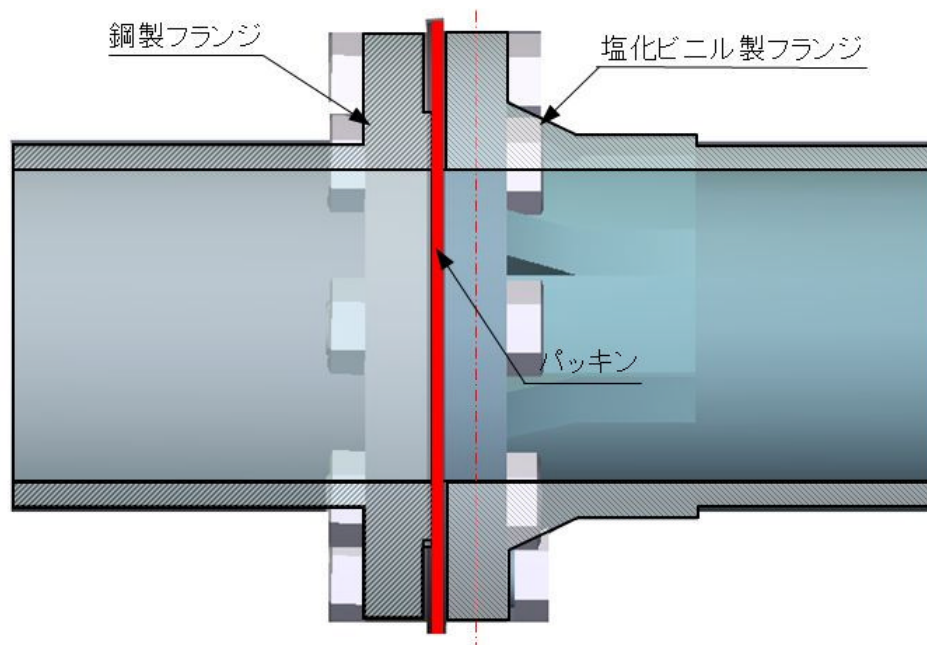
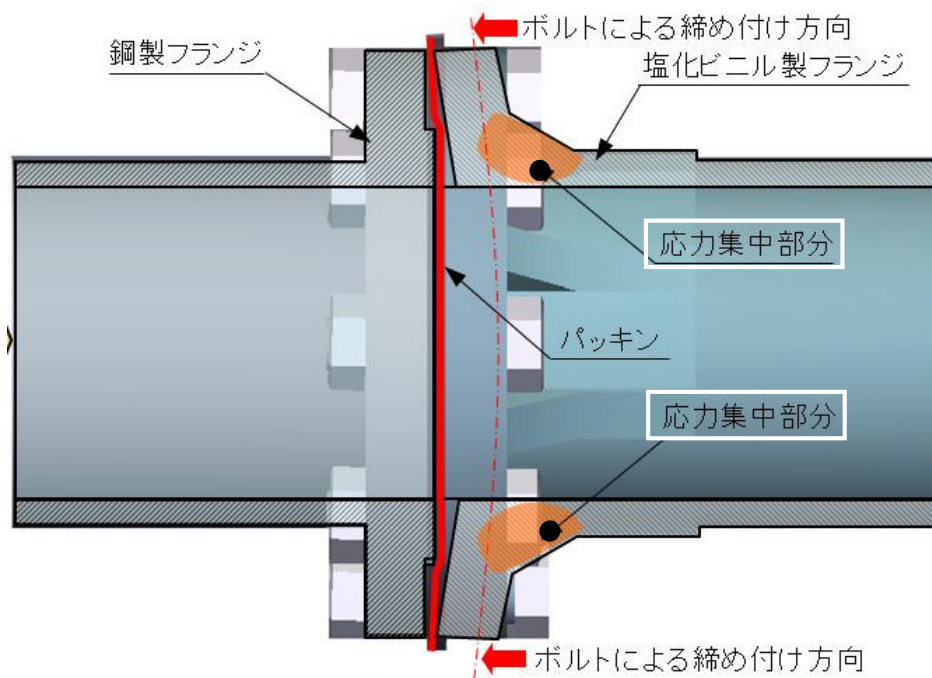
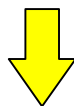


図14 配管の芯ずれ



塩化ビニル製フランジ開放状態



塩化ビニル製フランジ接続状態

図15 フランジ部の接続状態

き裂発見直後の土壌サンプリング結果(き裂箇所付近)

サンプリング位置	⁶⁰ Co		¹³⁷ Cs	
	濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))	濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))
き裂箇所直下	3.3×10^{-2}	4.4×10^{-3}	2.2×10^{-2}	4.5×10^{-3}
き裂箇所下流側30cm	ND	4.1×10^{-3}	ND	4.1×10^{-3}

NDは検出下限値未満を表す。

き裂発見当日の土壌サンプリング結果(掘削範囲内)

サンプリング No.	き裂箇所 からの距離 (cm)	⁶⁰ Co		¹³⁷ Cs	
		濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))	濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))
A	30	ND	4.4×10^{-3}	ND	3.9×10^{-3}
B	220	ND	4.0×10^{-3}	ND	4.0×10^{-3}
C	220	ND	3.9×10^{-3}	ND	4.5×10^{-3}
D	50	ND	5.0×10^{-3}	ND	4.4×10^{-3}

注) 土壌は、表面(地表面から約1m掘削した地点)から約5cmの深さまで採取

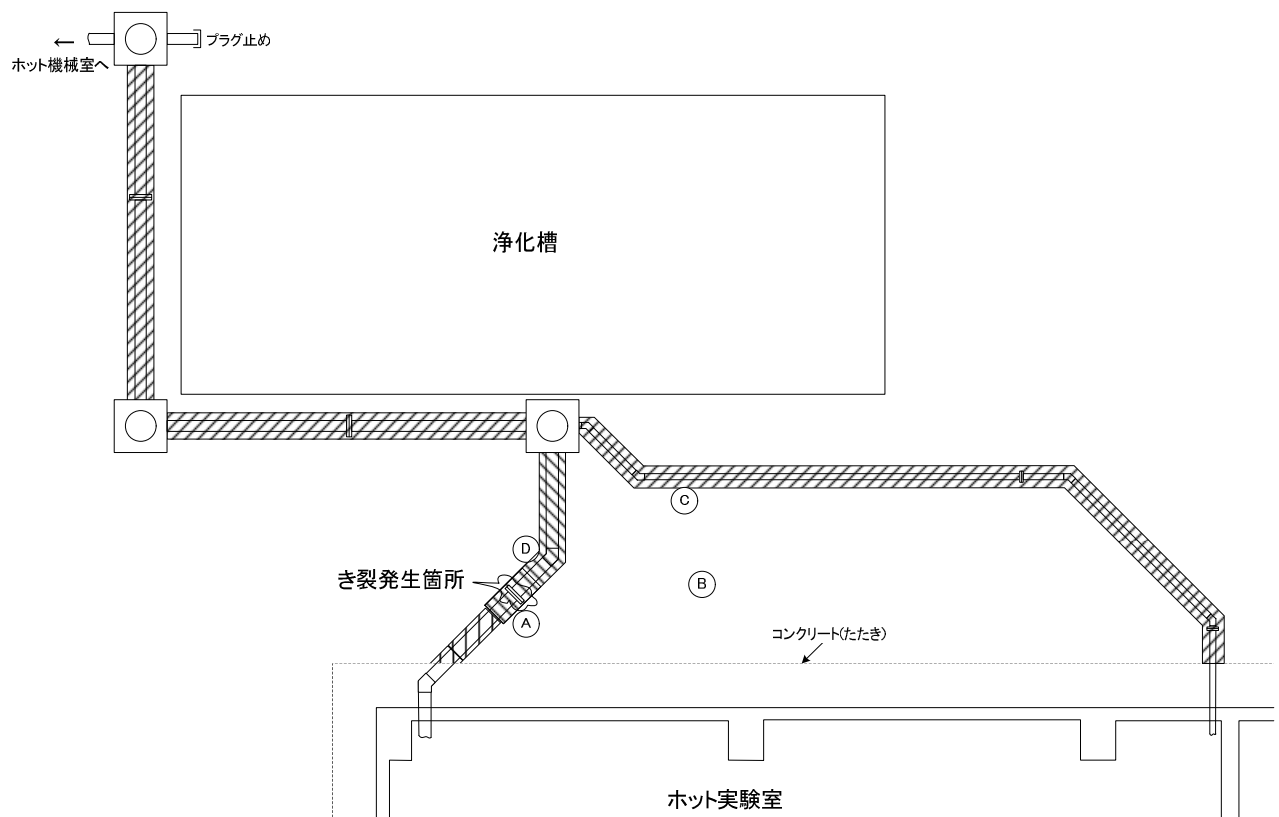


図16 発見当日の土壌サンプリング箇所と測定結果

土壌サンプリング結果(水平方向)

サンプリング リング No.	距離 (cm)	⁶⁰ Co		¹³⁷ Cs	
		濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))	濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))
①	15	2.6×10^{-2}	5.1×10^{-3}	9.1×10^{-3}	4.0×10^{-3}
②	15	1.1×10^{-2}	4.2×10^{-3}	ND	3.9×10^{-3}
③	20	2.6×10^{-2}	4.9×10^{-3}	ND	4.7×10^{-3}
④	20	9.7×10^{-2}	3.9×10^{-3}	ND	5.3×10^{-3}
⑤	25	ND	4.1×10^{-3}	ND	4.0×10^{-3}
⑥	25	ND	4.2×10^{-3}	ND	4.2×10^{-3}
⑦	35	ND	4.0×10^{-3}	ND	4.2×10^{-3}
⑧	35	ND	4.5×10^{-3}	ND	4.1×10^{-3}
⑨	30	ND	4.0×10^{-3}	ND	3.7×10^{-3}
⑩	30	ND	4.1×10^{-3}	ND	3.7×10^{-3}
⑪	55	ND	4.1×10^{-3}	ND	4.3×10^{-3}
⑫	55	ND	4.5×10^{-3}	ND	3.9×10^{-3}

注) NDは、検出下限値未満を表す。

距離は、き裂配管の中心から土壌採取箇所を中心まで。

土壌は、表面(地表面から約1m掘削した地点)から約5cmの深さまで採取

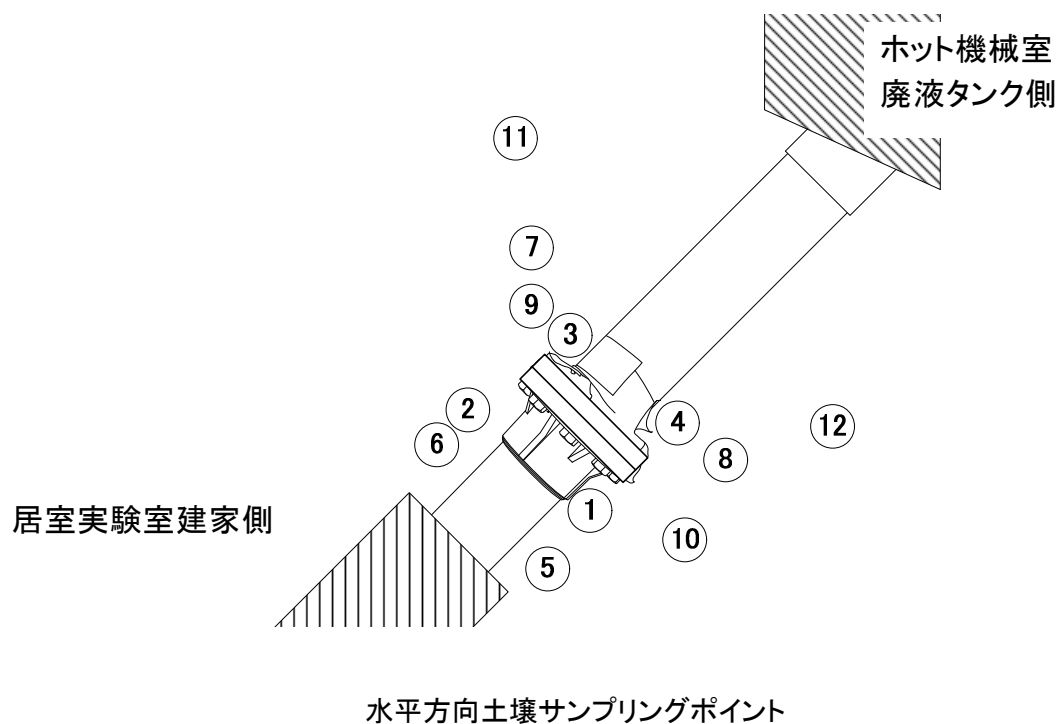


図17 き裂箇所周辺の土壌サンプリング箇所と測定結果(水平方向)

土壌サンプリング結果(垂直方向)

サンプリング No	距離 (cm)	深さ (cm)	⁶⁰ Co		¹³⁷ Cs	
			濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))	濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))
①'	16	0～10	5.5×10^{-2}	3.9×10^{-3}	5.5×10^{-3}	4.6×10^{-3}
		10～20	5.1×10^{-2}	4.0×10^{-3}	ND	4.5×10^{-3}
		20～30	5.0×10^{-2}	3.7×10^{-3}	ND	3.8×10^{-3}
		30～40	6.3×10^{-2}	7.1×10^{-3}	ND	7.1×10^{-3}
		40～50	1.7×10^{-2}	4.2×10^{-3}	ND	3.9×10^{-3}
		50～60	1.3×10^{-2}	3.8×10^{-3}	ND	4.2×10^{-3}
		60～70	7.1×10^{-3}	6.6×10^{-3}	ND	6.7×10^{-3}
		70～80	ND	4.3×10^{-3}	ND	4.4×10^{-3}
		80～90	5.2×10^{-3}	3.9×10^{-3}	ND	4.1×10^{-3}
		90～110	土壌に石などがあったため採取できず			
②'	14	0～10	5.9×10^{-2}	4.3×10^{-3}	ND	3.9×10^{-3}
		10～20	4.7×10^{-2}	5.2×10^{-3}	ND	5.0×10^{-3}
		20～30	4.7×10^{-2}	4.5×10^{-3}	ND	4.9×10^{-3}
		30～50	土壌に石などがあったため採取できず			
		50～60*1	ND	1.0×10^{-2}	ND	8.3×10^{-3}
		60～70	9.0×10^{-3}	4.1×10^{-3}	ND	4.7×10^{-3}
		70～80	ND	5.0×10^{-3}	ND	4.1×10^{-3}
		80～100*2	ND	4.1×10^{-3}	ND	4.1×10^{-3}
		100～110	ND	5.2×10^{-3}	ND	4.3×10^{-3}
③'	28	0～10	ND	4.0×10^{-3}	ND	3.9×10^{-3}
		10～20	1.9×10^{-2}	5.3×10^{-3}	ND	4.1×10^{-3}
		20～30	ND	4.5×10^{-3}	ND	3.4×10^{-3}
		30～40	ND	5.8×10^{-3}	ND	4.9×10^{-3}
		40～50	ND	3.5×10^{-3}	ND	3.6×10^{-3}
		50～60	ND	5.4×10^{-3}	ND	3.3×10^{-3}
		60～70	ND	4.9×10^{-3}	ND	4.1×10^{-3}
		70～80	土壌に石などがあったため採取できず			
		80～90	ND	5.8×10^{-3}	ND	3.9×10^{-3}
		90～100	ND	5.2×10^{-3}	ND	4.9×10^{-3}
④'	17	0～10	4.3×10^{-2}	5.7×10^{-3}	ND	4.8×10^{-3}
		10～20	7.5×10^{-2}	4.6×10^{-3}	ND	4.7×10^{-3}
		20～30	5.0×10^{-2}	4.2×10^{-3}	ND	4.8×10^{-3}
		30～40	1.8×10^{-2}	5.4×10^{-3}	ND	4.4×10^{-3}
		40～60	土壌に石などがあったため採取できず			
		60～70	6.0×10^{-3}	4.6×10^{-3}	ND	4.0×10^{-3}
		70～80	1.1×10^{-2}	4.0×10^{-3}	ND	4.0×10^{-3}
		80～90	ND	4.8×10^{-3}	ND	5.0×10^{-3}
		90～100	ND	4.5×10^{-3}	ND	3.4×10^{-3}
⑤'	40	0～10	ND	4.0×10^{-3}	ND	4.4×10^{-3}
		10～20	ND	3.2×10^{-3}	ND	3.5×10^{-3}
		20～30	ND	3.2×10^{-3}	ND	2.8×10^{-3}
		30～40	ND	6.4×10^{-3}	ND	3.6×10^{-3}
		40～50	ND	3.8×10^{-3}	ND	3.6×10^{-3}
		50～60	ND	3.0×10^{-3}	ND	2.8×10^{-3}
		60～70	土壌に石などがあったため採取できず			

*1：採取量が他の半分程度のため、検出下限値が大きい。

*2：試料の採取ができないため、20cmの範囲とした。

図18 き裂箇所周辺の土壌サンプリング箇所と測定結果(垂直方向)(1)

サンプリング No	距離 (cm)	深さ (cm)	^{60}Co		^{137}Cs	
			濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))	濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))
⑥'	28	0~10	ND	4.5×10^{-3}	ND	3.7×10^{-3}
		10~20	ND	4.4×10^{-3}	ND	3.9×10^{-3}
		20~30	ND	4.0×10^{-3}	ND	3.7×10^{-3}
		30~40	ND	4.5×10^{-3}	ND	3.9×10^{-3}
		40~50	ND	4.7×10^{-3}	ND	6.8×10^{-3}
		50~60	ND	5.5×10^{-3}	ND	4.6×10^{-3}
		60~70	ND	6.5×10^{-3}	ND	5.9×10^{-3}
		70~80	ND	4.7×10^{-3}	ND	4.5×10^{-3}
		80~90	ND	4.7×10^{-3}	ND	4.6×10^{-3}
⑦'	0	0~10	5.4×10^{-2}	4.6×10^{-3}	3.9×10^{-2}	4.9×10^{-3}
		10~20	1.9×10^{-2}	4.4×10^{-3}	4.6×10^{-3}	3.9×10^{-3}
		20~30	1.4×10^{-2}	4.5×10^{-3}	ND	4.6×10^{-3}
		30~40	1.5×10^{-2}	4.8×10^{-3}	1.0×10^{-2}	4.2×10^{-3}
		40~50	7.1×10^{-3}	3.6×10^{-3}	7.2×10^{-3}	3.5×10^{-3}
		50~60	ND	5.2×10^{-3}	ND	4.5×10^{-3}
		60~70	ND	4.5×10^{-3}	ND	3.8×10^{-3}
		70~80	8.4×10^{-3}	4.4×10^{-3}	4.6×10^{-3}	3.8×10^{-3}
		80~90	ND	6.1×10^{-3}	ND	6.6×10^{-3}
		90~100	ND	4.1×10^{-3}	ND	4.4×10^{-3}

注) NDは、検出下限値未満を表す。

距離は、き裂配管の中心から土壌採取箇所を中心まで。

深さ 0cmは、地表面から約1m掘削した地点

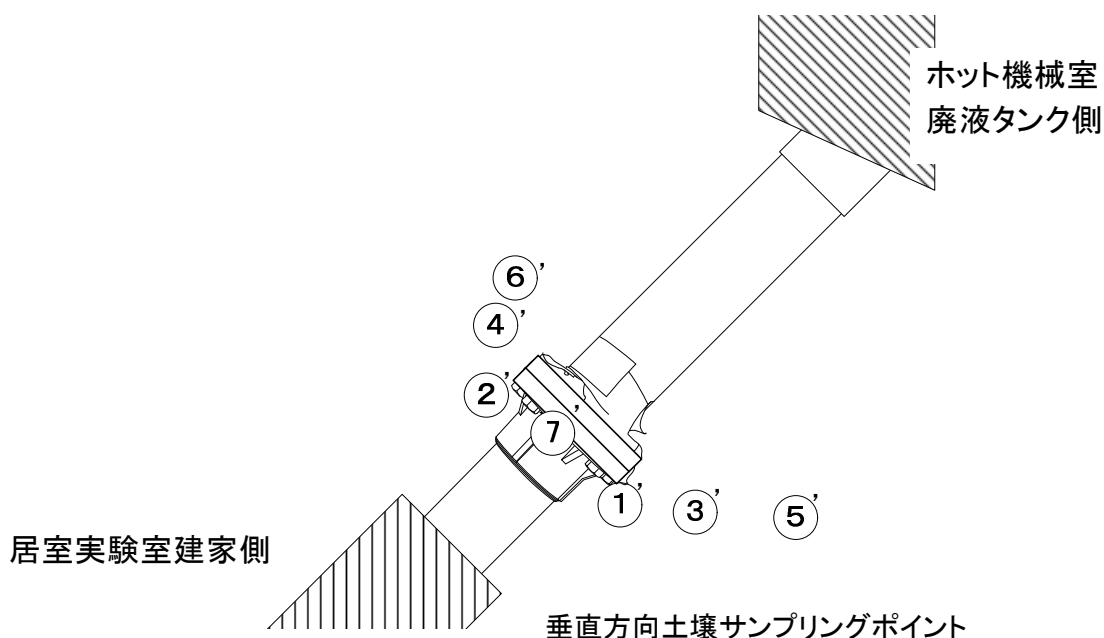


図18 き裂箇所周辺の土壌サンプリング箇所と測定結果(垂直方向)(2)

土壌サンプリング結果(撤去後)

サンプリング No.	深さ (cm)	^{60}Co		^{137}Cs	
		濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))	濃度 (Bq/g(wet))	検出下限値 (Bq/g(wet))
①'	120	ND	4.7×10^{-3}	ND	4.2×10^{-3}
③'	120	ND	4.2×10^{-3}	ND	4.1×10^{-3}
④'	120	ND	4.1×10^{-3}	ND	3.3×10^{-3}
⑦'	120	ND	4.7×10^{-3}	ND	4.1×10^{-3}

注) NDは、検出下限値未満を表す。

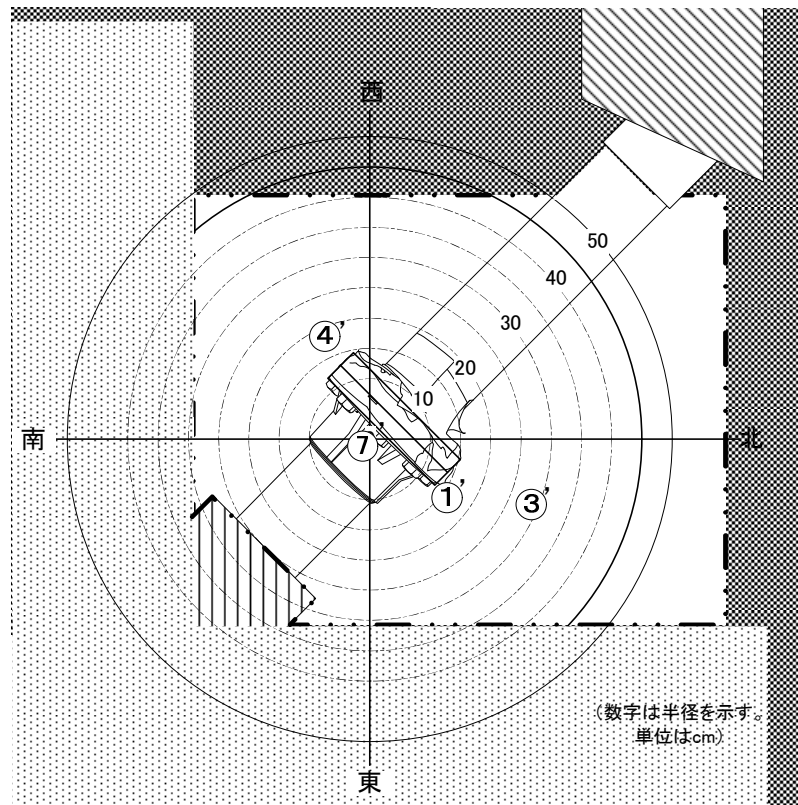


図19 周囲の土壌回収後の底部付近の土壌サンプリング箇所と測定結果

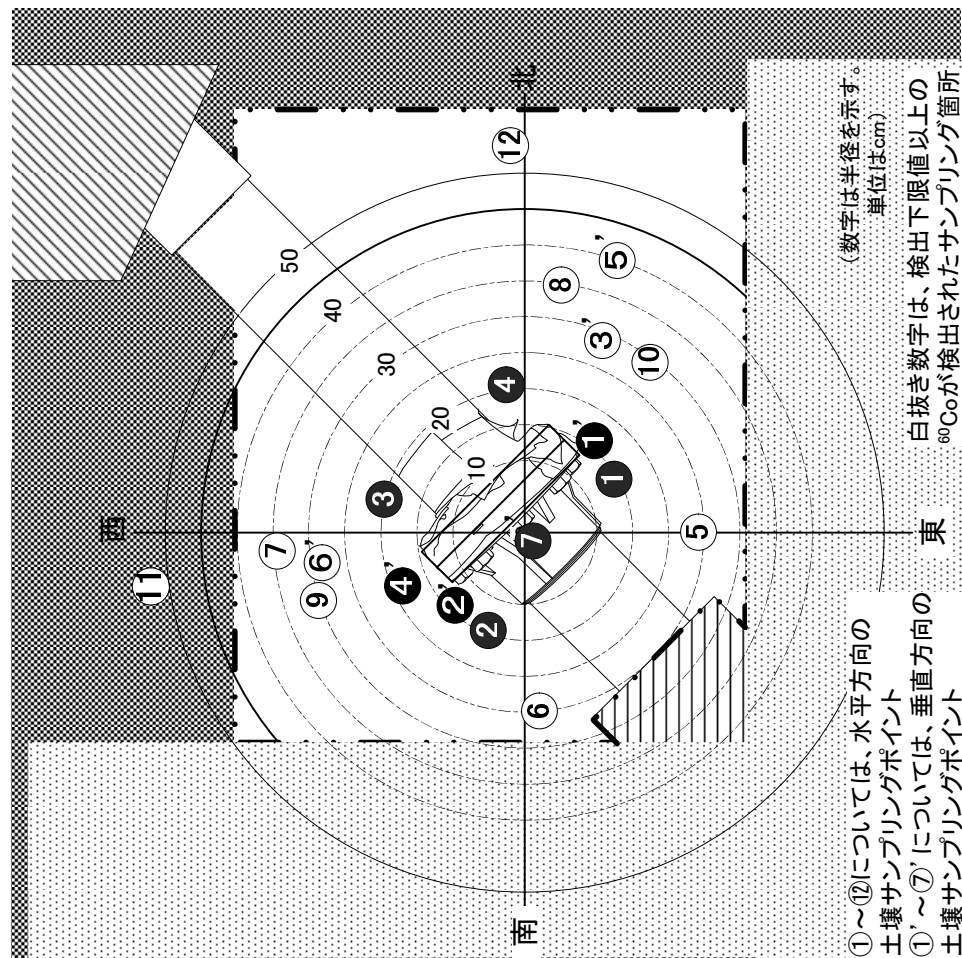


図20 基準面表面層のサンプリング結果

基準面は、地表面から約1m掘削した面
二点鎖線内の白抜き部分の土壌を撤去

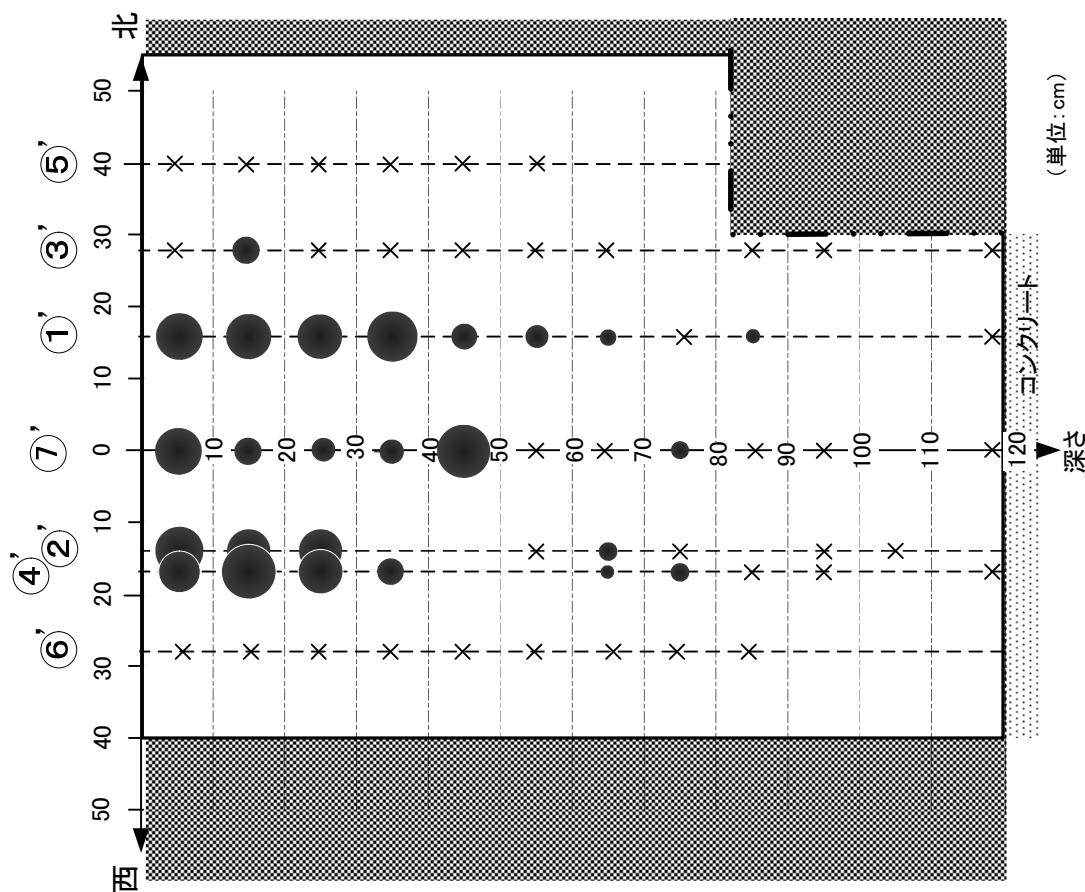


図21 垂直方向のサンプリング結果

深さ0cmは、地表面から約1m掘削した基準面
二点鎖線内の白抜き部分の土壌を撤去
●は、検出下限値以上の ^{60}Co が検出されたサンプリング箇所、面積は濃度に比例。
×は、検出下限値未満

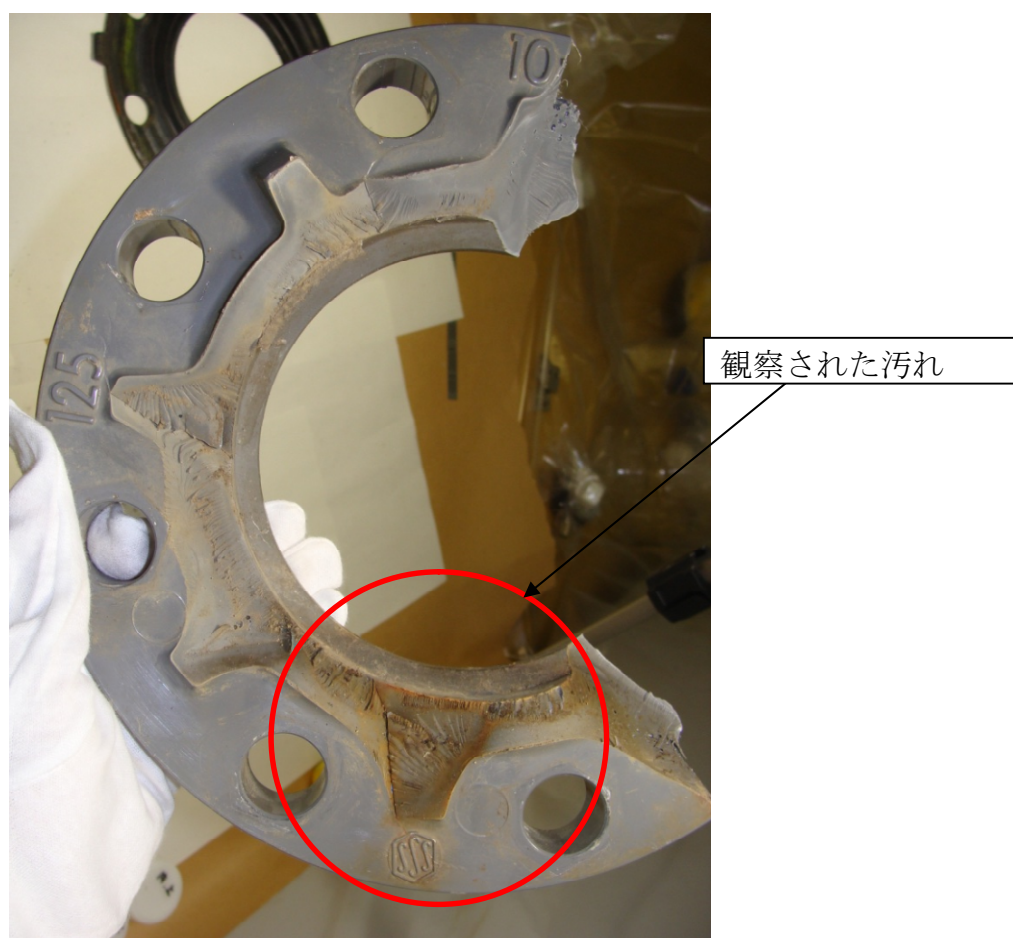
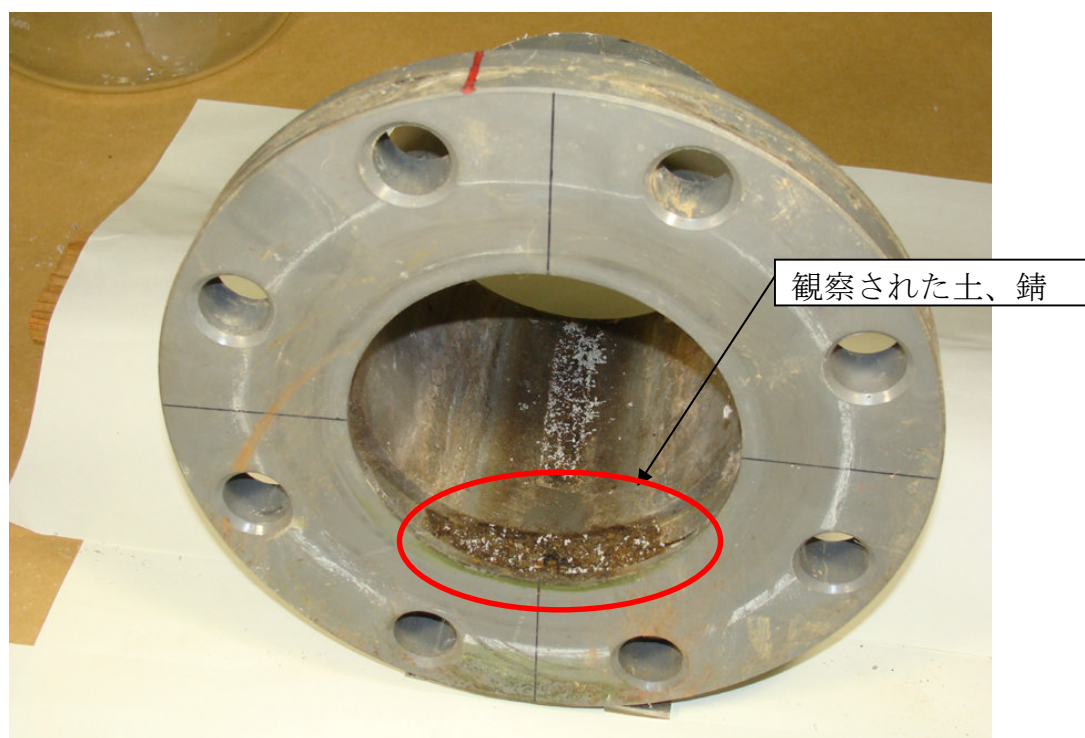


図22 フランジ切断後に観察された内面及びき裂面の状態