

裾野市事故調査委員会 御中

ニッセー防災株式会社
日本ドライケミカル株式会社

裾野市民文化センター殿 開放型スプリンクラー設備現場検証実施報告書（その2）

貴委員会宛 2023年3月1日付報告書に基づき貴委員会と協議の上、追加で調査検証を行った結果について以下の通りご報告申し上げます。

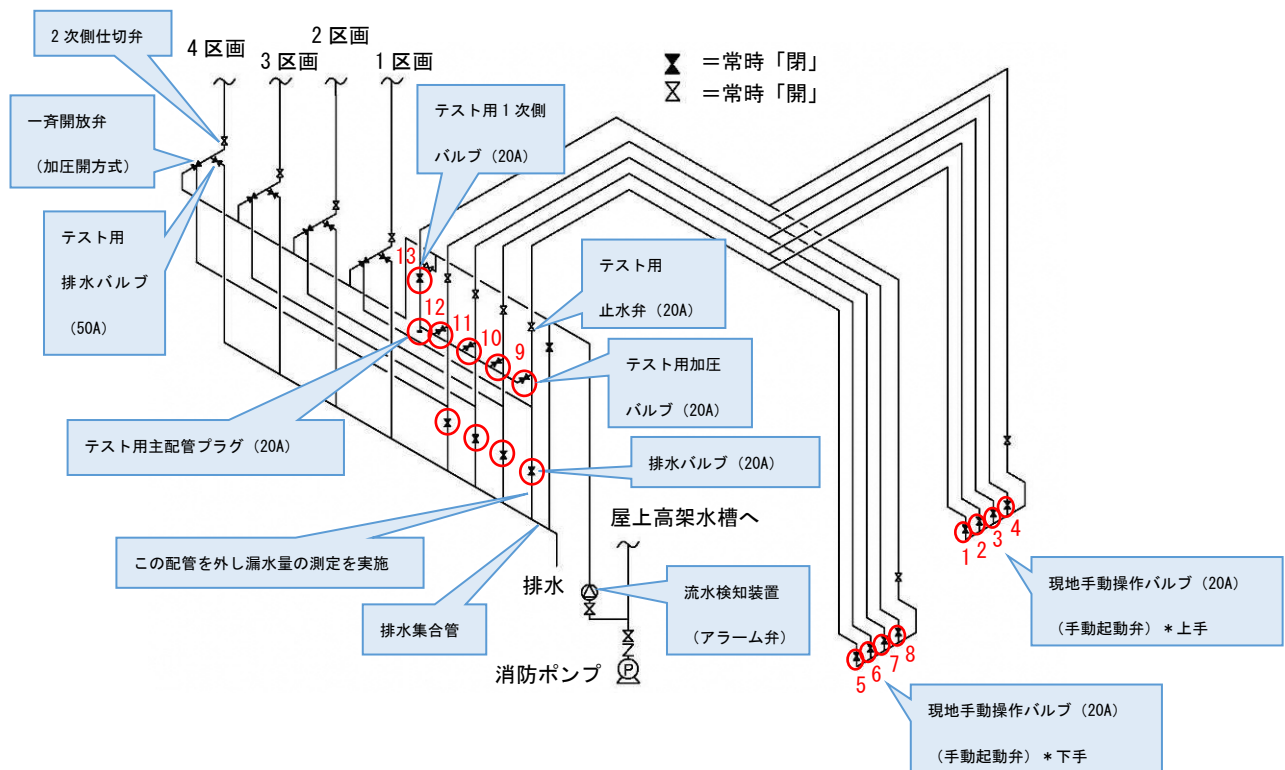
なお、追加調査は前記報告書の8. 今後のご提案の（ア）メーカー調査、（イ）現場での漏水調査の両方を実施しております。

（ア）現地より回収した手動起動弁（ボール弁）とテスト用1次側バルブ（仕切弁）及びテスト用加圧バルブ（仕切弁）の当該品製造会社である株式会社キッツ殿（以下、KITZ社と記す）による漏水調査と分解調査

（イ）2023年3月15日から4月15日の期間に現地で実施した、4系統の排水バルブ（20A）及びテスト用主配管からの排水調査

1. 開放型スプリンクラー設備概略図

- ・ 今回の調査に関連するバルブ類の設置状況は下図の通りです。
- ・ ○印は今回の調査箇所で、番号はKITZ社における調査用に付した番号です。



2. 配管の排水量調査

2023年3月15日から4月15日の期間に4系統の排水バルブ（20A）及びテスト用主配管からの排水量の調査を実施しました。系統1～4に付きましては現地手動弁、テスト用1次側バルブ及びテスト用加圧バルブの配管からの排水量、テスト用主配管プラグはテスト用1次側バルブからの排水量となります。

調査の結果は下表の通り排水が確認されなかった期間もありましたが、全系統からの排水を確認しました。系統1～4の排水量が多かったのは2月22日に楽団様の現地調査時に現地手動弁を用いた試験を行ったことによる溜水などが影響している可能性も考えられます。

また、誤放水が発生する前までの定期点検において、点検開始前に毎回実施していた排水バルブからの排水確認作業（排水音の有無により確認）では、排水音は確認されませんでした。

単位：ml

| 系統 | 3月15日 | 3月23日 | 3月30日 | 4月6日 | 4月13日 | 4月15日 | 合計 |
|----------------|----------------|-------|----------------------------------|------|-------|-------|-------|
| 1 | 120 | 50 | 0 | 100 | 80 | 70 | 300 |
| 2 | 140 | 100 | 100 | 60 | 140 | 50 | 450 |
| 3 | 220 | 200 | 150 | 70 | 200 | 60 | 680 |
| 4 | 200 | 150 | 1,655 | 350 | 110 | 0 | 2,265 |
| テスト用主配管 プラグ | 160 | | | | | 250 | 250 |
| 備考 | 開始前の状態を参考として記録 | - | 系統4は引っ張られるようにポコポコと音を立てながら排水が継続した | - | - | | |

（補足説明）

- ・テスト用主配管プラグは各系統の漏れ量の測定に影響があるため、定期調査時は測定せず、最終日のみの測定としました。
- ・系統1～4の排水量は、各系統の排水バルブ（20A）から排水集合管の間の配管を外して測定しました。
- ・3月15日の数値は本調査開始時に参考として測定した結果を記載しています。（2月22日の楽団様の現地調査から3月15日までの21日間の合計値）
- ・合計は3月15日から4月15日までの31日間の合計排水量を記載しています（3月15日欄に記載の数値は含まず）。

3. 加圧配管長の実測

3月30日に手動起動弁からの配管を含め加圧配管長を実測しました。加圧配管は4系統分並んで敷設されており、下手側立ち上がりを除き、目視で確認出来ました。測定はコンベックス、レーザー測定器を使用し実施しました。

下手側ポンプ室天井～3階投光器室前室の床までの配管は視認できなかったため、その分は投光器室の床から1階床面までをレーザーで測定（投光器室から舞台側床をレーザー測定）し、ポンプ室の床～天井までの高さを差し引きして算出しました。

調査結果は総配管長 76.9m、充水されていないと思われる縦配管（加圧配管の最上部から一斉開放管まで）が 20.55m、横引き配管が 13.7m で合計 34.25m でした。（横引き配管は全長の半分が充水されていないと想定して計算しています）

この充水されていないと想定した配管長 34.25m の配管容積は 12.55L となり、前回の報告書で仮

定した配管長 50m、配管容積約 18L より小さい値となりました。(SGP20A の内径 21.6mm から計算しています。)

上記想定配管長における、前回の報告書 7. (ウ) にも記載した、一斉開放弁が 0.3 又は 0.4MPa で作動する場合の必要充水量は下表の通りです。

| 一斉開放弁作動圧力 | 必要充水量① | 想定配管長/容積 | 必要充水量② |
|-----------|--------------|---------------|----------------------|
| 0.3MPa | 加圧配管容積の約 3/4 | 34.25m/12.55L | 12.55L × 3/4 = 9.4L |
| 0.4MPa | 加圧配管容積の約 4/5 | 34.25m/12.55L | 12.55L × 4/5 = 10.0L |

4. 現地回収品の漏水調査と分解調査

現地より回収した手動起動弁（ボール弁）とテスト用 1 次側バルブ（仕切弁）及びテスト用加圧バルブ（仕切弁）を当該品製造会社である KITZ 社に依頼し、調査を 2 回実施して頂きました。

- ① 現地から回収した全てのバルブの漏水調査を実施しました。

（報告書 No.）202304-087

（表 題）ボール弁及び仕切弁の内部漏れに関する調査報告

（調査実施日）2023 年 4 月 26 日

- ② 上記①の調査で漏水を確認したバルブ及び漏水が確認できなかったバルブ（バルブ No.12 仕切弁）について、弊社及び貴委員会近藤委員長立会いの下、再度の漏水調査と分解調査を実施しました。なお、前回の調査で漏れが確認できなかった手動起動弁（ボール弁）の再調査は実施していません。

（報告書 No.）202304-087-1

（表 題）裾野市文化センター向けスプリンクラー制御弁の立会い報告書

（調査実施日）2023 年 5 月 12 日

- ・本報告書は、KITZ 社の報告書から抜粋しているため、詳細は添付した KITZ 社の報告書をご確認ください。

4-1. 漏水調査の試験条件

調査は、JIS B2003 バルブの検査通則に基づき以下の水圧で実施しました。

| 対象バルブ | 水圧 1 *誤放水事故当日の圧力値 | 水圧 2 *ポンプアップした直後の圧力値（ポンプ締切圧） | 水圧 3 *メーカー保証値 |
|--------------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------|
| 手動起動弁（ボール弁） No. 1～8 8 個 | 0.64MPa | 0.85MPa | 1.10MPa |
| テスト用加圧バルブ（仕切弁） No. 9～13 5 個 | 0.57MPa | 0.78MPa | |

4-2. 現地から回収した全てのバルブの漏水試験結果

手動起動弁（ボール弁）は現地で取り外し後、弁を開けた状態にして KITZ 社に引き渡しました。
仕切弁は現地で取り外したままの状態でも KITZ 社に引き渡し、そのままの弁開度で試験を実施しました。

試験の結果は下表の通り、手動起動弁 1 個（下手系統 2）及びテスト用加圧バルブ 4 個（系統 4 以外の全て）で漏れが確認されました。

単位：ml/15s

| No | 調査品 | 水圧 1 * 誤放水当日圧力 | 水圧 2 * ポンプ締切圧 | 水圧 3 * メーカー保証値 |
|----|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 手動起動弁（ボール弁）上手系統 1 | 漏れなし | 漏れなし | 漏れなし |
| 2 | 手動起動弁（ボール弁）上手系統 2 | 漏れなし | 漏れなし | 漏れなし |
| 3 | 手動起動弁（ボール弁）上手系統 3 | 漏れなし | 漏れなし | 漏れなし |
| 4 | 手動起動弁（ボール弁）上手系統 4 | 漏れなし | 漏れなし | 漏れなし |
| 5 | 手動起動弁（ボール弁）下手系統 1 | 漏れなし | 漏れなし | 漏れなし |
| 6 | 手動起動弁（ボール弁）下手系統 2 | 0.13 | 0.25 | 0.25 |
| 7 | 手動起動弁（ボール弁）下手系統 3 | 漏れなし | 漏れなし | 漏れなし |
| 8 | 手動起動弁（ボール弁）下手系統 4 | 漏れなし | 漏れなし | 漏れなし |
| 9 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 1 | 0.30 | 0.45 | 0.45 |
| 10 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 2 | 2.50 | 5.00 | 3.00 |
| 11 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 3 | 0.50 | 0.20 | 0.08 |
| 12 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 4 | 漏れなし | 漏れなし | 漏れなし |
| 13 | テスト用一次側バルブ（仕切弁） | 10.00 | 5.00 | 7.00 |

（補足説明）

- ・検査時間は「JIS B2003 バルブの検査通則」の「9.2 弁箱耐圧検査」により 15 秒に換算しています。

4-3. テスト用バルブ（仕切弁）の締め付け状態の確認

テスト用バルブ（仕切弁）において誤放水が発生していない系統 2 の漏れ量が一番多かったことから、再度の漏水試験を行う前にバルブの締め付け状態の確認をしました。

確認の結果、テスト用バルブの系統 4 以外は十分に締まった状態ではないことが確認されました。これは現地でバルブを取り外した際及び輸送の際等にバルブが緩んだと考えられます。

| No | 調査品 | 入庫時 弁座締付トルク (N・m) | 増し締め時 弁座締付トルク (N・m) |
|----|--------------------|----------------------|------------------------|
| 9 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 1 | 9.1 | 14.0 |
| 10 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 2 | 3.5 | 15.0 |
| 11 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 3 | 10.0 | 14.2 |
| 12 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 4 | 12.2 | 12.5 |
| 13 | テスト用一次側バルブ（仕切弁） | 8.0 | 11.5 |

（補足説明）

- ・入庫時の弁座締付トルク測定は、操作ハンドル軸に印を付けた後にバルブを開放し、操作ハンドル軸にトルクレンチを固定して、開放前に付けた印まで締め付けた時の測定値です。

- ・増締時の弁座締付トルク測定は、操作ハンドルを検査員が手で強く締め込み、その後に操作ハンドル軸に印を付けた後にバルブを開放し、操作ハンドル軸にトルクレンチを固定して、開放前に付けた印まで締付けた時の測定値です。

4-4. 漏水試験で漏水した調査品の再試験

前回の試験で漏れが確認された手動起動弁の下手系統 2 及びテスト用バルブ全数の漏れ試験を再度実施しました。なお、仕切弁は、上記 4-3 に記載の増し締めした後に実施しています。

試験の結果は下表の通り、手動起動弁は漏れが確認されませんでした。テスト用加圧バルブの系統 4 は前回と同様漏れは確認されませんでした。他のテスト用バルブは前回同様に漏れが確認されましたが、前回よりも漏れ量は減少しました。

単位：ml/15s

| No | 調査品 | 水圧 1 *誤放水当日圧力 | 水圧 2 *ポンプ締切圧 | 水圧 3 *メーカー保証値 |
|----|--------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 6 | 手動起動弁（ボール弁）下手系統 2 | 漏れなし | 漏れなし | 漏れなし |
| 9 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 1 | 0.17 (0.30) | 0.38 (0.45) | 0.70 (0.45) |
| 10 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 2 | 0.04 (2.50) | 0.04 (5.00) | 0.04 (3.00) |
| 11 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 3 | 0.08 (0.50) | 0.13 (0.20) | 0.23 (0.08) |
| 12 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 4 | 漏れなし | 漏れなし | 漏れなし |
| 13 | テスト用一次側バルブ（仕切弁） | 4.50 (10.00) | 7.00 (5.00) | 9.00 (7.00) |

(補足説明)

- ・KITZ 社の報告書では、検査時間は 60 秒に換算して記載されていますが、本報告書では前回の結果と比較するため 15 秒に再換算して記載しています。
- ・括弧内の数値は前回の試験時の漏れ量を記載しています。前回よりも漏れ量が多くなった箇所を黄色で着色しています。

4-5. 弁座シート面の洗浄後の漏水試験

漏れの要因として異物の噛み込みの可能性があるため水で洗浄した後に漏れ試験を実施しました。

試験はテスト用加圧バルブの系統 2、3 (No.10,11) 及びテスト用一次側バルブ (No.13) の 3 個をメーカー保証値の水圧 3 (1.10MPa) で実施しました。

試験の結果は下表の通り No.13 以外は洗浄前よりもかなり多い漏れ量となりました。これは洗浄によりバルブシート面に付着していた異物が除去されたことによるものと考えられます。No.13 に関しては洗浄前から多い漏れが確認されていることから状況に変化がなかったものと考えられます。

単位：ml/15s

| No | 弁座締付トルク N・m | | | | | (参考) 洗浄前 |
|----|-------------|------|------|------|------|-------------|
| | 3.5 | 10.0 | 11.5 | 14.2 | 15.0 | |
| 10 | 4.90 | - | - | - | 0.56 | 0.04 |
| 11 | - | 2.50 | - | 2.00 | - | 0.23 |
| 13 | - | - | 7.50 | - | - | 9.00 |

(補足説明)

- ・KITZ社の報告書では、検査時間は60秒に換算して記載されていますが、本報告書では前回の結果と比較するため15秒に再換算して記載しています。

4-6. 分解調査

今回の調査で漏れがあったバルブの内、誤放水が発生した系統のテスト用加圧バルブの系統1 (No.9) 及び系統3 (No.11) と前回の調査で漏れがあったが今回の調査では漏れがなかった手動起動弁の下手系統2 (No.6) 及び今回の調査で漏水がなかったテスト用加圧バルブの系統4 (No.12) に対して分解調査を実施いたしました。

調査結果は下表の通り、手動起動弁（ボール弁）の弁座シートには損傷がなく、テスト用加圧バルブ（仕切弁）の弁座シート面には損傷が確認され、損傷と漏れ箇所が一致することから、これが漏れの原因と考えられます。

| No | 調査品 | 弁座シート面 | 損傷と漏れ箇所の位置関係 |
|----|-------------------|--------|--------------|
| 6 | 手動起動弁（ボール弁）下手系統2 | 損傷なし | - |
| 9 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統1 | 損傷あり | 漏れ箇所に一致する位置 |
| 11 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統3 | 損傷あり | 漏れ箇所に一致する位置 |
| 12 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統4 | 損傷あり | - |

(表中の補足説明)

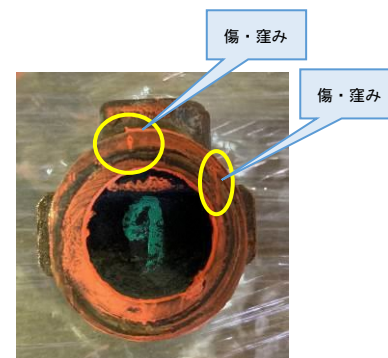
- ・損傷（傷・窪み）は、目視及び新明丹で確認いたしました。
- ・新明丹は赤色の粉末状のもので、バルブの弁体に塗布し、バルブを開閉することにより弁体の当たり（密封状態）を確認することができます。



(新明丹)



(塗布直後)

(弁体下流側の
当たり確認後後)

5. 考察

5-1. 一斉開放弁が作動するために必要な充水量について

現地手動起動弁からの配管を含め加圧配管長を実測した想定配管長の場合、一斉開放弁の作動圧力になる必要水量は0.3MPaの場合に9.4Lとなります。この量を点検から誤放水が発生した131日で単純に計算すると**71.8ml/日**となります。これ以上の量の水が加圧配管に漏れた場合に一斉開放弁が作動する恐れがある事になります。(加圧配管側に漏れた際の加圧配管内の圧力上昇を勘案した場合は**80ml/日**となります。)

| 一斉開放弁作動圧力 | 必要充水量① | 想定配管長/容積 | 必要充水量② |
|-----------|--------------|---------------|---------------------|
| 0.3MPa | 加圧配管容積の約 3/4 | 34.25m/12.55L | 12.55L × 3/4 = 9.4L |

5-2. 現地調査結果からの考察

上記を踏まえ現地で調査を行った系統 1～4 のテスト用加圧バルブ及びテスト用主配管プラグからの排水量を1日あたりに計算した結果は以下の通りとなり、系統 1～4 のテスト用加圧バルブが直接加圧配管に接続された（テスト用 1 次側バルブが無い）と想定しても 131 日では一斉開放弁は作動しないと考えられます。（現地ではテスト用加圧バルブはテスト用 1 次側バルブの 2 次側に接続されており、テスト用 1 次側バルブの漏れの時間を勘案する必要があります。）

なお、テスト用主配管プラグからの漏れが、系統 1～4 の漏れに影響をしますが、何れの系統の排水量もテスト用主配管プラグからの排水量よりも大きいことや期間中に排水がなかった系統があることから、系統 1～4 の排水は 2 月 22 日に行われた楽団様の現地調査などによる溜水が影響していることも考えられます。

単位：ml/日

| 系統 | 3/15～3/23 8 日間 | 3/23～3/30 7 日間 | 3/30～4/6 7 日間 | 4/6～4/13 7 日間 | 4/13～4/15 2 日間 | 3/15～4/15 31 日間 |
|----------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 6.3 | 0.0 | 14.3 | 11.4 | 35.0 | 9.7 |
| 2 | 12.5 | 14.3 | 8.6 | 20.0 | 25.0 | 14.5 |
| 3 | 25.0 | 21.4 | 10.0 | 28.6 | 30.0 | 21.9 |
| 4 | 18.8 | 236.4 | 50.0 | 15.7 | 0.0 | 73.1 |
| テスト用主配管 プラグ | | | | | | 8.1 |

(補足説明)

- 各系統の最大値を朱書きにしています。

5-3. KITZ 社における調査からの考察

漏水試験の結果、手動起動弁（ボール弁）からの漏れは初回に下手系統 2 で確認されたものの、同バルブは 2 回目の試験では漏れが無かったこと、分解調査による弁座シート面に損傷が確認されなかったこと及び系統 2 は今回の誤放水とは直接関係がないことから、今回の考察からは除外します。

一方、テスト用加圧バルブ（仕切弁）の系統 1～3 及びテスト用 1 次側バルブ（仕切弁）については漏水試験により漏れが確認され、また、分解調査を行ったテスト用加圧バルブ（仕切弁）の系統 1 と 3 の弁座シート面に損傷が確認されたことから、これらのバルブからの漏れはあったと考えます。この弁座シート面の損傷は、誤放水当日に確認された大量の砂のようなものによる影響が考えられます。

テスト用バルブの漏れ量を 1 日あたりに計算した結果は以下の通りとなり、現地調査に比べ大幅に大きい値となっており、テスト用一次バルブからテスト用加圧バルブの系統 1～3 を通じて加圧配管に下表の量の漏れが生じた場合、131 日以内に一斉開放弁が作動する可能性があると考えられます。

なお、現地調査との値が大きくなっている要因として KITZ 社からの見解は以下の通りとなっており、当社としてもバルブ取り外し後にバルブ内が乾燥し、弁座シート面のシール性が低下したことも要因として考えています。

- ・バルブの二次側が解放されている（閉塞していない）
- ・現地調査以降の取り外し、輸送、作動などによってキズの程度が悪化した
- ・現地調査時は異物を噛んだ状態であったが、その後の取り外し、輸送、作動などにより異物が除去されキズがあらわになった

なお、バルブの弁座シート面を損傷させた時期や原因（異物など）は特定することは出来ませんでした。

単位：ml/日

| No | 調査品 | 水圧 1：0.57MPa *誤放水当日圧力 | 水圧 2：0.78MPa *ポンプ締切圧 | 水圧 3：1.10MPa *メーカー保証値 |
|----|--------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 9 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 1 | 950 | 2,160 | 4,032 |
| 10 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 2 | 245 | 245 | 245 |
| 11 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 3 | 475 | 720 | 1,339 |
| 12 | テスト用加圧バルブ（仕切弁）系統 4 | 漏れなし | 漏れなし | 漏れなし |
| 13 | テスト用一次側バルブ（仕切弁） | 25,920 | 40,320 | 51,840 |

5-4. 考察まとめ

バルブの漏れ量については、現地調査の結果と KITZ 社の調査結果に大きな差がありますが、バルブが設置された状態で測定した現地調査の結果が誤放水当日に近い状況であったと考えます。

しかしながら、KITZ 社の分解調査においてテスト用加圧バルブの系統 1 と 3 に損傷が確認されたこともあり、特定するには至っておりません。

なお、一斉開放弁が作動するために必要な 1 日あたりの充水量は点検から誤放水が発生した 131 日では 71.8ml/日ですが、点検は 6 か月ごと実施していますので、仮に 183 日とすると 51.4ml/日となります。何れの値も KITZ 社での漏水試験において一番多くの漏れが確認されたテスト用 1 次側バルブの現地調査結果（テスト用主配管プラグからの漏れ量）である 8.1ml/日よりも大きく、この量では 183 日後の圧力上昇は約 0.013MPa と一斉開放弁が作動する圧力 0.3Mpa には及びません。

6. 添付資料

- ① 裾野市民文化センター殿 開放型 SP 漏水状況確認手順・記録表
- ② 工事写真帳 開放型スプリンクラー設備バルブ漏水調査（排水確認作業）
- ③ 工事写真帳 開放型スプリンクラー設備バルブ交換工事～メーカー調査
- ④ KITZ 社 製品調査報告書
（報告書 No.） 202304-087
（表 題） ボール弁及び仕切弁の内部漏れに関する調査報告
（報告書日付） 2023 年 4 月 26 日
- ⑤ KITZ 社 裾野市文化センター向けスプリンクラー制御弁の立会い報告書
（報告書 No.） 202304-087-1
（報告書日付） 2023 年 6 月 1 日

以 上