

＜ 社外持出禁止 ＞

省エネ型給水方式に関する委託研究

報告書

平成 29 年 12 月 25 日

給水システム協会

目次

	頁
1. 委託研究の目的	2
（1）委託試験の工程	2
2. 委託研究の内容	3
（1）事前調査	3
（2）事前調査のまとめ	5
（3）モデル配管	8
（4）安定給水の目安（数値化）	13
（5）基礎実験	14
（6）実験概要	16
（7）実験手順	22
（8）実験結果	37
①実験1	37
②実験2	49
③実験3	50
④実験4	52
⑤実験5	54
⑥実験6	59
⑦実験7	62
⑧実験8	64
（9）追加実験	66
（10）追加実験結果	69
①追加実験1	69
②追加実験2	72
③追加実験3	75
（11）実験のまとめ	80
（12）委託研究のまとめ	88
（13）使用した実験機器類など	91
3. 巻末添付資料	資料-1
・事前調査記入用紙・回答結果	資料-2
・実験棟モデル配管画像	資料-20
・実験画像	資料-24
・東京水道サービス株式会社様 御立会い実験	資料-27
・減圧弁作動原理	資料-28
・東京都水道局基準（抜粋）、ベターリビング基準（抜粋）	資料-35

省エネ型給水方式に関する委託研究

報告書

1. 委託研究の目的

本研究は東京都内の中高層集合住宅における直結増圧給水方式において、安定給水状態であることを前提として、上層階部分に設置する減圧弁の必要性について実験を行うものである。

実験を行うにあたり、事前に都内の中高層集合住宅における給水方式、給水圧及び増圧ポンプの選定方法などについて、関係企業、メーカーなどへ聞き取り調査を実施のうえ、その調査結果を基に実験条件の設定及びモデル配管を設置し、より消費電力が少なく経済性に優れた安定給水方式を見出すことを目的とする。

(1) 委託研究の工程

1) 事前調査の実施

本研究では実態に基づいた実験を行う必要があるため、東京都内の集合住宅の配管状況、給水圧、減圧弁及び増圧ポンプの設置状況などの実態について詳細に事前調査を行う。

2) 実験条件の設定・モデル配管の設置

実施した事前調査を基に、実験条件を設定し、実験棟（10 頁参照：前澤給装工業(株)・福島工場内）にモデル配管を設置する。

3) 安定給水の目安（数値化）及び基礎実験

実験では、「安定給水状態」を判断するための指標が必要であり、事前調査の結果、及び事業者などの各基準を基に「安定給水の目安」となる数値を設ける。

また「安定給水の目安」として設定した数値を用いて、実験で使用感を確認し、設定数値の検証を行う。

4) 実験の項目

実験は以下の項目とする。（16 頁参照）

- ① 安定給水状態の検証実験
- ② 事前調査の結果を基にした条件での電力消費量の比較実験
- ③ 給水圧力が変動した状態での安定給水の実験

5) 委託研究のまとめ

実験により、消費電力が少なく経済性に優れた安定給水方式を見出す。

2. 委託研究の内容

(1) 事前調査

1) 調査方法

- ・ 調査は給水システム協会技術委員が行う。
- ・ 調査員は相手方に対して調査の目的と得られた情報の用途、取扱について十分に説明を行う。
- ・ 別紙記入用紙に基づきヒアリングを行い、調査員が記入する。

2) 調査対象

対象となる建物は、居住を目的とした中高層建物とし、直結直圧方式、増圧直結方式（中間階での増圧を含む）の建物を対象とする。

3) 調査項目

①給水圧について

- ・ 直結直圧給水又は増圧直結給水についての判断基準
- ・ 配水圧に対する増圧ポンプの設定圧
- ・ 最上階の給水管圧力の設定に対する増圧ポンプ設定圧
- ・ 水圧について顧客からの要望の有無

②減圧弁の設置基準について

- ・ 減圧弁の設置理由、減圧弁設置階数の判断基準、水圧設定の判断基準など

③増圧ポンプについて

- ・ 増圧ポンプの選定方法・基準、メーカー、設定圧・給水量の決定方法

④配管状況について

- ・ 階数と間取り、総給水栓数
- ・ 立上り管（以下、立管）の口径、配管形態（同径配管、タケノコ配管）
- ・ 立管の材質（SGP、SUS、他）
- ・ 取出し給水管（以下、取出し管）の材質、口径、配管長さ
- ・ 立管からの分岐方式
- ・ 各戸横引き配管の工法（先分岐工法・ヘッダー工法）
- ・ 建物配管全体図

4) 調査対象企業など

調査機関は以下の企業などとした。

- ・ UR 都市機構
- ・ ゼネコン企業
- ・ ポンプメーカー
- ・ 財団法人 ベターリビング (BL)

ヒアリング調査の期間

- | | |
|---------|---------------------|
| 3 月 | : ポンプメーカー |
| 4 月 | : ゼネコン企業 |
| 5 月～6 月 | : ゼネコン企業 |
| | : UR 都市機構 |
| | : 財団法人 ベターリビング (BL) |

5) 記入用紙

調査用の記入用紙と、調査対象企業などからの回答結果は、巻末（資料-2～資料-19頁）に添付する。

(2) 事前調査のまとめ

調査した結果を「表1」-1 から「表1」-3 に示す。

「表1」-1 <調査結果1>

調査項目	調査内容	調査結果（アンケート・ヒアリング・配管調査）まとめ
配管状況	調査階数	・ 6～8 階
	間取り	・ 1LDK～3LDK（1LDK 規模が多い）
	部屋数	・ 5～6 階 ： 50 部屋以下が多い
	戸内の給水器具数	・ 5 栓+給湯器が多い
	立管の口径、配管形態	全てタケノコ配管 基部 40mmの場合 都住：40mm-25mm-吸排気弁 20mm 民間：40mm-32mm-25mm-吸排気弁 20mm ※タケノコ理由としてコスト面のメリットがあるが、頂部の管抵抗を検証したいとの意見もあった。
	立管の材質	・ VLP（硬質塩ビライニング鋼管）
	立管からの取出し数	・ 1 戸取出し
	取出し管の材質	・ VLP（硬質塩ビライニング鋼管）
	取出し管の口径	・ 20mm ・ 25mm-20mm
	戸内横引き配管の材質	・ XPEP（架橋ポリエチレン管） ・ PBP（ポリブテン管）
	戸内横引き配管の口径	・ 16mm-13mm（10mm）
戸内の分岐工法	・ 一般的には先分岐工法	

「表 1」-2 <調査結果 2>

調査項目	調査内容	調査結果（アンケート・ヒアリング・配管調査）まとめ
給水方式と増圧ポンプ仕様	配水管の水圧（配水圧）	・ 0.25MPa
	配水圧の変動はどれくらい許容？ また増圧ポンプへの影響は？	・ 概ね±0.05MPa ・ 1次側配管（配水管から増圧ポンプ）が長い場合や、分岐配管などの場合水圧が変動し、増圧ポンプの駆動が不安定になり安定給水できなくなる。
	増圧ポンプの水圧変動は？	通常時 設定圧力の±5%以内 起動・停止時 設定圧力の±20%以内であり、復帰時間は5秒以内であること。
増圧ポンプ選定と増圧ポンプ、減圧弁の設定圧力	・ 給水量の決定方法 ・ 給水量の基準	・ BL 基準：2 栓同時水圧 0.2MPa ：シャワー8L/分、台所4~6L/分以上 ・ 東京都水道局基準 ：居住人数、水栓数などから瞬時最大使用流量を算出。 同時使用率は、給水器具数5~10栓の場合、2~3栓とみる。
	増圧ポンプ出力設定圧力	・ 各戸水道メーター1次側 0.2MPa 確保を基準とし、指定が無い場合、最上階の水道メーター1次側で 減圧弁有：0.25MPa以上 減圧弁無：0.2MPa ※最近の高い水圧を要求される傾向にある。 ・ 設定圧力は、最大設定圧力（PH）と最低設定圧力（PL）の2設定とし、その範囲内で使用流量に応じポンプを駆動させる省エネ駆動方式としている。（動水圧設定差：PH-PL 設定差） ・ PH-PL 設定差は、一般的にはPHに対し15%の差になるようにPLを設定する。 ・ PH-PL 設定差が小： ポンプ回転数が多く省電力が大きいですが、圧力変動が体感しにくい。 ・ PH-PL 設定差が大： ポンプ回転数が少なく省電力が少ないが、圧力変動が体感しやすい。
	上層階の減圧弁の設定圧力	・ 0.2MPa、0.25MPa
	減圧弁設定圧に対し1次側の圧力（差圧）は？	・ 減圧弁の設定圧力 +0.05MPa~+0.1MPa
減圧弁設置理由	増圧直結で全戸に減圧弁を設置する理由は？	・ 圧力変動を安定させ、安定給水状態にするため。 ・ 建物全体の給水圧力の均一化、圧力管理が容易に行えるため。 ・ 増圧ポンプ1次側の圧力変動による増圧ポンプの圧力上下動や、立管内の水撃を緩衝するため。

「表 1」-3 <各基準>

項目	東京都水道局基準 (東京都水道局 工事施工要領)	ベターリビング基準 (BL)
想定世帯人員	1LDK : 1~2 人	参考資料として記載しているが運用していない。
総給水量 (L/分)	居住人員から瞬時最大使用量を次式により算出 Q : 瞬時最大給水量 (L/分) P : 人数 (人) $Q = 0.51 \times P$ 31~200 人 : $Q=15.2P$ 例) 60 人⇒123 L/分	参考資料として記載しているが運用していない。
各水栓の流量 (L/分)	規定無し	2 栓同時水圧 0.2MPa 時 : シャワー8 L/分、台所 4~6 L/分以上
同時使用率を考慮した給水器具数	給水器具数 5 個の場合 同時使用する給水器具数 3 個	規定無し
増圧ポンプの水圧変動	通常時において 1 分間で水圧変動が±5%以内である事 起動・停止時において設定圧力の±30%以内であり、復帰時間は 10 秒以内であること。 (JWWA B130)	通常時において 1 分間で水圧変動が±5%以内である事 起動・停止時 設定圧力の±20%以内であり、復帰時間は 5 秒以内であること。
増圧給水設備の口径別最大供給戸数	縦管 25mm : 8 人又は 9 人 縦管 40mm : 88 人又は 87 人 モデル配管例) 10 人/1 階×6 階=60 人で想定すると 5 階まで 40mm 、6 階を 25mm のタケノコ配管とする。	規定無し

(3) モデル配管

「表1」に示す調査結果や各基準、また実験施設が建物6階相当であることなどを踏まえ、モデル配管を「表2」のように決定し、実験棟に設置する。(モデル配管図：図1から図5)

「表2」 <調査結果からのモデル配管>

調査結果からのモデル配管		
項目	モデル配管・実験条件	設定理由
建物の規模	①一般集合住宅 : 6階建 ②間取り : 1LDK ③1世帯人数 : 2人 ④全体戸数 : 30部屋 (5部屋×6階) ⑤総居住人数 : 60人 (2人×30部屋)	「表1」調査結果1より、間取り1LDKと設定し、都水基準より全体規模を設定する。
給水配管システム	①立管 <ul style="list-style-type: none"> ①-1 同径配管 (VLP) : 口径40mm 1-6階40mm ①-2 タケノコ配管 (VLP) : 口径40mm-25mm 1-5階40mm、5-6階25mm : 吸排気弁 20mm ②取出し管 : 1戸取出し25-20mm (VLP) ③戸内分岐工法 : 先分岐工法 架橋ポリ管16-13mm ④戸内給水器具 : 5栓 (シャワー、台所、洗面、洗濯機、タンクレストイレ)	「表1」調査結果1より設定した。 ※立管は、管頂部の管抵抗を検証するため、同径配管とタケノコ配管の2系統とする。
増圧ポンプ	①1次側圧力設定 (配水圧) : 0.25MPa ②1次側圧力の変動 : 0.1MPa~0.25MPa ③総給水量 : 123L/分 ④動水圧設定差 (PH-PL 設定差) : PHの5%、15%	「表1」調査結果2・各基準より、総給水量を、建物の居住人員60人として算出する。 BP1次側圧の変動は0.07MPa以下ではポンプが停止するため0.1MPa以上とする。 動水圧設定差は5%、15%とする。
減圧弁	①設定圧 : 0.2MPa ②1次側圧力 : 減圧弁の設定圧力+0.05から0.1MPa	「表1」調査結果2減圧弁の設定圧力
水の同時使用	①戸内同時使用 : 最大3栓 (実験は4栓まで行う) ②建物全体での同時使用 : 0%、50% ③建物全体での同時使用の変化 : 0%~50% 50%~0%	「表1」各基準より、建物全体の同時使用率、及び変化率は、0%、50%の2パターンとする。

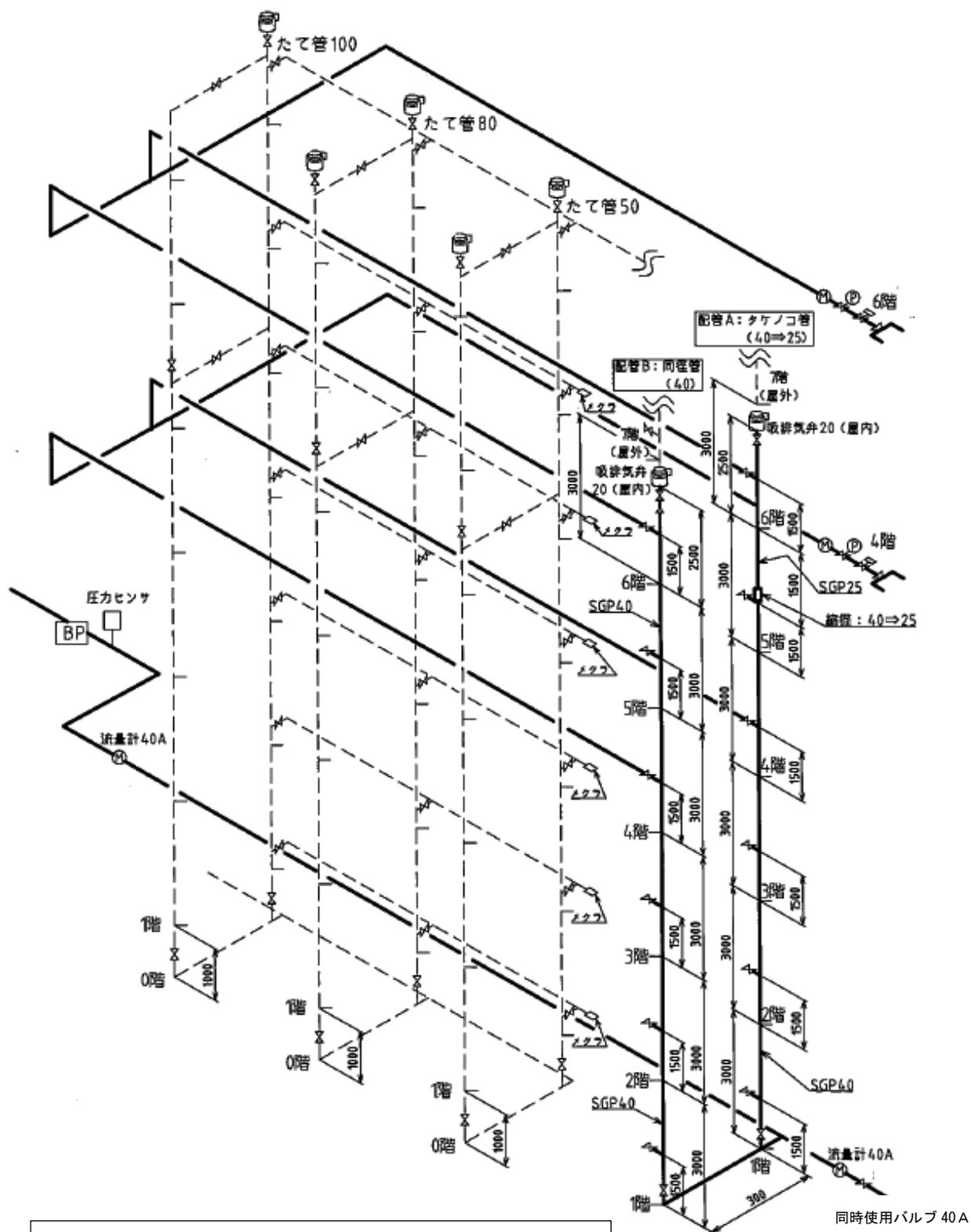


図1 実験棟 モデル配管図 (実験棟全体配管)

取出し管部は、図3・図4参照

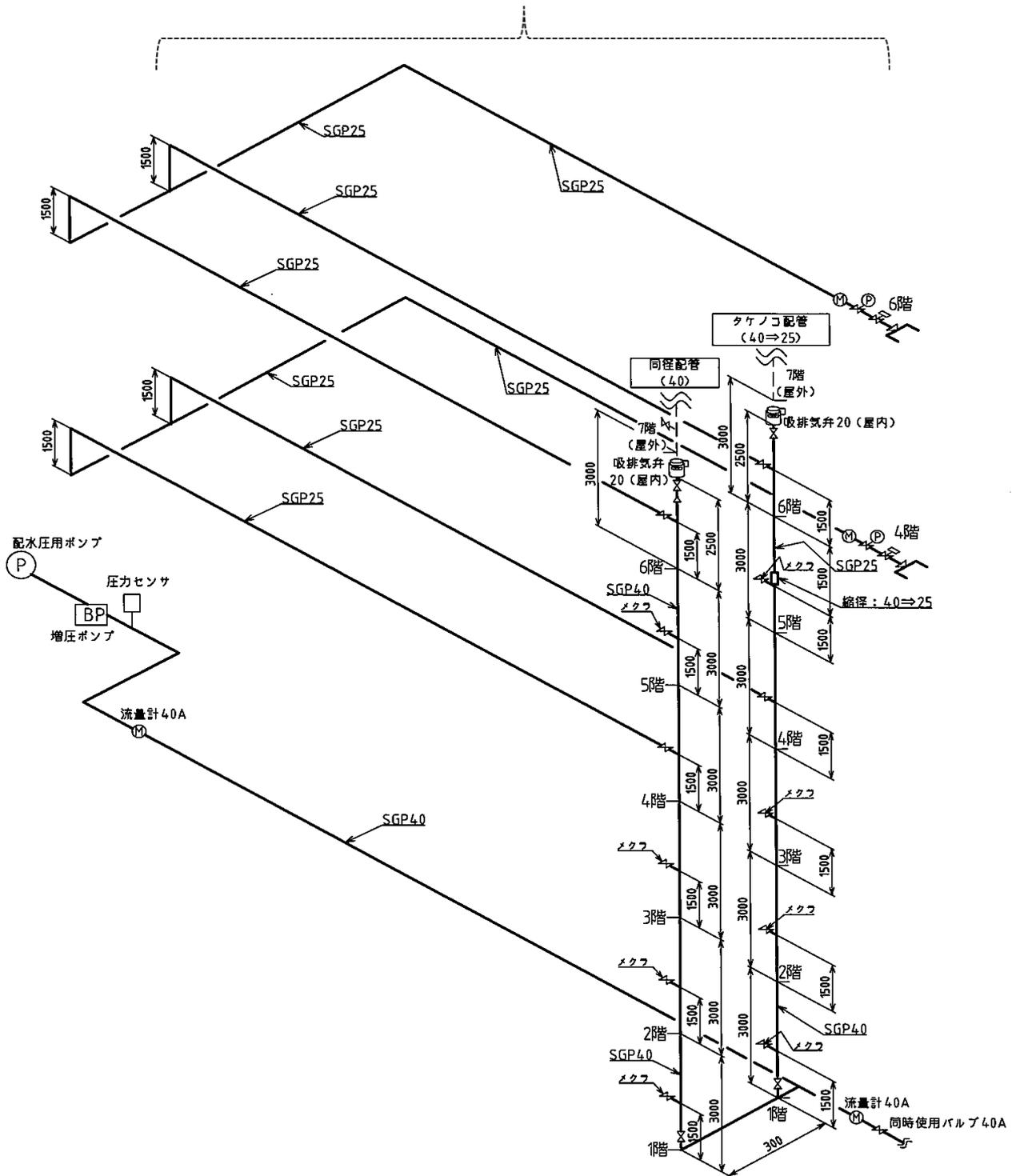


図2 実験棟 モデル配管図 (実験使用配管)

※図1から本実験に使用した配管を示す。

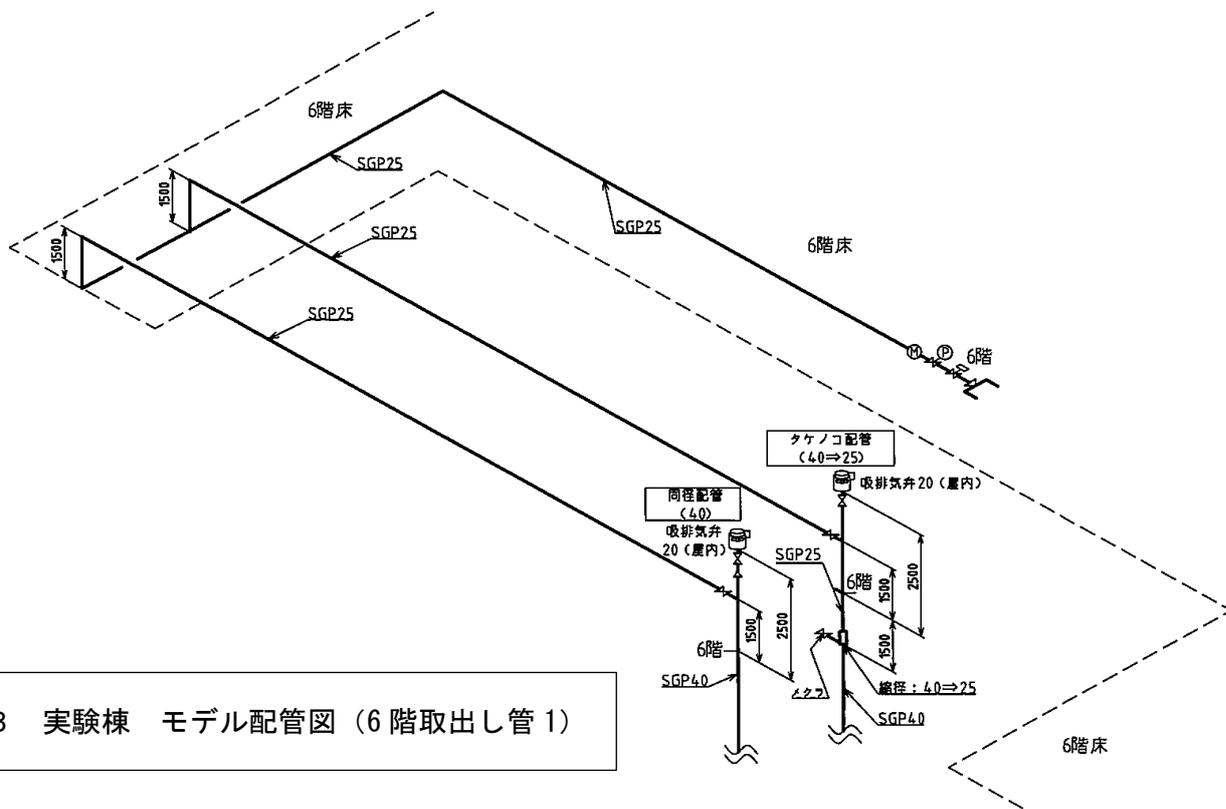


図3 実験棟 モデル配管図 (6階取出し管1)

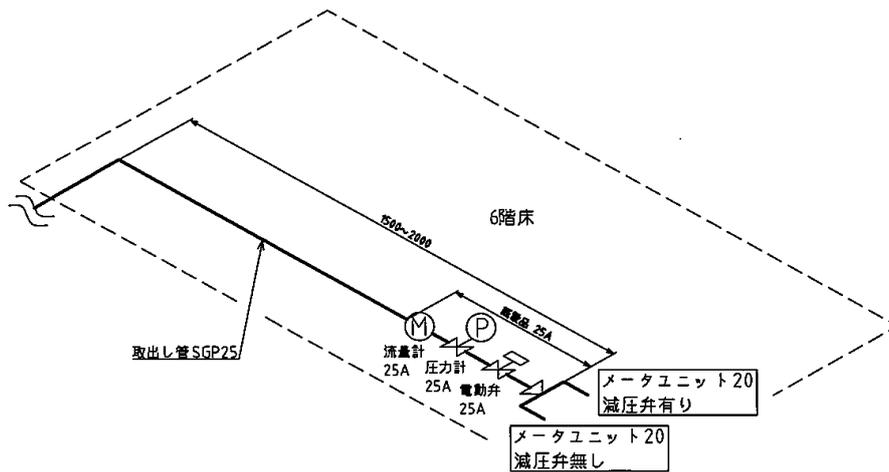


図4 実験棟 モデル配管図 (6階取出し管2)

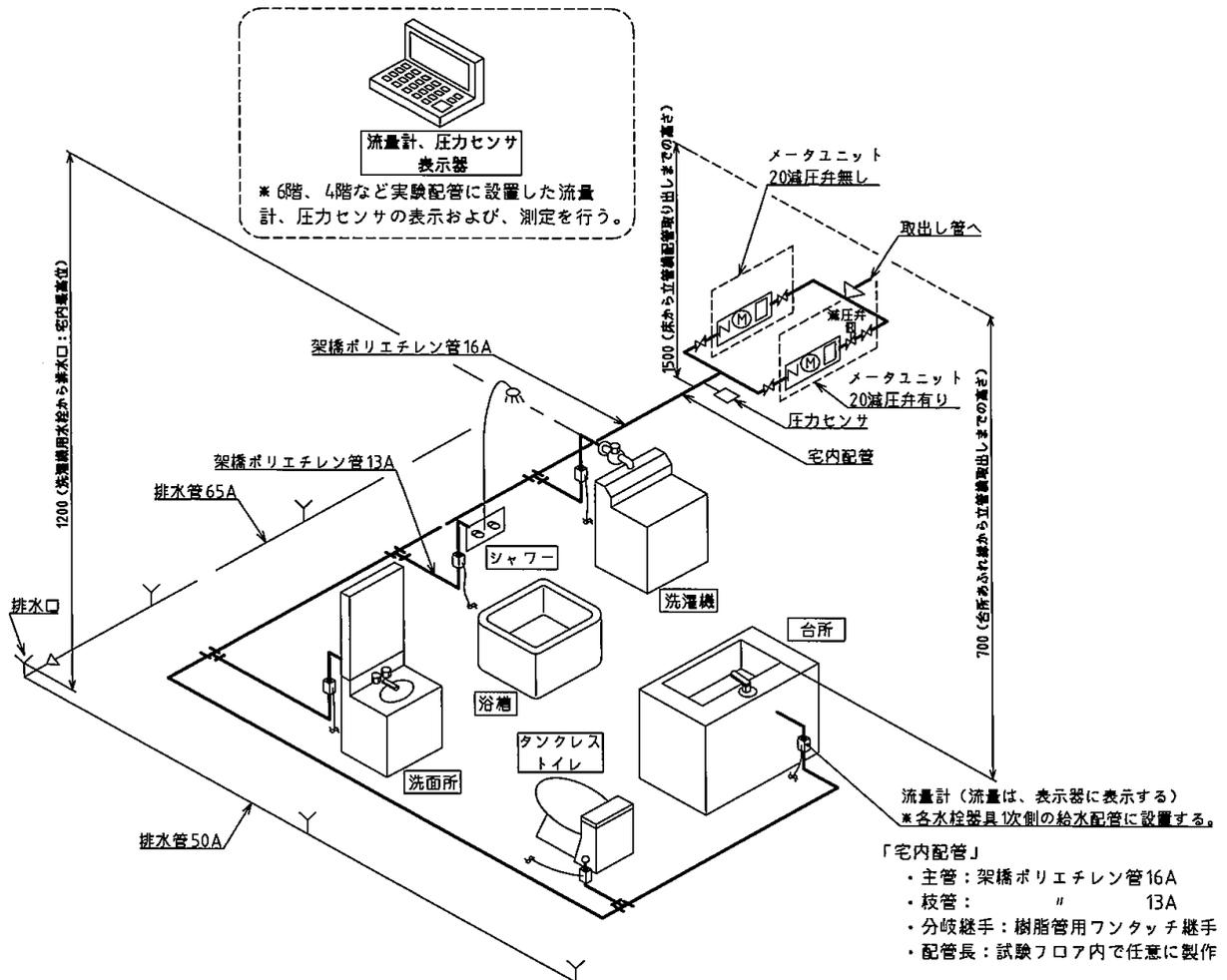


図5 実験棟 モデル配管図（4階、6階配管図）

(4) 安定給水の目安 (数値化)

事前調査の結果、東京都水道局基準・BL 基準、給水器具仕様書から「安定給水の目安」を以下とする。

調査結果からの安定給水の目安

- ① シャワー全開時の通水変動量が2L/分以内であること。
(BL 基準参考)

- ② 通水量は、戸内3栓同時使用(全開)時に、シャワー8L/分以上、台所または洗面台4L/分以上であること。
(東京都水道局基準、BL 基準、給水器具仕様書参考)

- ③ 上記に目視、使用感を加味し判定する。

(5) 基礎実験

- ・前頁で定めた「安定給水の目安」の数値を用い、実験により使用感を検証する。

1) 実験方法

- ① シャワーの流量を 10 L/分から 9 L/分、10 L/分から 8.5 L/分、10 L/分から 8 L/分、10 L/分から 7.5 L/分と極力短時間で変化させ、水の出を目視と使用感から流量変動量の許容量を判定する。

○：問題なし △：やや違和感有り ×：違和感有り

- ② シャワーの流量を 10 L/分から 9 L/分、8 L/分、7 L/分、6 L/分、台所 6 L/分、5 L/分、4 L/分、3 L/分と段階的に変化させ、水の出を目視と使用感から流量の許容量を判定する。

○：問題なし △：やや違和感有り ×：違和感有り

2) 実験結果

① 流量変動量の許容量判定

シャワー 流量変動量 (開始 10 L/分)	1 L (9 L/分)	1.5 L (8.5 L/分)	2.0 L (8 L/分)	2.5 L (7.5 L/分)
目視	○	○	△	△×
使用感	○	△○	△	△×

判定者：3名

※黄色表示は判定を参照

判定：シャワー流量を 10 L/分から 8 L/分に変化させた時に、目視と使用感が△となったため、流量変動量 2.0 L/分以内を本実験での目安とする。

②-1 流量の許容量判定（シャワー）

流量	10L/分	9L/分	8L/分	7L/分	6L/分
目視	○	○	△	△	×
使用感	○	○	△	△×	×

判定者：3名

※黄色表示は判定を参照

②-2 流量の許容量判定（台所）

流量	6L/分	5L/分	4L/分	3L/分
目視	○	○	△	△×
使用感	○	○	△	△×

判定者：3名

※黄色表示は判定を参照

判定：シャワーは8L/分、台所は4L/分の時に、目視と使用感が△となったため、シャワー8L/分以上、台所4L/分以上を本実験の目安とする。

3) 基礎実験の結果による「安定給水の目安」

本実験での「安定給水の目安」は以下とする。

①水栓用具の流量変動量

シャワー全開時の通水変動量が2L/分以内とする。

②水栓用具の流量

通水量は、戸内3栓同時使用（全開）時に、シャワー8L/分以上、台所または洗面台4L/分以上とする。

(6) 実験概要

1) 実験の概要・実験の種類

実験概要

○実験の概要

増圧直結給水方式は、増圧ポンプにて加圧し給水を行っているが、調査結果によると、その多くが最上階までの戸内給水管に減圧弁を設置し、一定の圧力に下げて戸内へ給水している。このことから、減圧弁の有無、増圧ポンプの動水圧設定差（PH-PL 設定差）の違い、立管形態の違いなどによる給水実験を行い、安定給水の確認と消費電力量を比較し、効率的な給水方式を検討する。

次に調査結果より減圧弁が使用されている主な要因である、給水圧力が変動した状態での減圧弁の有無による安定給水の検証を行う。

○実験の骨子

実験は以下の3項目について行う。

- ① 安定給水状態の検証実験
 - ・階層間での同時使用時の減圧弁の有無による影響の検証
- ② 事前調査の結果を基にした条件での電力消費量の比較実験
 - ・減圧弁の有無による消費電力量比較
 - ・増圧ポンプの動水圧設定差（PH-PL 設定差）の違いによる消費電力量比較
 - ・立管のタケノコ配管、同径配管の違いによる消費電力量比較
- ③ 給水圧力が変動した状態での安定給水の検証実験
 - ・階層間や建物全体の同時使用での圧力変動による影響の検証
 - ・増圧ポンプ1次側の水圧や、分岐先での水使用による急激な圧力変動による影響の検証
 - ・断水などによるエア混入に伴う水撃による影響の検証
 - ・停電時の増圧ポンプ停止・再稼働時の圧力変動による影響の検証

○実験の種類

実験 1 <減圧弁の有無による安定給水効果の検証>

- 1-① 6階と4階の同時使用について、6階メータユニットに減圧弁を設置しない状態で、シャワーなどの給水用具を使用し、安定給水の合否判定を行う。(合否判定：○△×)
増圧ポンプの動水圧設定差を5%、15%の2パターンとし、それぞれ立管をタケノコ配管と同径配管で行い比較する。

- 1-② 1-①の判定で、使用感やデータから安定給水とはいえない△×判定について、6階メータユニットに減圧弁を設置し、1-①の実験を行い、減圧弁の有無で安定給水状態が変化するかを検証する。

- 1-③ 集合住宅内の同時使用率を短時間で変化させ、増圧ポンプの動水圧設定差を5%で、減圧弁なしの状態と、増圧ポンプの動水圧設定差を15%で減圧弁有りの状態でシャワーなどの給水用具を使用し、安定給水の状態を比較する。
(合否判定：○△×)

※実験1の結果を基に、実験2から実験4の動水圧設定差、立管形態を決定する。

実験 2 <減圧弁設置による電力量増加分の検証>

6階と4階の同時使用について、6階メータユニットに減圧弁を設置しない状態と、設置した状態で消費電力量を測定し、電力量の比較を行う。

実験 3 <増圧ポンプの動水圧設定差（PH-PL 設定差）の違いによる電力量の検証>

6階と4階の同時使用について、増圧ポンプの動水圧設定差を5%、15%の2パターンとし、6階メータユニットに減圧弁を設置しない状態と、設置した状態で消費電力量を測定し、電力量の比較を行う。

実験 4 <タケノコ配管、同径配管による電力量の検証>

6階と4階の同時使用について、立管がタケノコ配管と同径配管の場合で、6階メータユニットに減圧弁を設置した状態と、設置しない状態で消費電力量を測定し、電力量の比較を行う。

実験5 <立管エア混入時の水撃発生を検証>

- 5-① 断水などにより立管にエア溜まりが発生した場合を想定し、メータユニットに減圧弁を設置しない状態で、立管にエアを混入させ、4階で水撃を発生させ、その圧力変動による6階給水状態への影響を測定し、合否判定を行う。(合否判定：○△×)
- 5-② メータユニットに減圧弁を設置し、水撃の圧力変動による6階給水状態への影響の違いを検証する。
- 5-③ 6階で全ての給水用具を使用しない状態で、上記の水撃を発生させ減圧弁の有無による6階戸内の圧力変動を測定し、水撃の影響を検証する。

実験6 <停電発生時の増圧ポンプ停止・再稼働時の検証>

- 6-① シャワー使用時に短時間停電により増圧ポンプが停止したことを想定し、メータユニットに減圧弁を設置しない状態で、増圧ポンプの電源を切り、一定時間(十数秒)後に再び電源を入れその停止・再稼働時の給水状態への影響を測定し、合否判定を行う。(合否判定：○△×)
- 6-② メータユニットに減圧弁を設置し、短時間停電時の圧力変動による給水状態への影響の違いを検証する。

実験7 <増圧ポンプ1次側の圧力変動に対する検証>

- 7-① 配水管から増圧ポンプまでの配管中の分岐による水使用、又は漏水などにより増圧ポンプ1次側の圧力が変化した場合を想定し、メータユニットに減圧弁を設置しない状態で、増圧ポンプ1次側の圧力を変動させ、その時の増圧ポンプ起動・停止(又は増速・減速)の圧力変動による給水状態への影響を測定し、合否判定を行う。(合否判定：○△×)
- 7-② メータユニットに減圧弁を設置し、増圧ポンプの圧力変動による給水状態への影響の違いを検証する。

実験8 <増圧ポンプの同時使用率変化に対する検証>

- 8-① 集合住宅内で、水の同時使用率が変化した場合を想定し、メータユニットに減圧弁を設置しない状態で、配管の同時使用バルブを開閉操作させ、その時の増圧ポンプ起動・停止（又は増速・減速）による給水状態への影響を測定し、合否判定を行う。（バルブを開閉は、実験1-③と異なる変化時間とする。）
（合否判定：○△×）
- 8-② メータユニットに減圧弁を設置し、増圧ポンプの圧力変動による給水状態への影響の違いを検証する。

2) 実験の基本条件

実験の基本条件

1. 増圧ポンプ 1 次側の配水圧は、0.25MPa とする。
2. 給水圧（設定圧）は、6 階の水道メーター流入口（6 階 1 次圧）で 0.2 MPa とする。
 ※減圧弁の設定圧力は 0.2 MPa とし、減圧弁 1 次側の差圧は+0.05 から+0.1 MPa とする。
 ※減圧弁無しの場合は、6 階の給水圧を 0.2 MPa とする。
3. 増圧ポンプは、吐出口圧力を最大設定圧力（PH）と最低設定圧力（PL）の 2 設定とし、その範囲内で使用流量に応じポンプを駆動させる駆動方式とする。（PH-PL 差：動水圧設定差）PH-PL 差は、一般的に 15%の差にする。
 - ・ PH-PL 差が小：ポンプ回転数が多く省電力が大きい、圧力変動が体感しにくい。
 - ・ PH-PL 差が大：ポンプ回転数が少なく省電力が少ない、圧力変動が体感しやすい。

本実験では、増圧ポンプの動水圧設定差（PH-PL 設定差）は PH の 5%、15%とする。

減圧弁無し

動水圧設定差	PH (MPa) 6 階	PL (MPa) 6 階	PH (MPa) BP 吐出口側・設定値	PL (MPa) BP 吐出口側・設定値
5%	0.20	0.18	0.36	0.34
15%	0.20	0.15	0.36	0.31

BP：増圧ポンプ

減圧弁有り

動水圧設定差	PH (MPa) 6 階	PL (MPa) 6 階	PH (MPa) BP 吐出口側・設定値	PL (MPa) BP 吐出口側・設定値
5%	0.32	0.30	0.48	0.46
15%	0.32	0.26	0.48	0.42

BP：増圧ポンプ

※増圧ポンプの運転方法は次項参照

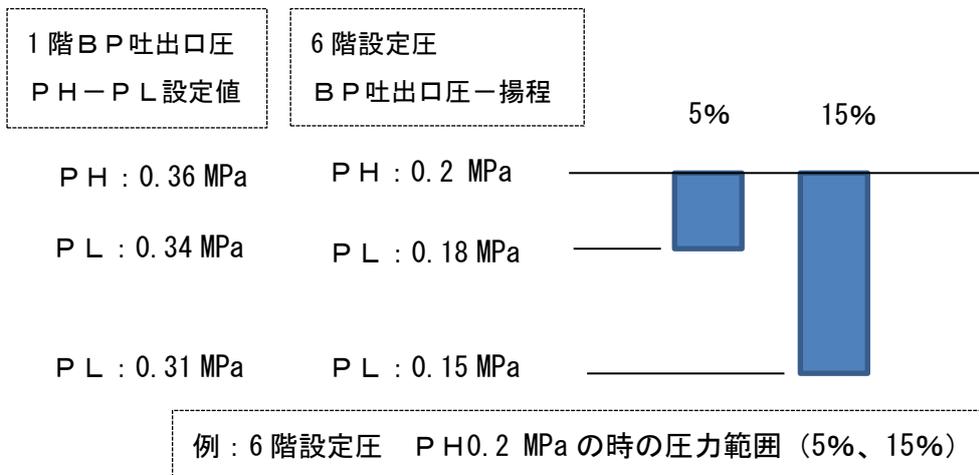
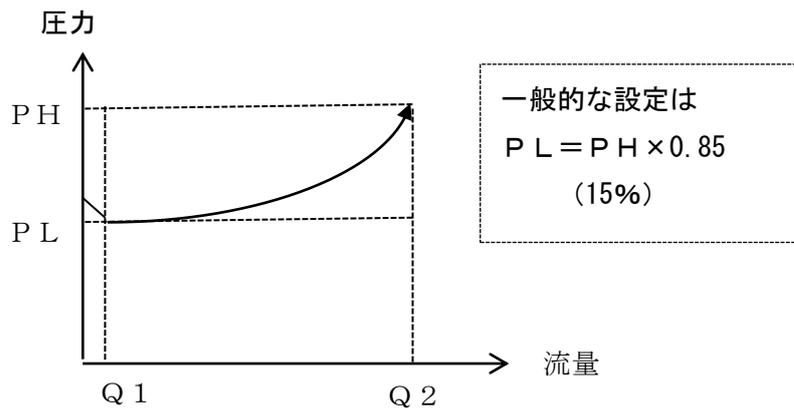
4. 建物全体の水使用の同時使用率は、0%、50%とする。
5. 増圧ポンプ 1 次側の圧力変動に対する実験は、配水圧用ポンプ操作により、動水圧 0.1MPa～0.25MPa に変動させた状態で測定する。
6. 4 階は「減圧弁有り」で測定し、6 階を「減圧弁有り」「減圧弁無し」で測定する。

増圧ポンプの運転方法

増圧ポンプの通常運転方法を以下に示す。

PH : 最大設定圧力
 PL : 最低設定圧力
 Q1 : 停止流量
 Q2 : 最大給水量

1. 水を使用しない時は増圧ポンプ停止
2. 水が使用され、吐出配管内の圧力が所定圧力まで低下すると増圧ポンプが起動
3. 最大給水量Q2までの間、使用水量の増減にあわせて増圧ポンプの回転数を制御し、吐出圧力をPLからPHまで変化させる。
4. 運転中に使用水量が減少し、停止水量Q1以下になると増圧ポンプ停止
5. 再び水が使用されると、前回の待機状態からポンプ再起動



※ポンプメーカー 取扱説明書引用

(7) 実験手順

実験1 <減圧弁の有無による安定給水効果の検証>

実験1-① 6階メータユニット「減圧弁無し」、動水圧設定差5%、15%、立管タケノコ配管、同径配管の状態で以下の実験を行う。

- A) 4階で、シャワー、台所を開栓（全開）する。
- B) 6階の各水栓（シャワー、台所、洗濯機、トイレ）を順次開栓する。
開栓の順番は以下とする。（栓状態は全開）

測定開始 30 秒後

- a) シャワー（30 秒）
- b) シャワー+台所（30 秒）
- c) シャワー+台所+洗濯機（30 秒）
- d) シャワー+台所+洗濯機+トイレ

測定開始 150 秒後に測定終了

- C) 6階の各水栓で、流量の測定と使用感を判断し、a)からd)の各状態で安定給水の判定（○△×）を行う。

実験1-② 6階メータユニット「減圧弁有り」の状態で以下の実験を行う。

- D) A~Cの実験を行い、測定・判定する。
- E) 「Cの判定結果」、「Dの判定結果」を比較し、減圧弁の有無による安定給水についての、効果の検証を行う。

実験 1-③ 実験 1-①②を基に、6 階メータユニット「減圧弁無し」、「減圧弁有り」において動水圧設定差、立管形態を選定し、以下の実験を行う。

- A) 6 階で、シャワーを開栓（全開）する。
- B) 測定開始 30 秒後、同時使用バルブを操作し、同時使用率 50%にする。
- C) 30 秒後、同時使用バルブを操作し、同時使用率 0%にする。
- D) 30 秒後、同時使用バルブを操作し、同時使用率 50%にする。
- E) 30 秒後、同時使用バルブを操作し、同時使用率 0%にする。
測定開始 150 秒後に測定を終了する。
- F) 6 階のシャワー流量と水圧変動を測定し、シャワーの水圧・流量・使用感から安定給水か否か判定する。
- G) 「減圧弁無し」、「減圧弁有り」を比較し、増圧ポンプの同時使用率変化による給水状態の違いを検証する。

※同時使用バルブの開閉時間は、3 秒を目安とする。

※実験 1 の結果を基に、実験 2 から実験 4 の動水圧設定差、立管形態を決定する。

実験2 <減圧弁による電力量増加分の検証>

- A) 実験1の判定から動水圧設定差、立管形態を選定し、6階メータユニット「減圧弁無し」の状態を増圧ポンプ消費電力を測定する。
- B) 同条件で、6階メータユニット「減圧弁有り」の状態を増圧ポンプ消費電力を測定する。
- C) 実験結果より、減圧弁があることによる電力消費量増加分をまとめる。

実験3 <増圧ポンプの動水圧設定差（PH-PL 設定差）の違いによる電力量の検証>

- A) 実験1の判定から立管形態を選定し、6階メータユニット「減圧弁無し」の状態、動水圧設定差 5%、15%の各増圧ポンプ消費電力を測定する。
- B) 同条件で、6階メータユニット「減圧弁有り」の状態を増圧ポンプ消費電力を測定する。
- C) 実験結果より、動水圧設定差（PH-PL 設定差）の違いによる電力消費量をまとめる。

実験4 <タケノコ配管、同径配管による電力量の検証>

- A) 実験1の判定から動水圧設定差を選定し、6階メータユニット「減圧弁無し」の状態、タケノコ配管と同径配管の増圧ポンプ消費電力を測定する。
- B) 同条件で、6階メータユニット「減圧弁有り」の状態を増圧ポンプ消費電力を測定する。
- C) 実験結果より、タケノコ配管、同径配管による電力消費量をまとめる。

・実験2、実験3、実験4〈消費電力の測定方法〉

①増圧ポンプの電源ブレーカー1次側に電力計を設置する。

②測定対象は、実験1の以下の内容とする。

- ・4階で、シャワー、台所を開栓（全開）する。
- ・6階の各水栓（シャワー、台所、洗濯機、トイレ）を順次開栓する。
開栓の順番は以下とする。（栓状態は全開）

測定開始 30 秒後

- a) シャワー（30 秒）
- b) シャワー+台所（30 秒）
- c) シャワー+台所+洗濯機（30 秒）
- d) シャワー+台所+洗濯機+トイレ

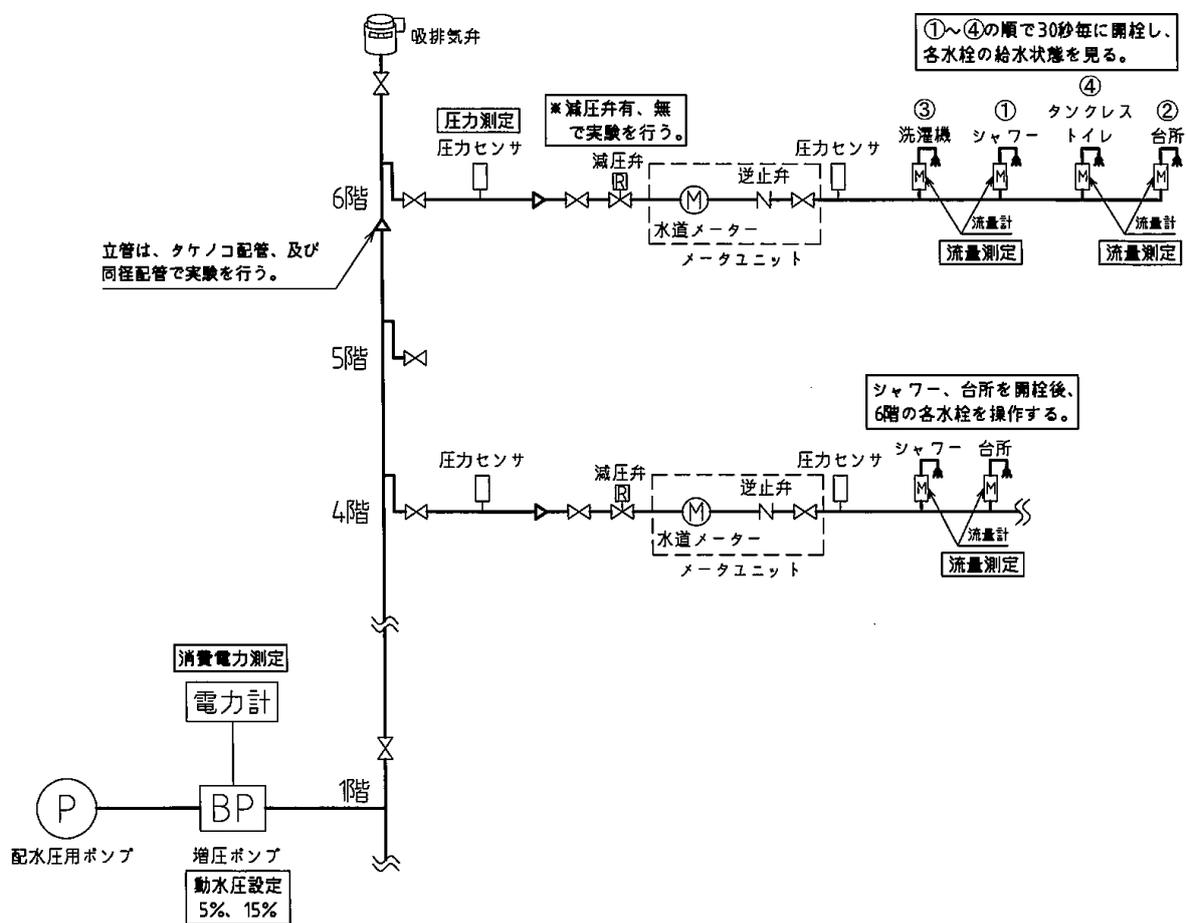
測定開始 150 秒後に測定終了

③電力測定開始は、実験1の実験開始と同時とする。

④電力測定終了は、実験1の実験時間：150秒での測定とする。

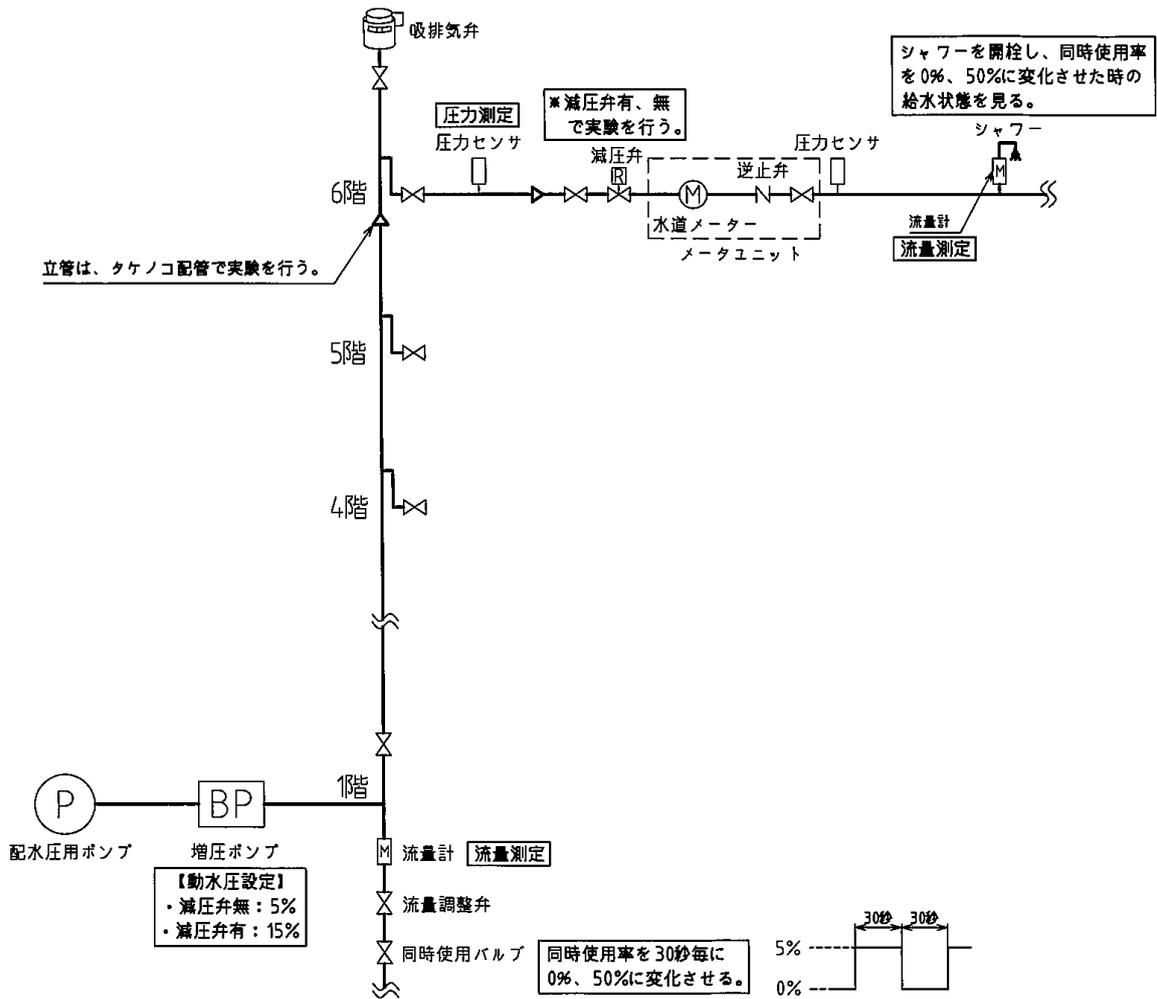
- 実験1 <減圧弁の有無による安定給水効果の検証>
- 実験2 <減圧弁による電力増加分の検証>
- 実験3 <増圧ポンプの動水圧設定 (PH-PL) の違いによる電力量の検証>
- 実験4 <タケノコ配管、同径配管による電力量の検証>

実験1-①,② 実験2,3,4



・実験1 <減圧弁の有無による安定給水効果の検証>

実験1-③



実験5 <立管エア混入時の水撃発生を検証>

実験5-① 6階メータユニット「減圧弁無し」、同時使用率0%の状態で行う。

エア混入の方法

- ・6階で、シャワーヘッドを立管頂部より50cm程度低い位置に固定し、開栓（全開）する。
- ・増圧ポンプと立管の間のバルブを閉じる。
- ・6階のシャワーの水が停止するまで待つ。
(立管内とシャワーヘッドの水頭が一致する。)
- ・吸排気弁用バルブを閉め、立管内にエア溜まりを作る。
- ・増圧ポンプと立管の間のバルブを開け、シャワーを通水状態にする。

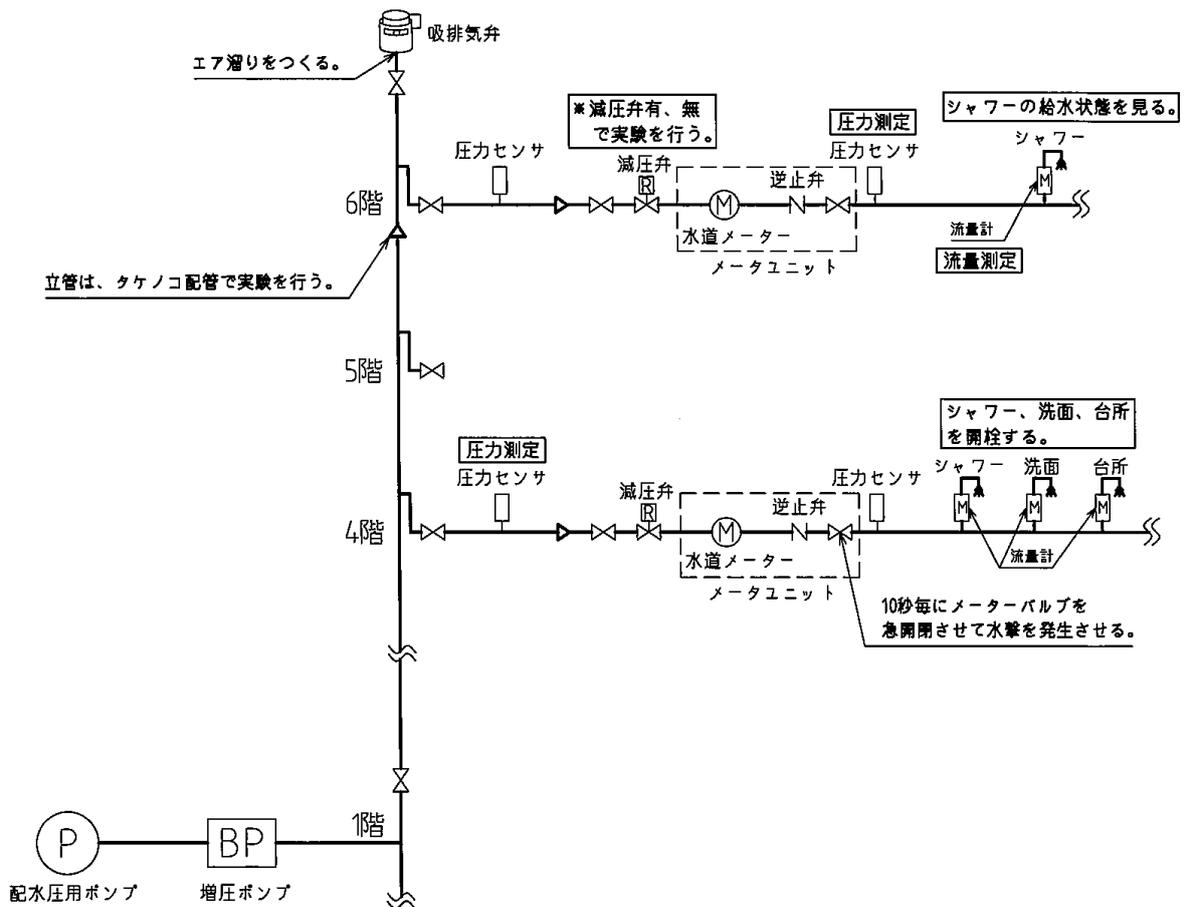
- A) 6階シャワーは開栓（全開）状態。
- B) 4階でシャワー、台所、洗面台の3栓を開栓（全開）する。
- C) 測定開始10秒後に4階のメータバルブを急開閉し、水撃を発生させる。
- D) 10秒ごとに5回繰り返し、60秒後に測定を終了する。
- E) 6階のシャワー流量と水圧変動を測定し、使用感も加味し安定給水か否か判定する。

実験5-② 6階メータユニット「減圧弁有り」の状態で行う。

- F) A～Eの実験を行い、測定・判定する。
- G) 「Eの判定結果」、「Fの判定結果」を比較し、エア混入時の水撃発生による給水状態の違いを検証する。

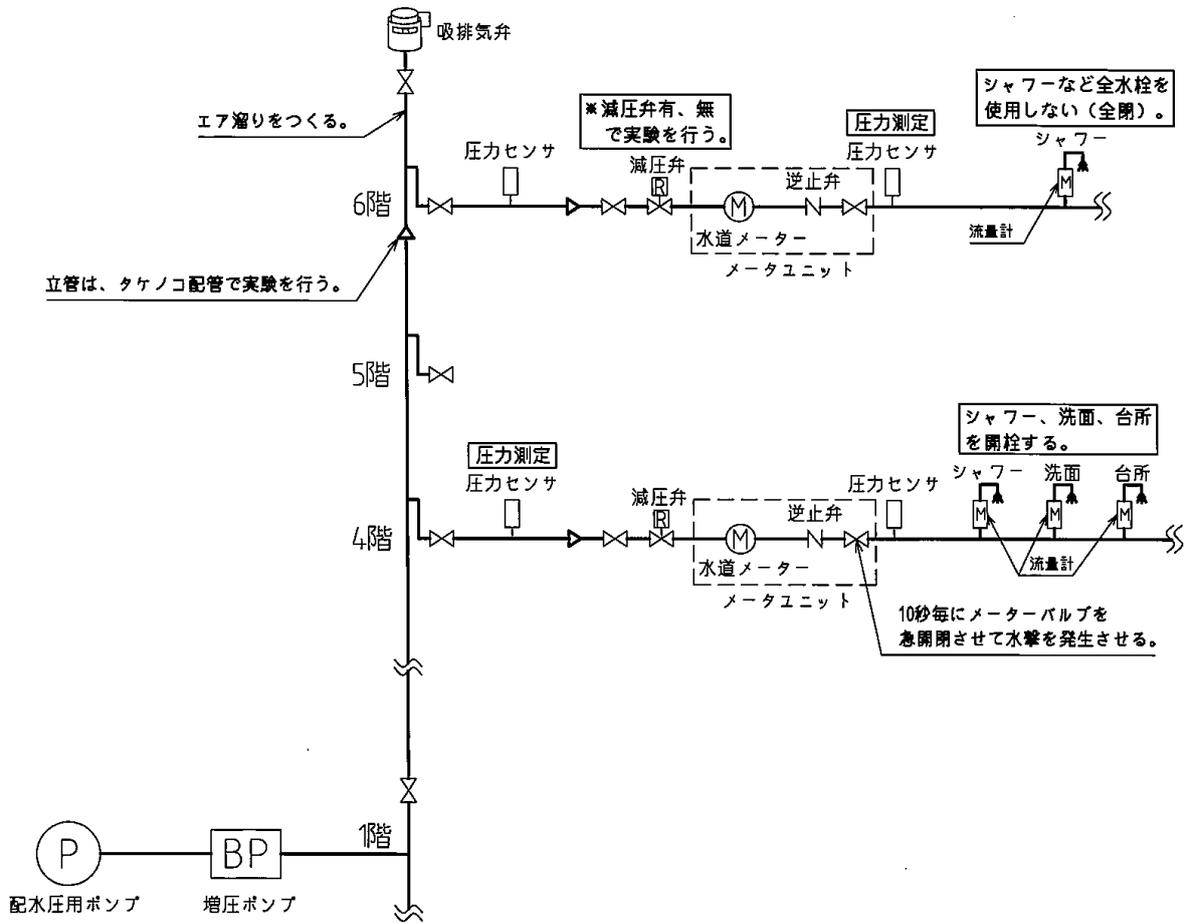
実験5-③ 6階で全ての給水用具を使用しない状態で、4階にて上記の水撃を発生させ6階の減圧弁の有無による、6階戸内圧力を測定する。

・実験5 <立管エア混入時の水撃発生を検証>
 実験5-①, ②



・ 実験5 <立管エア混入時の水撃発生を検証>

実験5-③



実験6 < 停電発生時の増圧ポンプ停止・再稼働時の検証 >

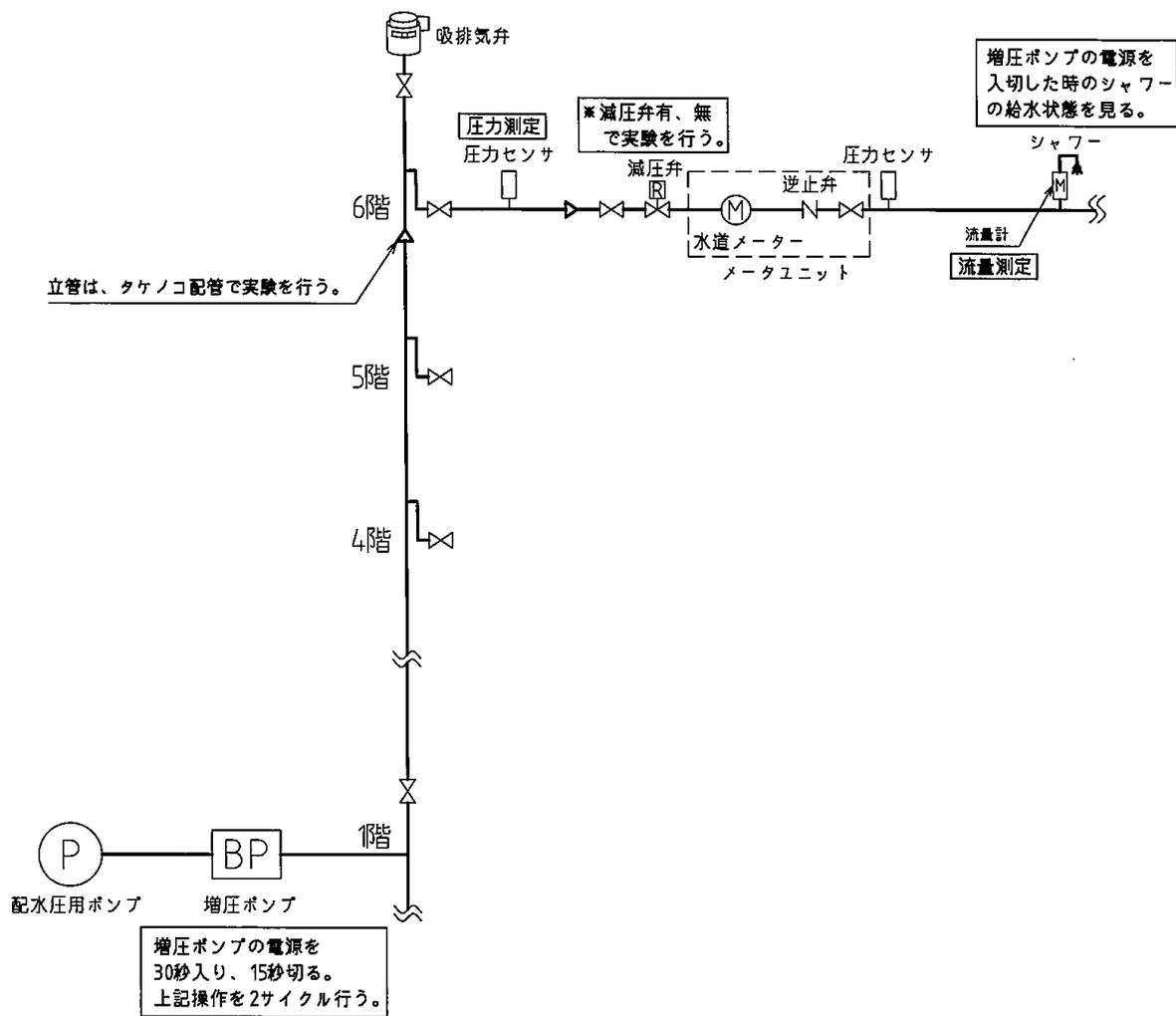
実験6-① 6階メータユニット「減圧弁無し」、同時使用率0%の状態で行う。

- A) 6階で、シャワーを開栓（全開）する。
- B) 測定開始30秒後、増圧ポンプの電源ブレーカーを切り停止させる。
- C) 増圧ポンプ停止から15秒後、電源ブレーカーを入れ稼働させる
- D) B, Cを2サイクル行い、測定開始120秒後に測定を終了する。
- E) 6階のシャワー流量と水圧変動を測定し、シャワーの水圧・流量・使用感から安定給水か否かを判定する。

実験6-② 6階メータユニット「減圧弁有り」の状態で行う。

- F) A~Eの実験を行い、測定・判定する。
- G) 「Eの判定結果」、「Fの判定結果」を比較し、短時間停電による増圧ポンプの圧力変動による給水状態への影響の違いを検証する。

・実験6 < 停電発生時の増圧ポンプ停止・再稼働時の検証 >



実験7 <増圧ポンプ1次側の圧力変化に対する検証>

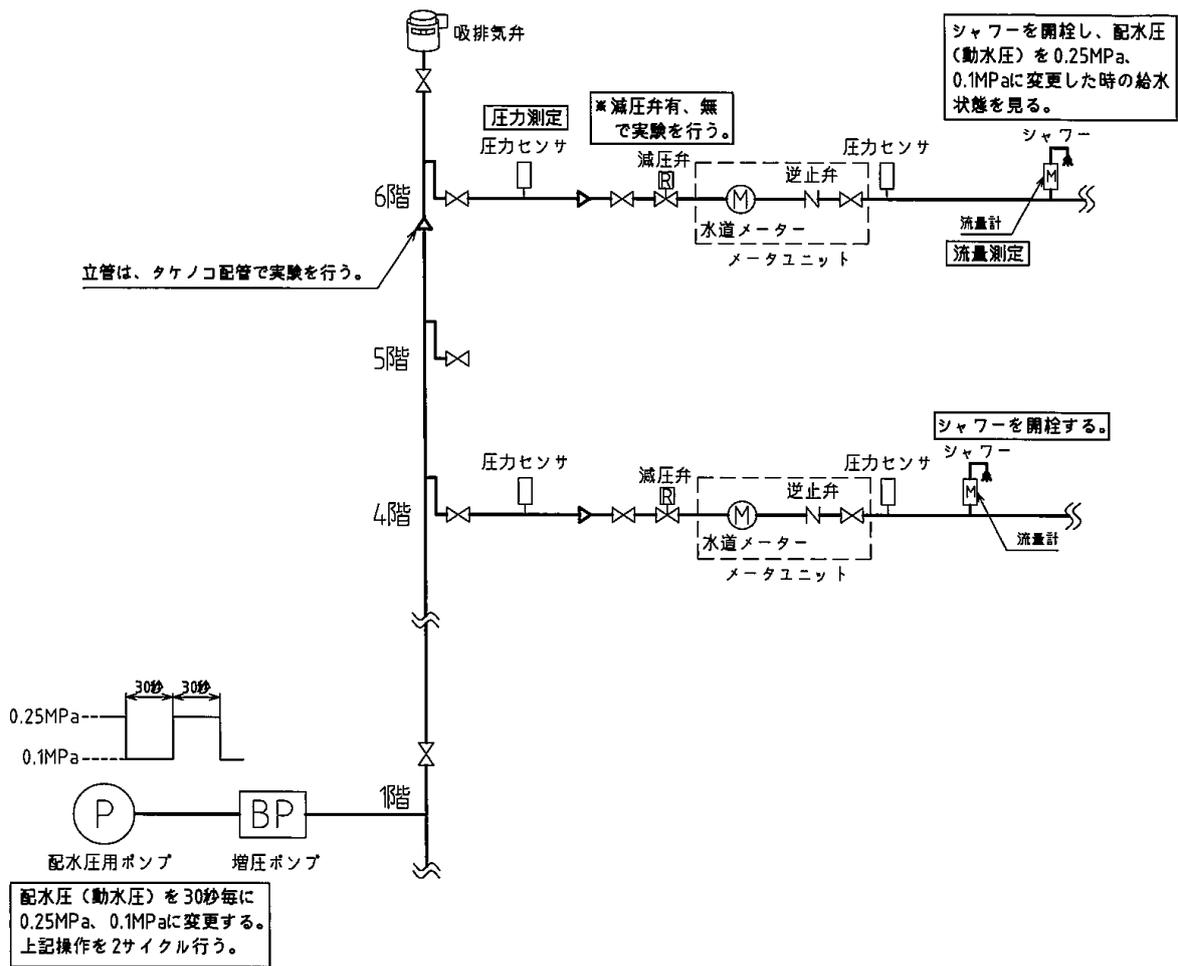
実験7-① 6階メータユニット「減圧弁無し」、同時使用率0%の状態で行う。

- A) 4階と6階戸内で、シャワーを開栓（全開）する。
- B) 増圧ポンプ1次側圧力（配水圧）を0.25MPaとし、測定を開始する。
- C) 30秒後、配水圧用ポンプを操作し、増圧ポンプ1次側圧力（配水圧）を0.1MPaにする。
- D) 30秒後、配水圧用ポンプを操作し、増圧ポンプ1次側圧力（配水圧）を0.25MPaにする。
- E) C, Dを2サイクル行う。
- F) 6階のシャワー流量と水圧変動を測定し、シャワーの水圧・流量・使用感から安定給水か否か判定する。

実験7-② 6階メータユニット「減圧弁有り」の状態で行う。

- G) A～Fの実験を行い、測定・判定する。
- H) 「Fの判定結果」、「Gの判定結果」を比較し、増圧ポンプ1次側の圧力変動による給水状態の違いを検証する。

・実験7 <増圧ポンプ1次側の圧力変化に対する検証>



実験8 <増圧ポンプの同時使用率変化に対する検証>

実験8-① 6階メータユニット「減圧弁無し」、同時使用率0%の状態で行う。

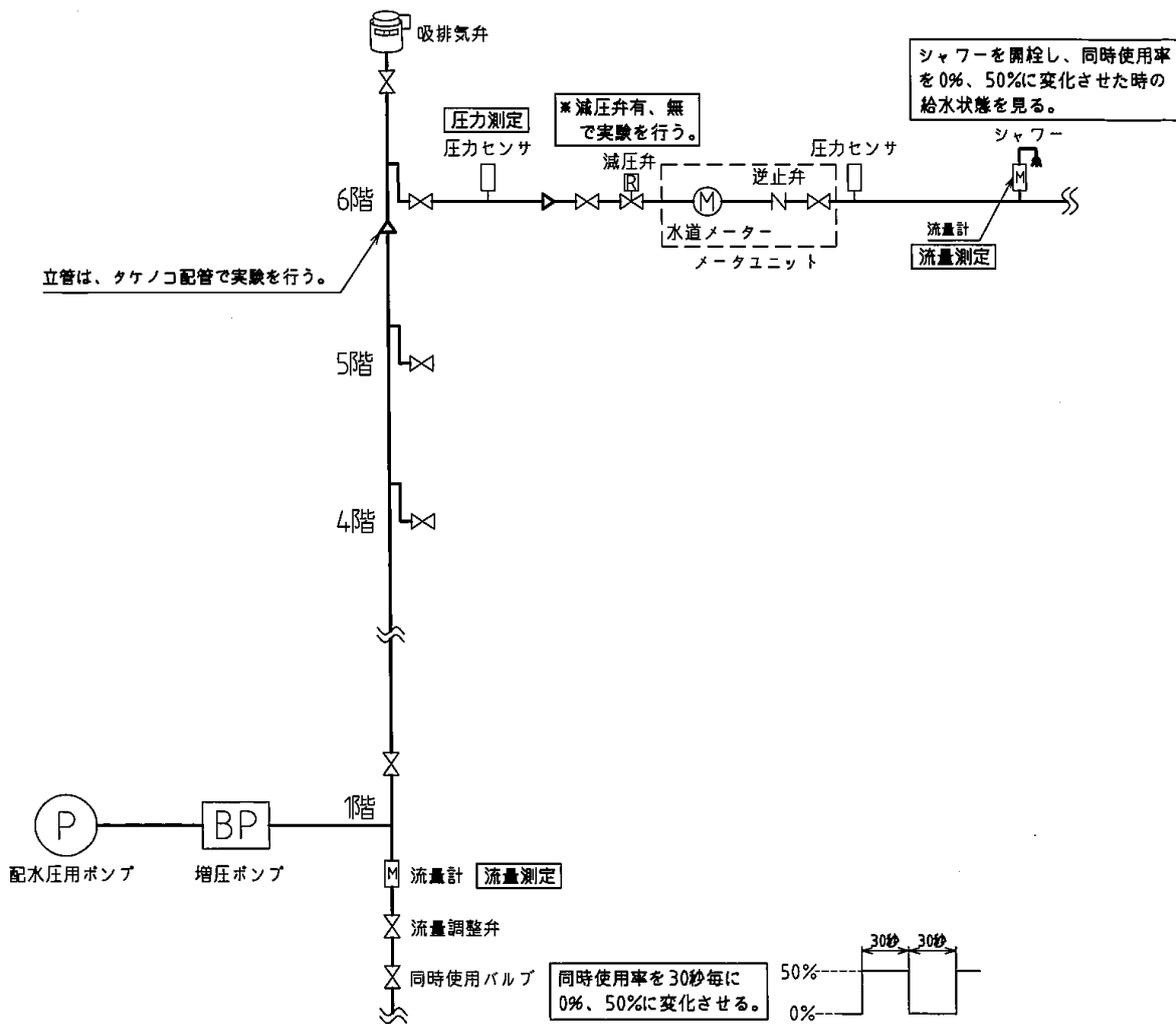
- A) 6階戸内で、シャワーを開栓（全開）する。
- B) 測定開始30秒後、同時使用バルブを操作し、同時使用率50%にする。
- C) 30秒後、同時使用バルブを操作し、同時使用率0%にする。
- D) 30秒後、同時使用バルブを操作し、同時使用率50%にする。
- E) 30秒後、同時使用バルブを操作し、同時使用率0%にする。
測定開始後、150秒後に測定を終了する。
- F) 6階のシャワー流量と水圧変動を測定し、シャワーの水圧・流量・使用感から安定給水か否か判定する。

実験8-② 6階メータユニット「減圧弁有り」の状態で行う。

- G) A～Fの実験を行い、測定・判定する。
- H) 「Fの判定結果」、「Gの判定結果」を比較し、増圧ポンプの同時使用率変化による給水状態の違いを検証する。

※同時使用バルブの開閉時間は、10秒を目安とする。

・実験8 <増圧ポンプの同時使用率変化に対する検証>



(8) 実験結果

①実験1：減圧弁の有無による安定給水効果の検証

1) 実験結果

実験1-①、②（減圧弁の有無による安定給水効果の検証）

減圧弁無し・タケノコ配管

立管	減圧弁	6階 設定圧 PH	動水圧設定差 (PH-PL差)	6階 1次側 実圧	6階 シャワー	6階 台所	6階 洗濯機	6階 トイレ	判定	グ ラ フ	
		MPa		MPa	L/分	L/分	L/分	L/分			
タケノコ	無	0.2	5%	0.17~ 0.20	9.8	/	/	/	○	A	
					9.2	7.6	/	/			
					8.7	7.2	11.7	/			
					6.9	5.9	9.8	12.2			
			15%	0.13~ 0.16	8.9	/	/	/	×		B
					8.2	6.9	/	/			
					7.4	6.3	10.0	/			
					5.7	5.0	8.4	10.7			
		0.25	5%	0.21~ 0.24	11.3	/	/	/	○	C	
					10.5	8.7	/	/			
					9.6	8.6	12.9	/			
					7.6	6.5	11.0	13.5			
			15%	0.22~ 0.26	11.9	/	/	/	○		D
					11.0	9.1	/	/			
					10.0	8.3	13.3	/			
					7.9	6.7	11.1	13.5			

※安定給水の流量目安

通水量は、戸内3栓同時使用（全開）時に、シャワー8L/分以上、台所または洗面台4L/分以上であること。

※黄色表示は2) 考察①②（40頁）参照。

減圧弁有り・タケノコ配管

立管	減圧弁	6階 設定圧 PH	動水圧設定差 (PH-PL 差)	6階 1次側 実圧	6階 シャワー	6階 台所	6階 洗濯機	6階 トイレ	判定	グ ラ フ
		MPa		MPa	L/分	L/分	L/分	L/分		
タケノコ	有	0.25	5%	0.22~ 0.25	9.9	/	/	/	○	E
					9.4	7.9	/	/		
					8.2	6.9	11.1	/		
					6.3	5.5	9.1	11.5		
			15%	0.23~ 0.25	10.1	/	/	/	○	
					9.3	7.9	/	/		
					8.1	6.9	11.1	/		
					6.3	5.5	9.2	11.4		
		0.32	5%	0.28~ 0.31	10.3	/	/	/	○	G
					9.4	7.8	/	/		
					8.7	7.3	11.7	/		
					6.6	5.7	9.6	12.0		
			15%	0.26~ 0.31	10.2	/	/	/	○	
					9.5	7.8	/	/		
					8.5	7.1	11.4	/		
					6.6	5.8	9.6	12.0		

※安定給水の流量目安

通水量は、戸内3栓同時使用（全開）時に、シャワー8L/分以上、台所または洗面台4L/分以上であること。

※黄色表示は2) 考察①②（40頁）参照。

減圧弁有り・無し・同径配管

立管	減圧弁	6階 設定圧 PH	動水圧設定差 (PH-PL 差)	6階 1次側 実圧	6階 シャワー	6階 台所	6階 洗濯機	6階 トイレ	判定	グ ラ フ
		MPa		MPa	L/分	L/分	L/分	L/分		
同径	無	0.2	5%	0.17~ 0.20	9.8	/	/	/	○	I
					9.1	7.6	/	/		
					8.3	7.1	11.7	/		
					6.7	5.9	9.9	12.2		
			15%	0.14~ 0.20	8.7	/	/	/	×	
					8.1	7.0	/	/		
					7.2	6.4	10.2	/		
					5.9	5.3	8.9	11.1		
	有	0.32	5%	0.29~ 0.32	9.9	/	/	/	○	K
					9.3	7.9	/	/		
					8.3	7.2	11.5	/		
					6.6	5.9	9.8	12.1		
			15%	0.25~ 0.32	9.9	/	/	/	○	
					9.3	7.8	/	/		
					8.6	7.4	11.9	/		
					6.6	5.8	9.8	12.1		

※安定給水の流量目安

通水量は、戸内3栓同時使用（全開）時に、シャワー8L/分以上、台所または洗面台4L/分以上であること。

※黄色表示は2) 考察①②（40頁）参照。

2) 考察①②

・「減圧弁無し」、6階設定圧 0.2MPa、PH-PL 差：15%の場合、グラフ B、グラフ J のデータより、タケノコ配管、同径配管のいずれも増圧ポンプが PL 駆動した際、6階1次側実圧 0.13~0.14MPa まで低下し、3 栓使用時にシャワー流量が、安定給水の流量目安より少ない 8 L/分以下となることが分かった。

「減圧弁無し」の場合は、グラフ A、グラフ I のデータより、6階設定圧 0.2MPa、PH-PL 差：5% 設定であれば安定給水の流量目安を確保できた。

また、増圧ポンプの一般的である PH-PL 差：15%で見ると、グラフ D のデータより、6階設定圧 0.25MPa、PH-PL 差：15%設定（PL 駆動時が 0.20MPa 以上）であれば安定給水の流量目安を確保できるため、増圧ポンプが PL 駆動した際でも、6階実圧が 0.2 MPa を確保できる 6階設定圧で確認実験を行う（追加実験 3 75 頁~76 頁参照）。

・「減圧弁有り」、6階設定圧 0.25MPa、PH-PL 差：5%、15%のいずれの設定差でも、グラフ E、グラフ F のデータより、減圧弁を動作させる差圧が足りず、3 栓開栓時に安定給水の流量目安の下限付近（8.1L/分~8.2L/分）まで流量が低下した。減圧弁の適切な動作には、差圧 0.05 MPa が必要であり、増圧ポンプが PL 駆動した時でも 0.25 MPa を確保できる 6階設定圧で確認実験を行う（追加実験 3 75 頁~76 頁参照）。

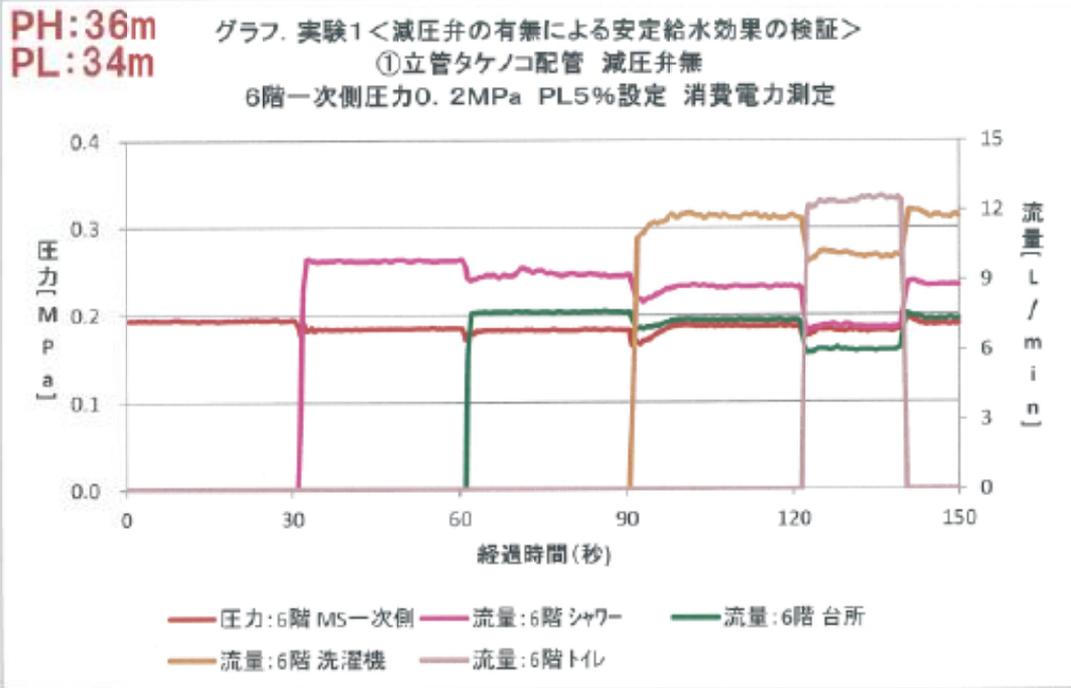
「減圧弁有り」の場合は、グラフ G、グラフ H のデータより、6階設定圧 0.32MPa、PH-PL 差：5% 設定、又は 15%設定であれば安定給水の流量目安を確保できた。

・この実験では、タケノコ配管と同径配管では給水状態の差が見られなかった。

・実験 1-①②結果より、安定給水が可能な条件としての「6階設定圧 0.2MPa、PH-PL 差：5%設定」と「6階設定圧 0.32MPa、PH-PL 差：15%設定」で実験 1-③を行う。

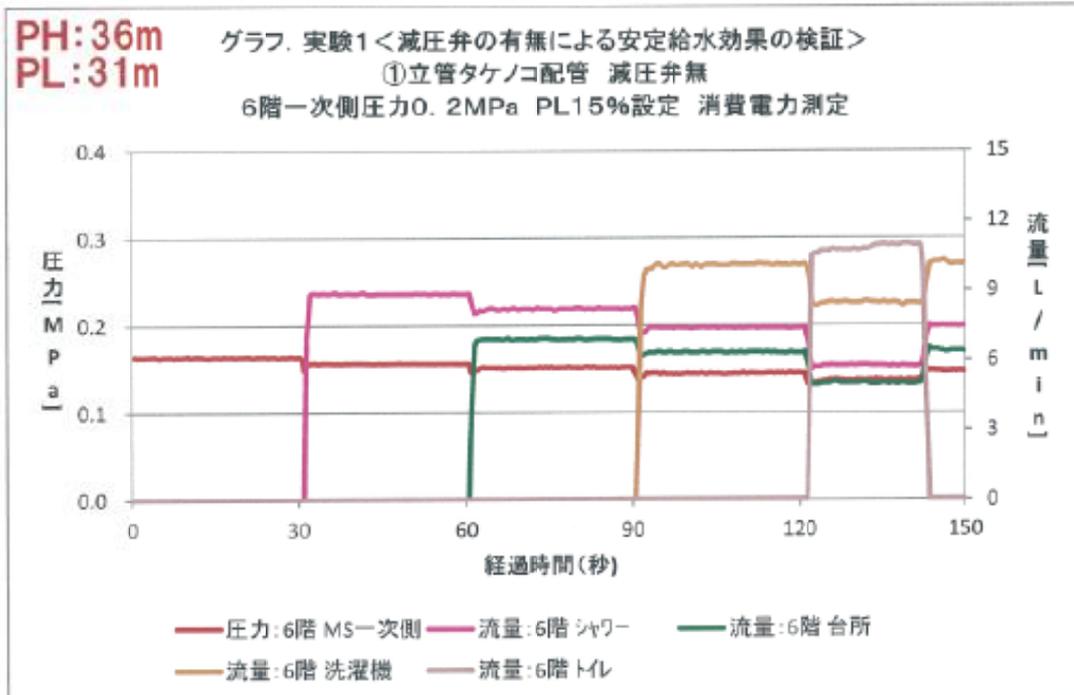
A

電力消費量:7.7Wh



B

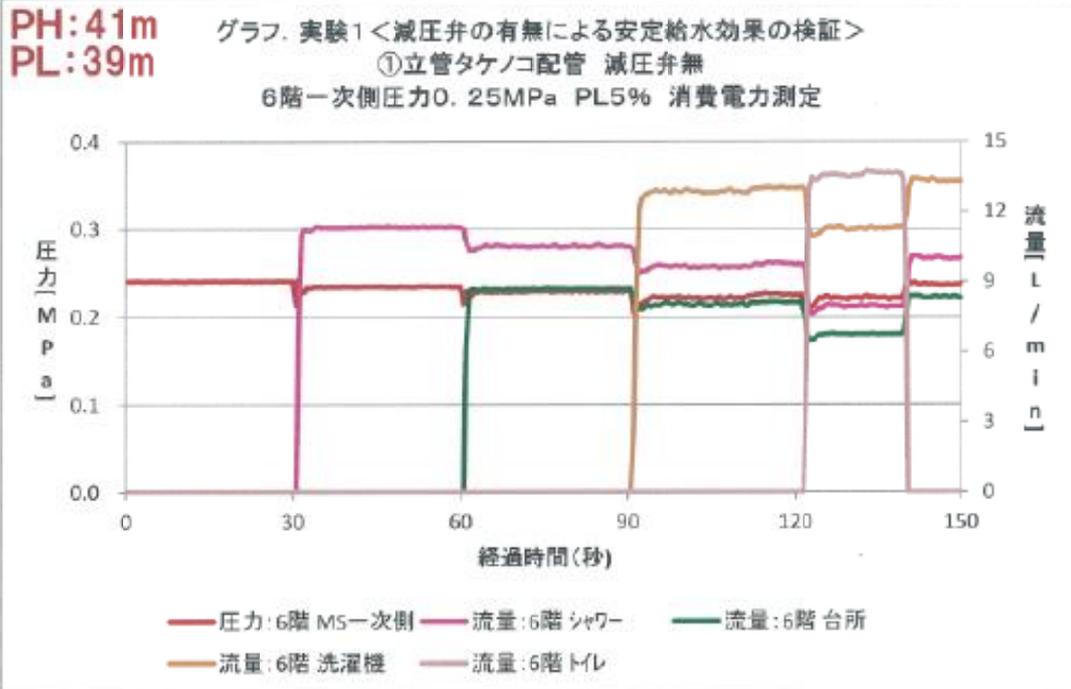
電力消費量:6.5Wh



※グラフ表記 MS:メータユニット

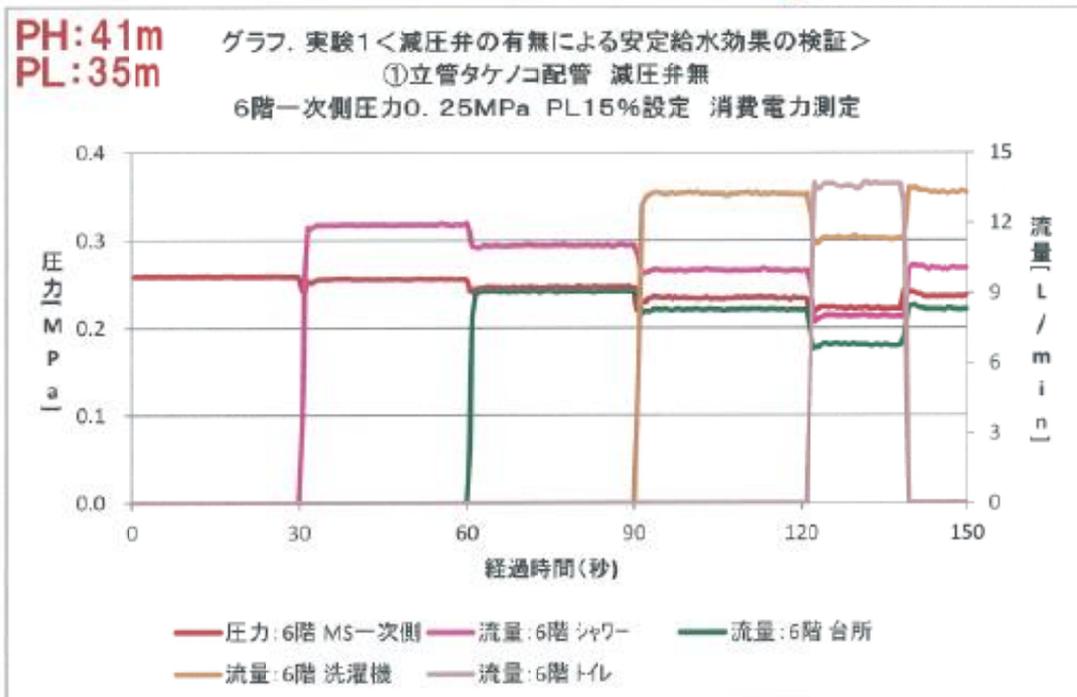
C

電力消費量:11.1Wh



D

電力消費量:11.8Wh

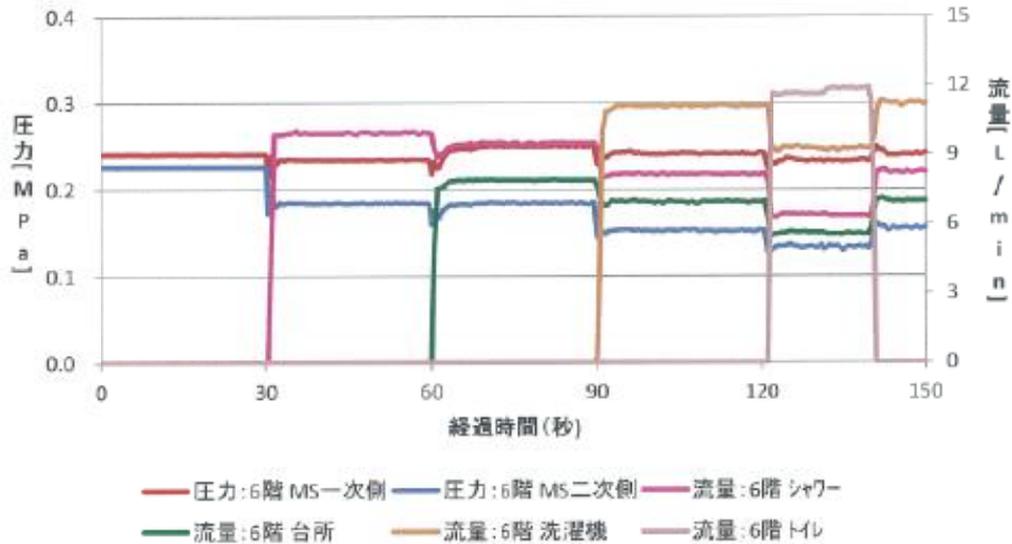


E

電力消費量: 11.3Wh

PH: 41m
PL: 39m

グラフ. 実験1<減圧弁の有無による安定給水効果の検証>
②立管タケノコ配管 減圧弁有
6階一次側圧力0.25MPa PL5%設定 消費電力測定

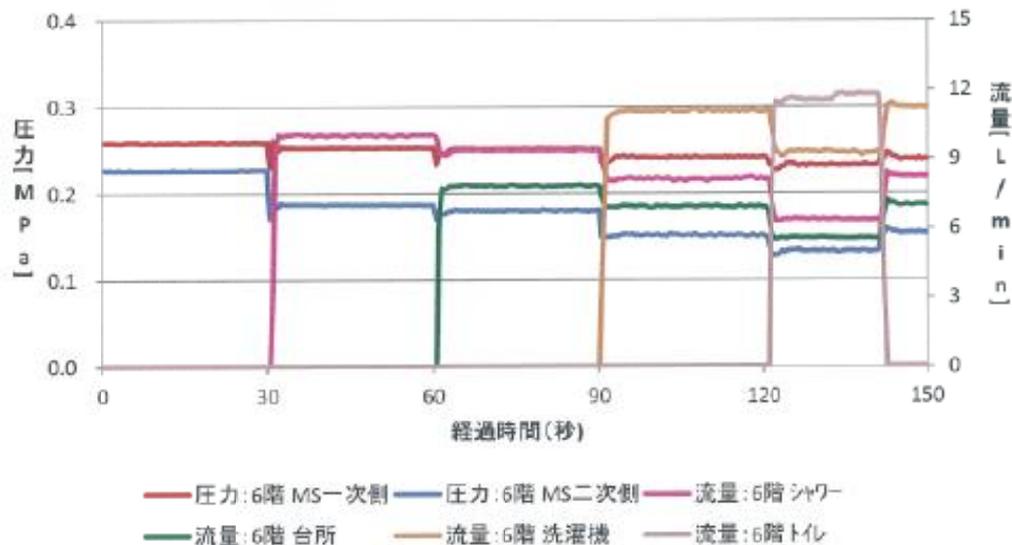


F

電力消費量: 11.6Wh

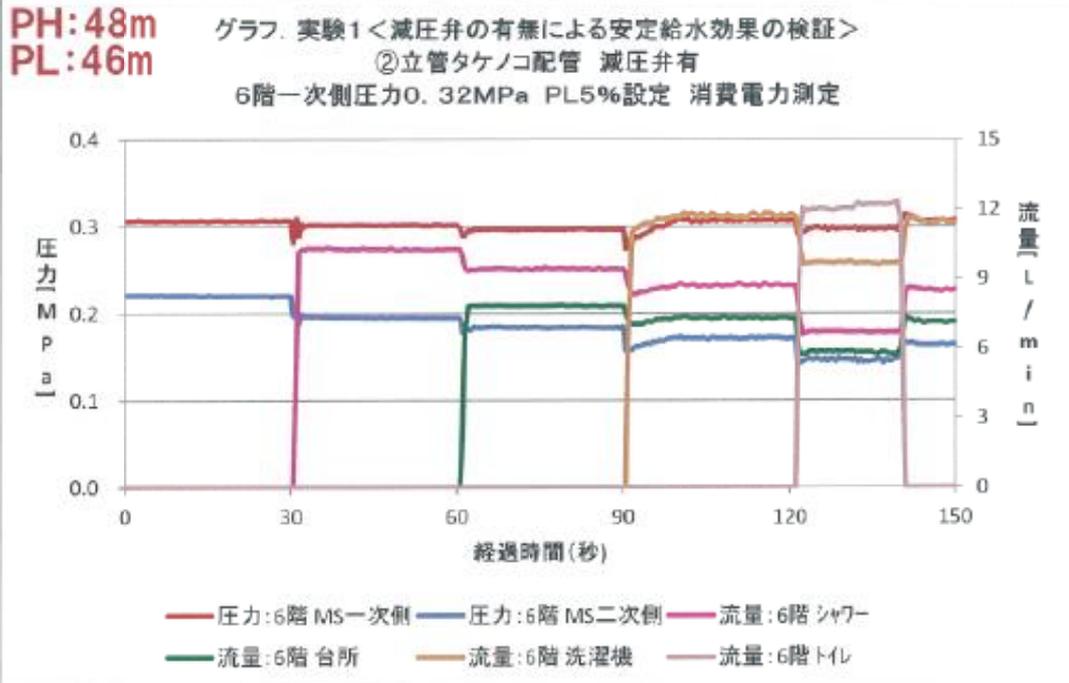
PH: 41m
PL: 35m

グラフ. 実験1<減圧弁の有無による安定給水効果の検証>
②立管タケノコ配管 減圧弁有
6階一次側圧力0.25MPa PL15%設定 消費電力測定



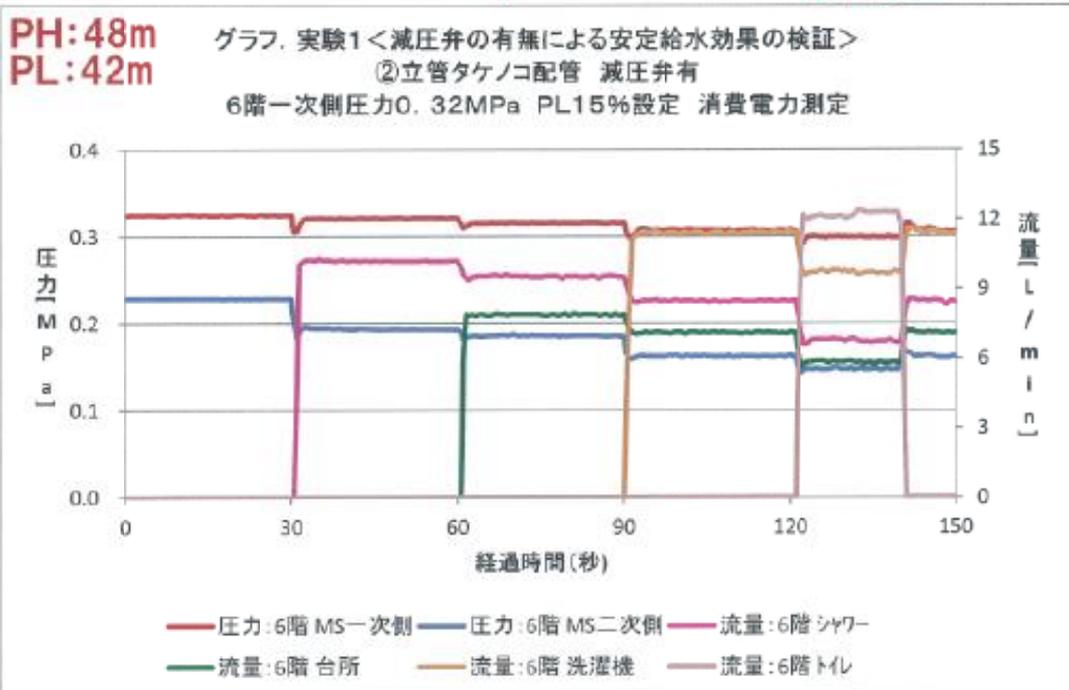
G

電力消費量: 14.0Wh



H

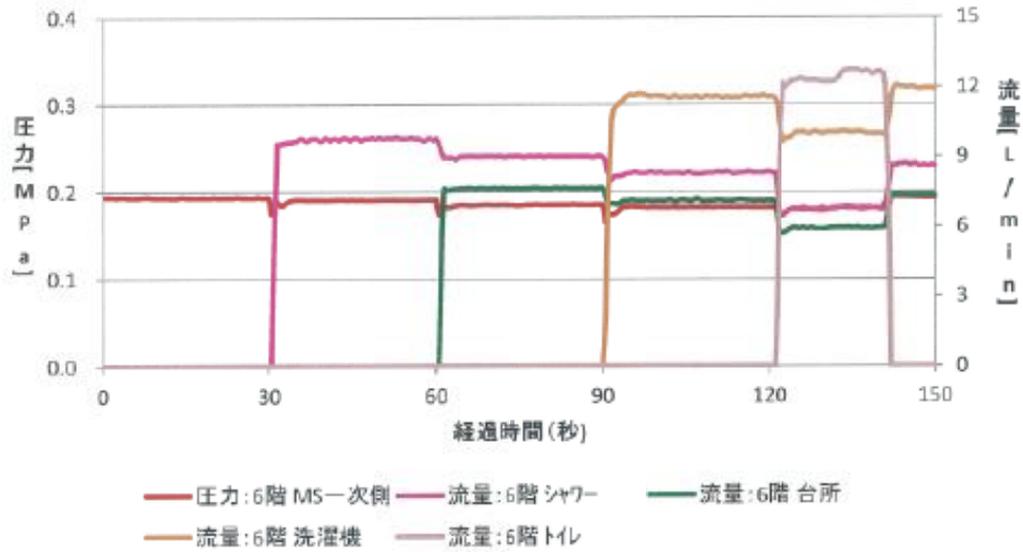
電力消費量: 12.5Wh



電力消費量:8.5Wh

PH:36m
PL:34m

グラフ. 実験1<減圧弁の有無による安定給水効果の検証>
①立管同径配管 減圧弁無
6階一次側圧力0.2MPa PL5%設定 消費電力測定

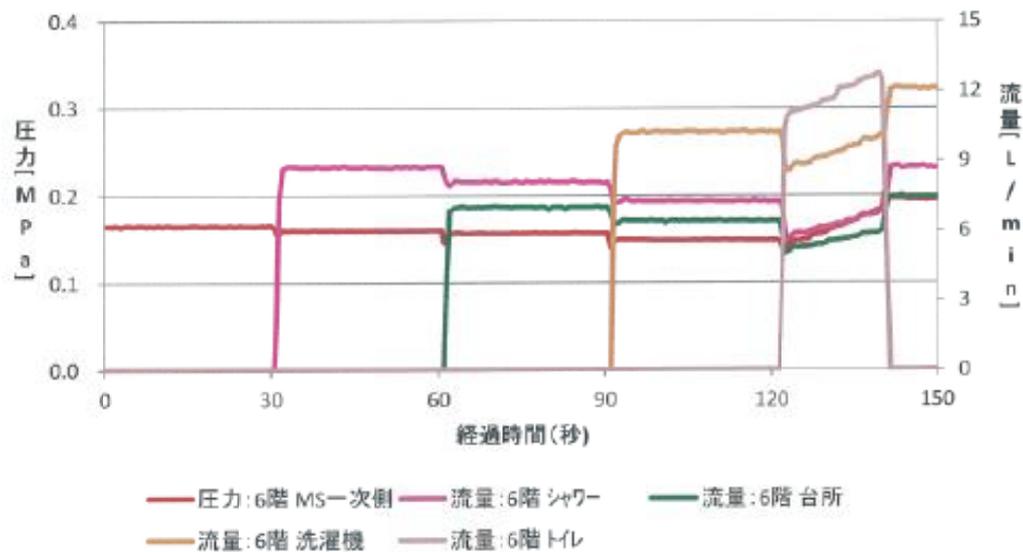


J

電力消費量:7.1Wh

PH:36m
PL:31m

グラフ. 実験1<減圧弁の有無による安定給水効果の検証>
①立管同径配管 減圧弁無
6階一次側圧力0.2MPa PL15%設定 消費電力測定

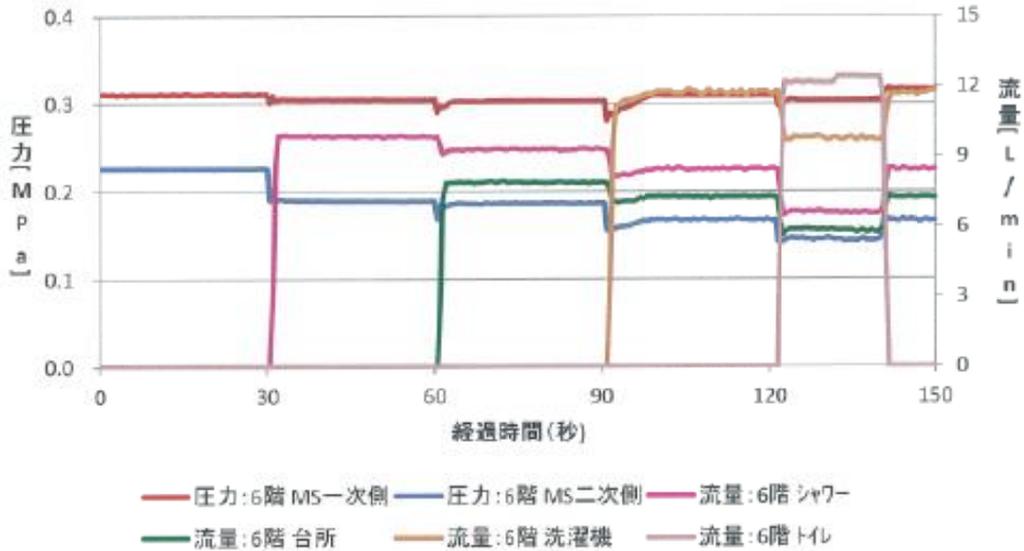


K

電力消費量: 14.5Wh

PH: 48m
PL: 46m

グラフ. 実験1 <減圧弁の有無による安定給水効果の検証>
②立管同径配管 減圧弁有
6階一次側圧力0.32MPa PL5%設定 消費電力測定

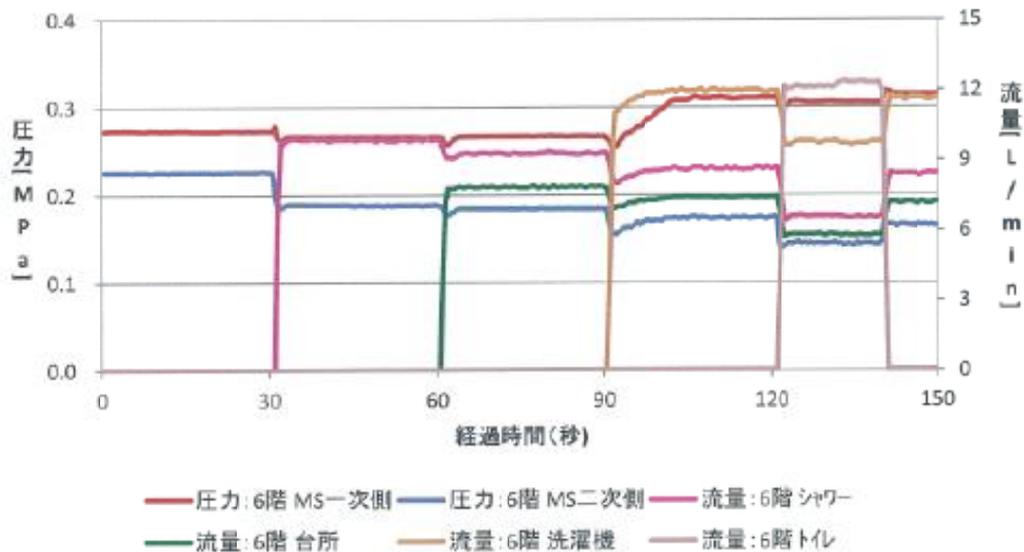


L

電力消費量: 13.1Wh

PH: 48m
PL: 42m

グラフ. 実験1 <減圧弁の有無による安定給水効果の検証>
②立管同径配管 減圧弁有
6階一次側圧力0.32MPa PL15%設定 消費電力測定



実験 1-③ (減圧弁の有無による安定給水効果の検証)

1) 実験結果

同時使用率変動 : 0%-50%-0%-50%

減圧弁	6 階 設定圧 PH MPa	動水圧設定差 (PH-PL 差)	6 階圧力変動値 (戸内水圧) MPa		流量変動 (L/分)		判定	グ ラ フ
			最大	最小	最大	最小		
無	0.2	5%	最大	0.24	最大	11.4	×-△ 同時使用率 が変化する 際にシャワ ー流量の変 化が大きい	M
			最少	0.15	最少	8.8		
			平均	0.20	平均	10.3		
			圧力差 (対平均)	0.04~ 0.05	流量差 (対平均)	1.1~ 1.5		
			圧力差 (最少-最大)	0.09	流量差 (最少-最大)	2.6		
有	0.32	15%	最大	0.20	最大	10.6	○ シャワー流 量の変化が 少ない	N
			最少	0.18	最少	9.6		
			平均	0.19	平均	10.1		
			圧力差 (対平均)	0.01	流量差 (対平均)	0.50		
			圧力差 (最少-最大)	0.02	流量差 (最少-最大)	1.0		

※安定給水の流量変動量目安

シャワー全開時の通水量変動量が 2 L/分以内であること。

※着色表示は 2) 考察③ (47 頁) 参照。

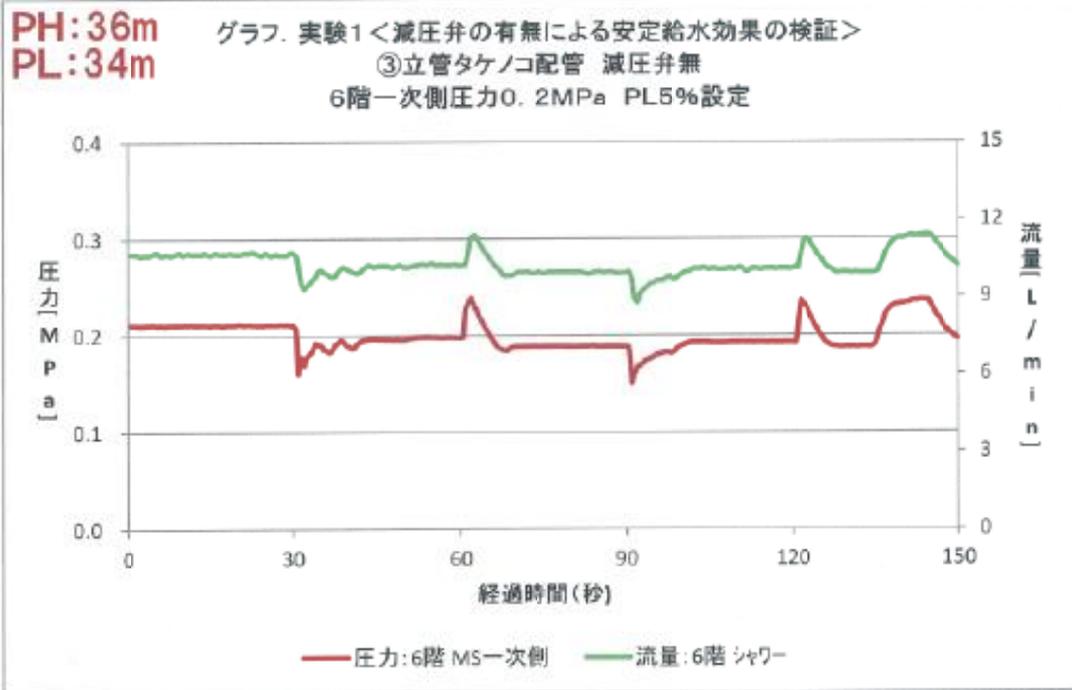
2) 考察③

建物全体の同時使用率を 0%-50%-0%-50% に変化させた時に、実験 1-①② で安定給水が可能であった「減圧弁無し」の場合で、6 階設定圧 0.2MPa、PH-PL 差 : 5% 設定でのシャワーの流量変化は、同時使用率変化時に平均流量との差では目安を超えていないが、最少流量と最大流量の差で見ると、同時使用率変化時に安定給水の流量変動目安 2 L/分を超えている。実際の使用感でもやや問題が見られ、×-△判定となった。

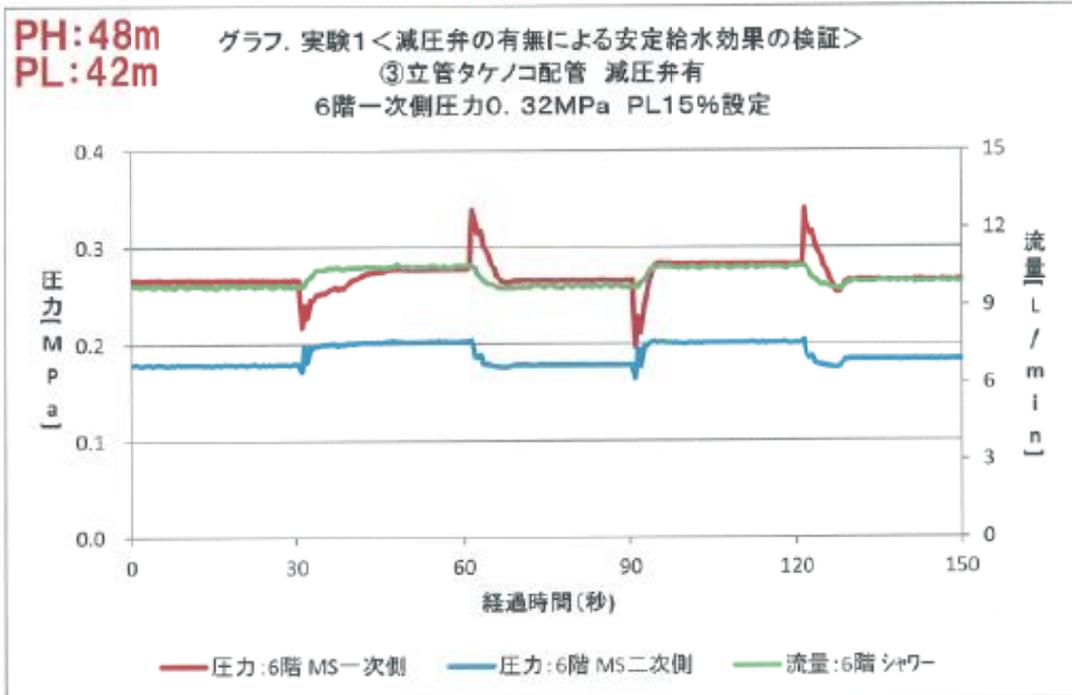
同様に実験 1-①② で安定給水が可能であった「減圧弁有り」の場合で、6 階設定圧 0.32MPa、PH-PL 差 : 15% 設定では、最少流量と最大流量の差、平均流量との差のいずれも安定給水の流量変動目安内であり、使用感にも問題は無かった。

安定給水が可能であっても、「減圧弁無し」の場合は圧力変動に対し影響を直接受け、減圧弁が増圧ポンプの 2 次側の圧力変動を緩衝し、安定給水を維持する効果が見られた結果となった。

M



N



②実験 2：減圧弁設置による電力量増加分の検証

1) 実験結果

実験 1 の結果より以下の条件で測定する。

- ・ 減圧弁無し

6 階設定圧 (PH) : 0.2、0.25 MPa、動水圧設定差 (PH-PL 差) : 15%

- ・ 減圧弁有り

6 階設定圧 (PH) : 0.32、0.25 MPa、動水圧設定差 (PH-PL 差) : 15%

- ・ 立形態管

タケノコ配管

実験 2 (減圧弁設置の有無の電力量比較) 立管：タケノコ配管

減圧弁	6 階 設定圧 PH MPa	動水圧設定差 (PH-PL 差)	6 階 1 次側 実圧 MPa	消費電力 Wh	消費電力 平均 Wh	減圧弁 有無による 電力比	安定給水 状態 (実験 1)
無	0.2	15%	0.13~0.16	6.5	7.5	1.00	×
			0.18~0.21	8.5			
無	0.25	15%	0.22~0.26	11.8	11.8	1.57	○
			0.22~0.26	11.7			
有	0.32	15%	0.24~0.31	12.5	13.6	1.81	○
			0.26~0.31	14.6			
有	0.25	15%	0.23~0.25	11.6	10.4	1.38	○
			0.18~0.22	9.2			

※減圧弁有無による電力比較は、減圧弁無し、設定圧 0.2MPa、PH-PL : 15%を基準として比較した。

※消費電力量は、測定時間 150 秒の電力量を示す。

※着色表示は 2) 考察 (49 頁) 参照。

2) 考察

「減圧弁無し」の場合で、6 階設定圧 PH : 0.2MPa : 15%の条件が最も消費電力が少ない結果となった。しかし実験 1 において、増圧ポンプが PL 駆動した際に 6 階 1 次側実圧が低下し、3 栓使用時にシャワー流量が安定給水の目安より少ない 8 L/分以下となる結果となっている。

よって増圧ポンプが PL 駆動した際でも 6 階実圧が、0.2 MPa を確保できる 6 階設定圧で、「減圧弁無し」の場合でも安定給水が可能かを検証し、安定給水可能な条件での消費電力量比較実験を行う (追加実験 3 75 頁~76 頁参照)。

減圧弁の有無の比較では、6 階設定圧に比例し、消費電力量が増加することが分かった。

しかし、PH-PL 差 15%で比較すると、増圧ポンプの PH 駆動と PL 駆動が定まらず、消費電力量にばらつきが発生する。よってより正確に比較するため、設定 0%での比較実験を行う (追加実験 1 69 頁参照)。

③実験 3 : 増圧ポンプの動水圧設定差 (PH-PL 設定差) の違いによる電力量の検証

1) 実験結果

実験 1 の結果より以下の条件で測定する。

- ・ 減圧弁無し

6 階設定圧 (PH) : 0.2、0.25 MPa、動水圧設定差 (PH-PL 差) : 5%、15%

- ・ 減圧弁有り

6 階設定圧 (PH) : 0.32、0.25 MPa、動水圧設定差 (PH-PL 差) : 5%、15%

- ・ 立形態管

タケノコ配管

実験 3 (動水圧設定差 (PH-PL 差) の違いによる電力量比較) 立管 : タケノコ配管

動水圧設定差 (PH-PL 差)	減圧弁	6 階 設定圧 PH (MPa)	6 階 1 次側 実圧 (MPa)	消費電力 (Wh)	消費電力 平均 (Wh)	PH-PL 設定 による電力 比較 (倍)	安定給水 状態 (実験 1)
5%	無	0.2	0.17~0.20	7.7	8.0	1.07	○
			0.17~0.20	8.3			
	無	0.25	0.21~0.24	11.1	11.2	1.49	○
			0.21~0.24	11.3			
	有	0.32	0.28~0.31	14.0	14.3	1.91	○
			0.28~0.32	14.6			
	有	0.25	0.21~0.24	11.3	11.1	1.48	○
			0.23~0.25	10.9			
15%	無	0.2	0.13~0.16	6.5	7.5	1.00	×
			0.18~0.21	8.5			
	無	0.25	0.22~0.26	11.8	11.8	1.57	○
			0.22~0.26	11.7			
	有	0.32	0.24~0.31	12.5	13.6	1.81	○
			0.26~0.31	14.6			
	有	0.25	0.23~0.25	11.6	10.4	1.39	○
			0.18~0.22	9.2			

※動水圧設定差 (PH-PL 差) による電力比較は、減圧弁無し、設定圧 0.2MPa、PH-PL : 15%を基準として比較した。

※消費電力量は、測定時間 150 秒の電力量を示す。

※着色表示は 2) 考察 (51 頁) 参照。

2) 考察

動水圧設定差（PH-PL 差）5%と 15%での消費電力量の比較は、5%設定の場合、動水圧の設定幅が小さく、増圧ポンプの起動回数が多くなることにより消費電力量は増加する。

一方、15%に設定することで動水圧の設定幅は大きくなり、増圧ポンプの起動回数は少なくなるため、消費電力量は減少することが分かった。

なお、6 階 1 次側の実圧範囲が同様であっても、増圧ポンプが PL 駆動から PH 駆動へ移行するタイミングで消費電力量に差がみられるため、本実験では消費電力量の平均値で比較した。

④実験4：タケノコ配管、同径配管による電力量の検証

1) 実験結果

実験1の結果より以下の条件で測定する。

- ・減圧弁無し

6階設定圧 (PH) : 0.2 MPa、動水圧設定差 (PH-PL 差) : 5%、15%

- ・減圧弁有り

6階設定圧 (PH) : 0.32 MPa、動水圧設定差 (PH-PL 差) : 5%、15%

- ・立形態管

タケノコ配管、同径配管

実験4 (タケノコ・同径配管の電力量比較 : 5%)

立管	減圧弁	6階 設定圧 PH MPa	動水圧設定差 (PH-PL 差)	6階 1次側 実圧 MPa	消費電力 Wh	消費電力 平均 Wh	立管形態 による 電力比較	安定給水 状態 (実験1)
タケノコ	無	0.2	5%	0.17~0.20	7.7	8.0	1.06	○
				0.17~0.20	8.3			
同径	無	0.2	5%	0.17~0.20	8.3	8.4	1.12	○
				0.17~0.19	8.5			
タケノコ	有	0.32	5%	0.28~0.31	14.0	14.3	1.91	○
				0.28~0.32	14.6			
同径	有	0.32	5%	0.29~0.32	14.3	14.4	1.92	○
				0.29~0.32	14.5			

実験4 (タケノコ・同径配管の電力量比較 : 15%)

立管	減圧弁	6階 設定圧 PH MPa	動水圧設定差 (PH-PL 差)	6階 1次側 実圧 MPa	消費電力 Wh	消費電力 平均 Wh	立管形態 による 電力比較	安定給水 状態 (実験1)
タケノコ	無	0.2	15%	0.13~0.16	6.5	7.5	1.00	×
				0.18~0.21	8.5			
同径	無	0.2	15%	0.18~0.20	8.4	7.8	1.04	×
				0.14~0.20	7.1			
タケノコ	有	0.32	15%	0.24~0.31	12.5	13.6	1.81	○
				0.26~0.31	14.6			
同径	有	0.32	15%	0.30~0.32	14.7	13.9	1.85	○
				0.25~0.32	13.1			

※立管形態による電力比較は、減圧弁無し、設定圧 0.2MPa、PH-PL : 15%を基準として比較した。

※消費電力量は、測定時間 150 秒の電力量を示す。

※着色表示は2) 考察 (53 頁) 参照。

2) 考察

タケノコ配管、同径配管での立管の違いによる消費電力量比較は、動水圧設定差（PH-PL 差）が 5%、15%のいずれの設定も大きな差が無いことが分かった。

しかし、動水圧設定差（PH-PL 差）を 15%で比較すると、増圧ポンプが PH 駆動時と PL 駆動時に消費電力量のばらつきが発生する。よってより正確に比較するため、0%設定での比較実験を行う（追加実験 2 72 頁参照）。

⑤実験5：立管エア混入時の水撃発生を検証

1) 実験結果

実験5-①②（立管エア混入時の水撃発生を検証）6階シャワー使用

減圧弁	6階 設定圧 PH MPa	動水圧設定差 (PH-PL 差)	6階 戸内水撃値 MPa	流量変動 (L/分)		判定	グラフ
				最大	最少 流量差		
無	0.2	15%	0.33 *1	最大	11.0	×-△ 水撃発生時にシャワー ー流量の変化が大きい	○1 ○2
				最少	10.2		
				流量差	0.8		
有	0.32	15%	0.43 *1	最大	10.3	△-○ シャワーー流量の変化が 少ない	P1 P2
				最少	9.9		
				流量差	0.4		

*1：流量測定用の測定装置では、サンプリング周期が大きく、変化が急激な水撃値は正確に測定できないため、サンプリング周期を少なくできる測定器で水撃値を測定した。

- ・流量測定用測定器：サンプリング周期 0.5 秒/1回 （グラフ○1、P1）
- ・水撃測定用測定器：サンプリング周期 0.1 秒/1回 （グラフ○2、P2）

※安定給水の流量変動量目安

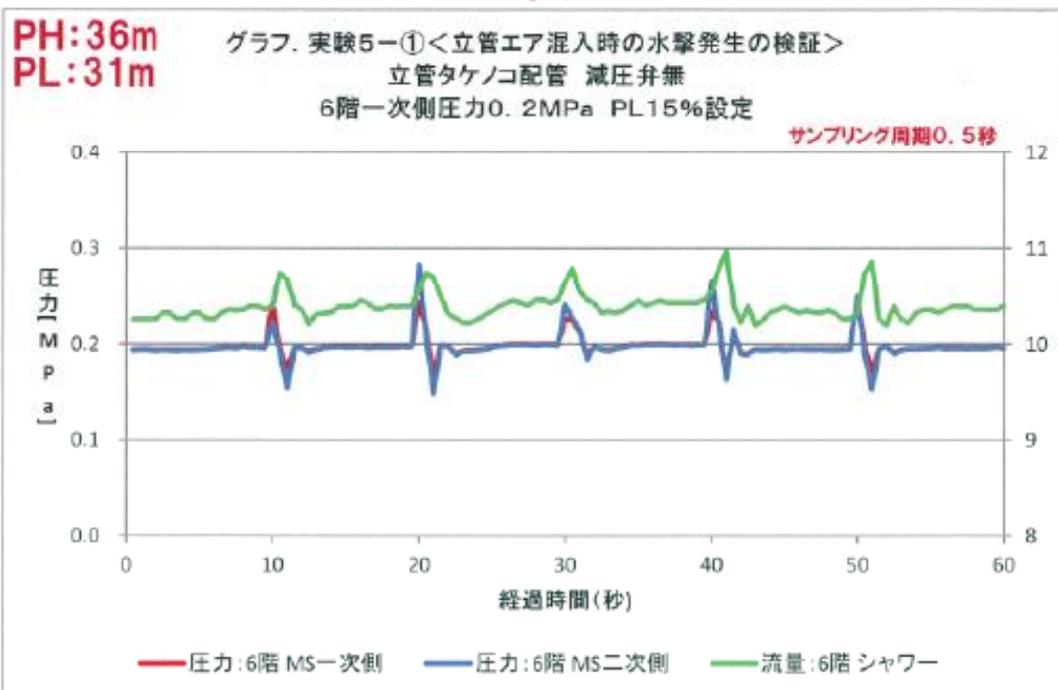
シャワー全開時の通水量変動量が 2 L/分以内であること。

2) 考察①②

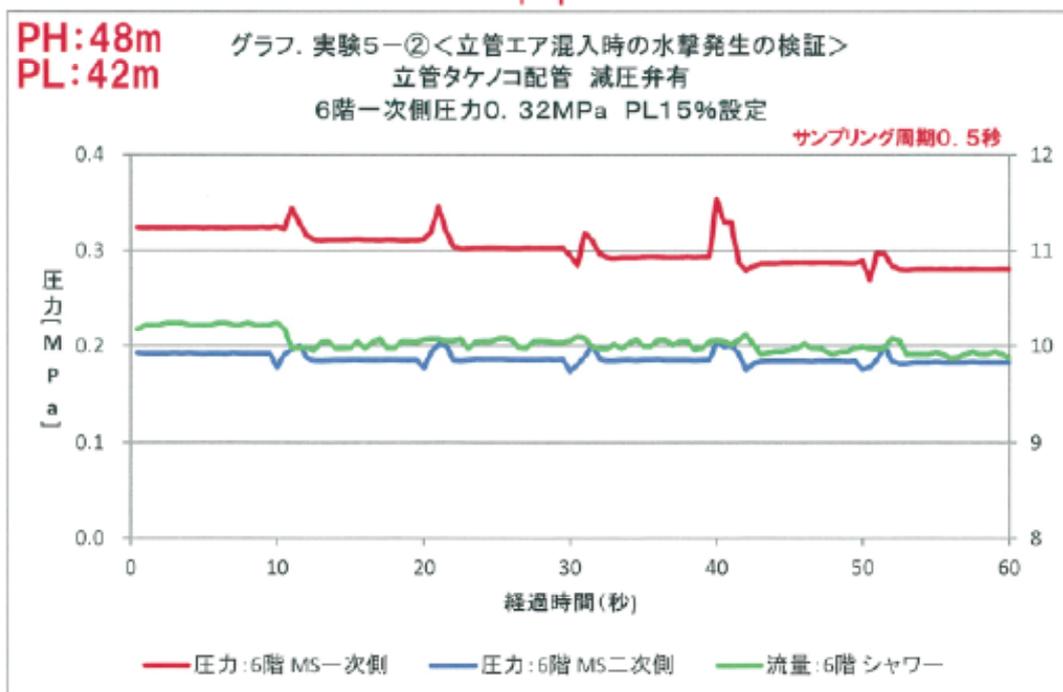
6階でシャワーを使用している状況で、4階で水撃を発生させた場合、「減圧弁無し」の場合は、グラフ○1（流量）、○2（水撃）のデータより、水撃がシャワーの流量に直接影響し、安定給水の流量変動量目安である 2 L/分は超えていないが、シャワーー流量の変化により、使用感の面で問題があった。

「減圧弁有り」の場合は、グラフP1（流量）、P2（水撃）のデータより、減圧弁1次側の水撃が、2次側では平坦化されているおり、減圧弁が急激な圧力変動を緩衝し、流量変動が少なく使用感にも問題は無く、安定給水を維持することができた。

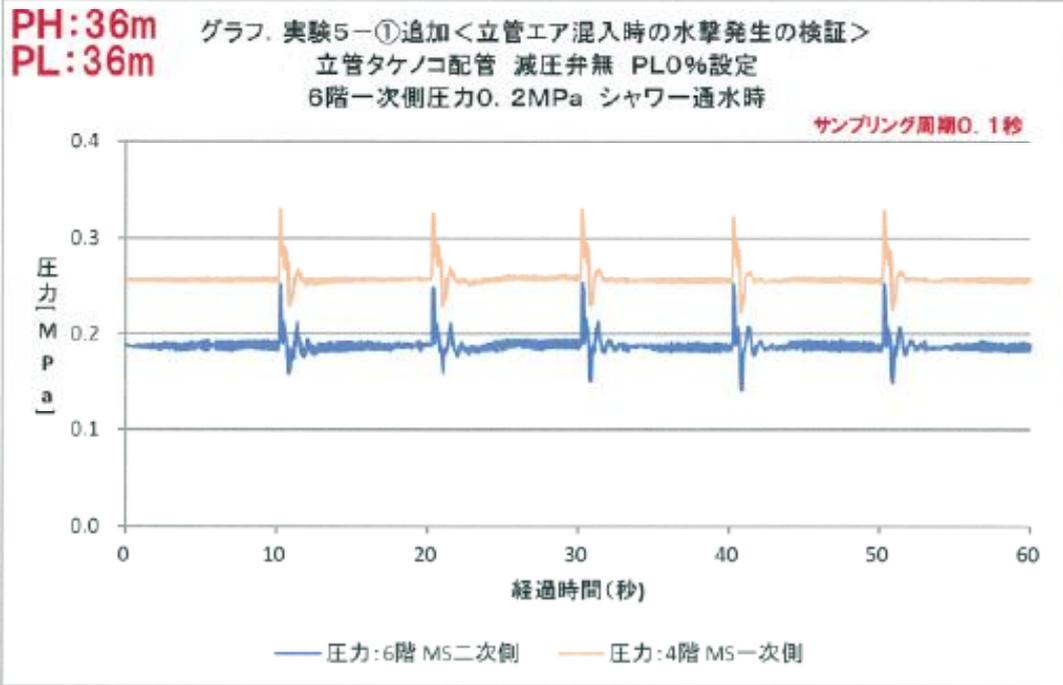
O 1



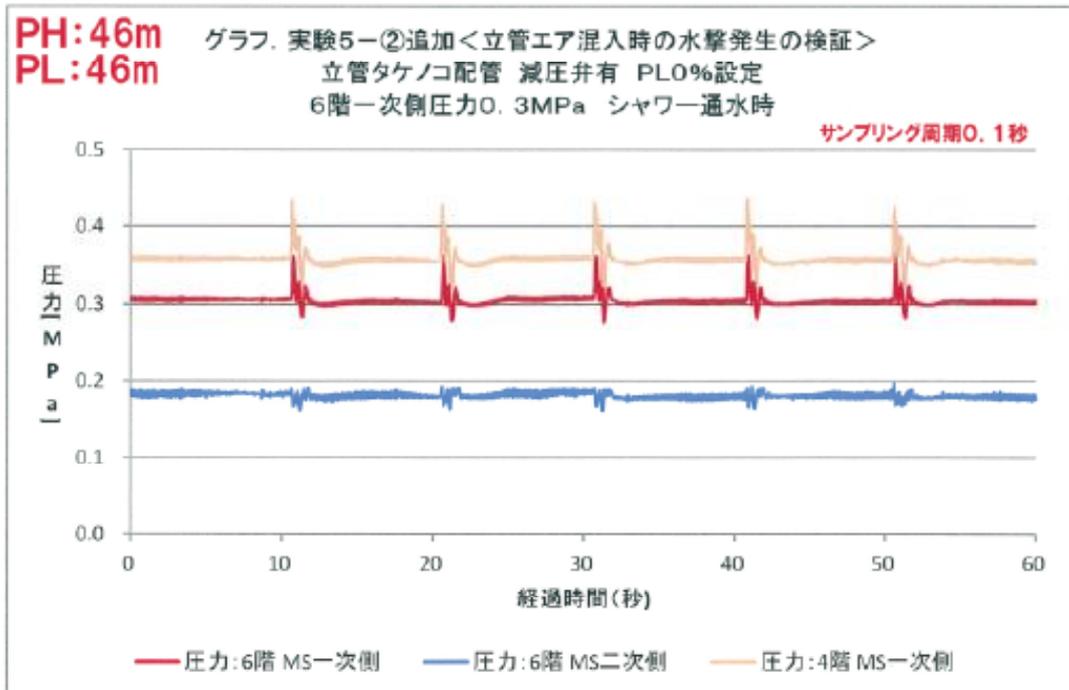
P 1



O 2



P 2



実験 5-③（立管エア混入時の水撃発生を検証）6 階水未使用

1) 実験結果

※圧力のみ測定

減圧弁	6 階 設定圧 PH MPa	動水圧 設定差 (PH-PL 差)	6 階 戸内水撃値 MPa	6 階 戸内圧力変動 MPa		判定	グラフ
				最大	最少		
無	0.2	0%	0.33	最大	0.28	×-△ 水撃発生時に 6 階 戸内の水圧が上昇 したまま封じられ ている。	Q
				最少	0.20		
				圧力差	0.08		
有	0.3	0%	0.43	最大	0.22	○ 減圧弁設定圧力 0.2 MPa を維持して いる。	R
				最少	0.21		
				圧力差	0.01		

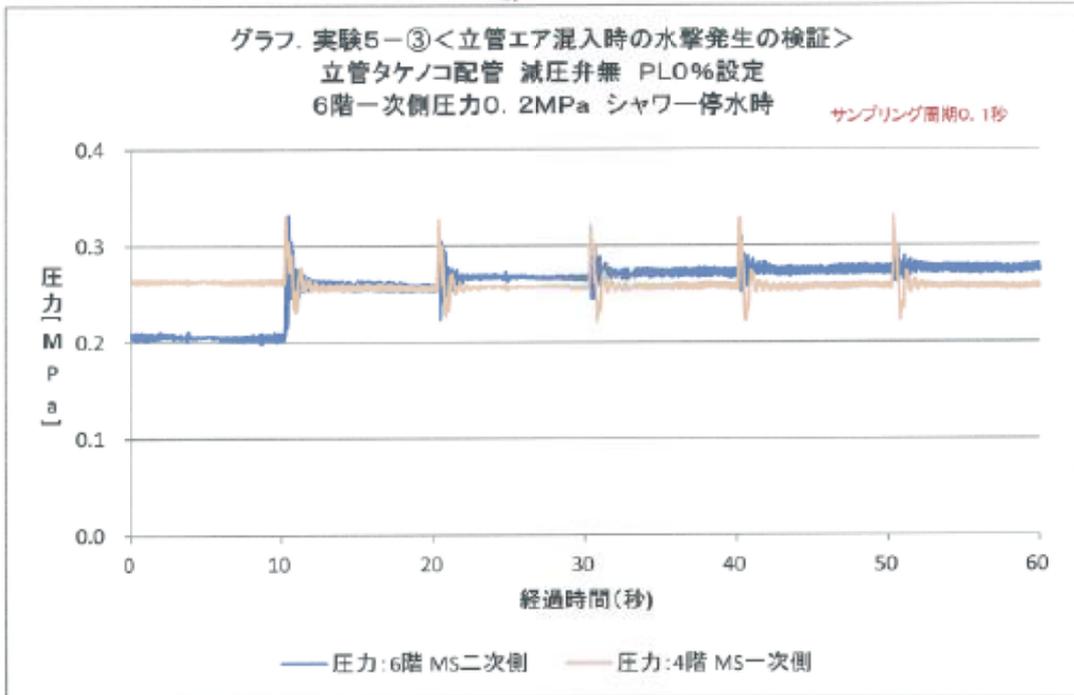
・水撃測定用測定器：サンプリング周期 0.1 秒/1 回（グラフ Q、R）

2) 考察③

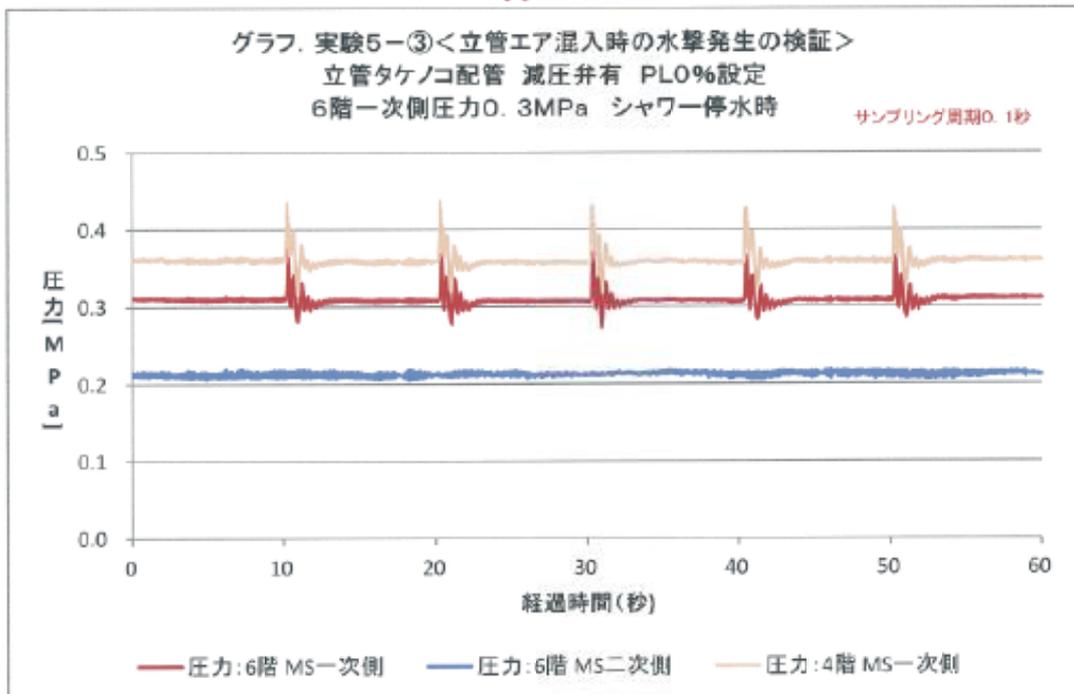
6 階で水を使用しない状況で、4 階で水撃を発生させた場合、「減圧弁無し」の場合は、グラフ Q のデータより、水撃が 6 階の戸内まで届き、6 階戸内の逆止弁でその圧力が封じられ、戸内の圧力が高いままになる現象があった。圧力は 1 回目の水撃で上昇し、2 回目以降は圧力の高い状態を維持していた。

「減圧弁有り」（6 階減圧弁が閉じた状態）の場合は、グラフ R のデータより、水撃が 6 階の減圧弁を通過せず、減圧弁の設定圧力 0.2 MPa を維持しており、減圧弁 2 次側の戸内の圧力に影響しないことが分かった。

Q



R



⑥実験 6：停電発生時の増圧ポンプ停止・再稼働時の検証

1) 実験結果

実験 6 (停電発生時の増圧ポンプ停止・再起動時の検証)

減圧弁	6 階 設定圧 PH MPa	動水圧設定差 (PH-PL 差)	停電 時間	判定	グラフ
無	0.2	15%	15 秒	×-△ 停電中にシャワー流量が 3L/分以下になる	S
有	0.32	15%	15 秒	△-○ 停電中にシャワー流量が 6L/分程度になる	T

参考実験

減圧弁	6 階 設定圧 PH MPa	動水圧設定差 (PH-PL 差)	停電 時間	判定	グラフ
無	0.3	0%	15 秒	×-△ 停電中にシャワー流量が 3L/分以下になる	U
有	0.3	0%	15 秒	△ 停電中にシャワー流量が 5L/分程度になる	V

2) 考察

「減圧弁無し」の場合、グラフ S のデータより、増圧ポンプが停止した後は急激にシャワー流量が落ち込んだ。

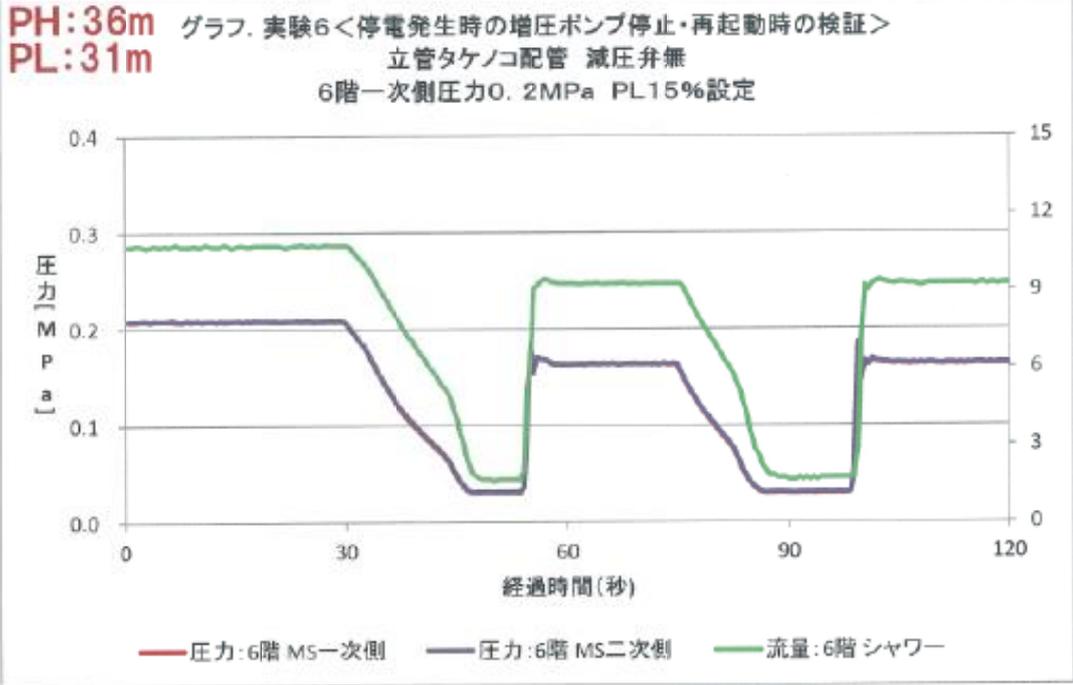
「減圧弁有り」の場合、グラフ T のデータより、増圧ポンプが停止した後も流量は確保され、停電中はシャワーの使用が可能であった。「減圧弁有り」の場合は、圧力の低下がなだらかであり、「減圧弁無し」の場合に比べ、シャワー流量の減少が緩やかであった。

減圧弁の効果を確認するため、「減圧弁無し」と、「減圧弁有り」で同じ 6 階設定圧で参考実験を行った。

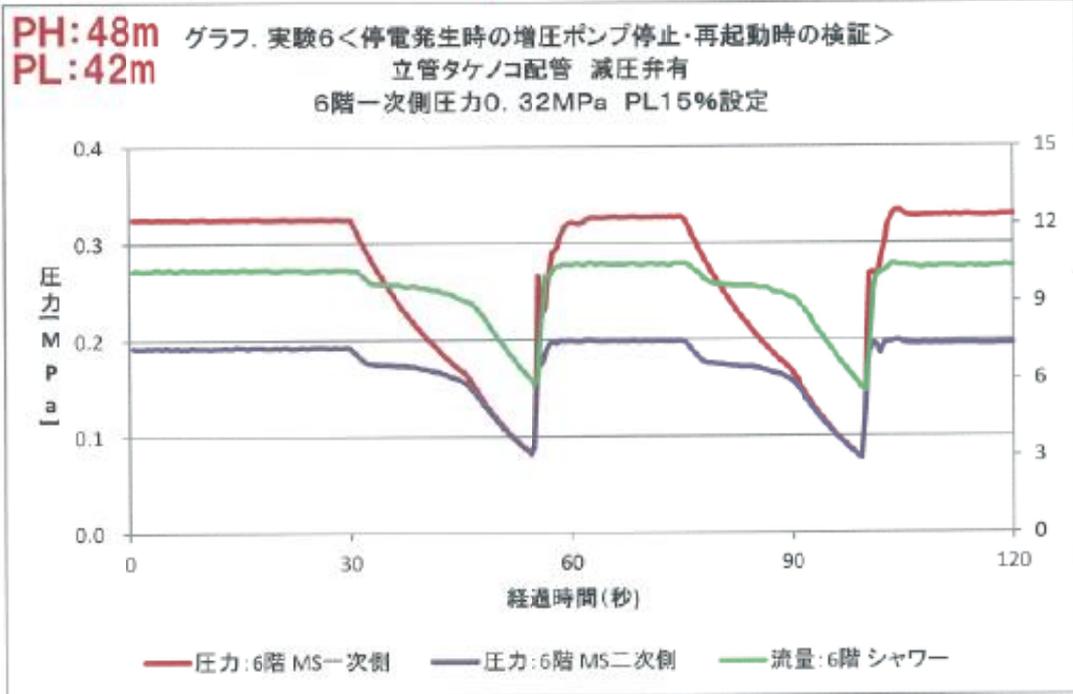
「減圧弁無し」では、グラフ U のデータより、停電発生からシャワー流量が 13 L/分から 3 L/分以下まで低下したのに対し、「減圧弁有り」では、グラフ V のデータより、10 L/分から 5 L/分程度の低下になった。

グラフから減圧弁の 1 次側圧力が、減圧弁の設定圧 (0.2 MPa) より高い状態では、減圧弁の圧力変動を抑制する圧力制御が効き、シャワーの流量低下を抑えていることが分かった。

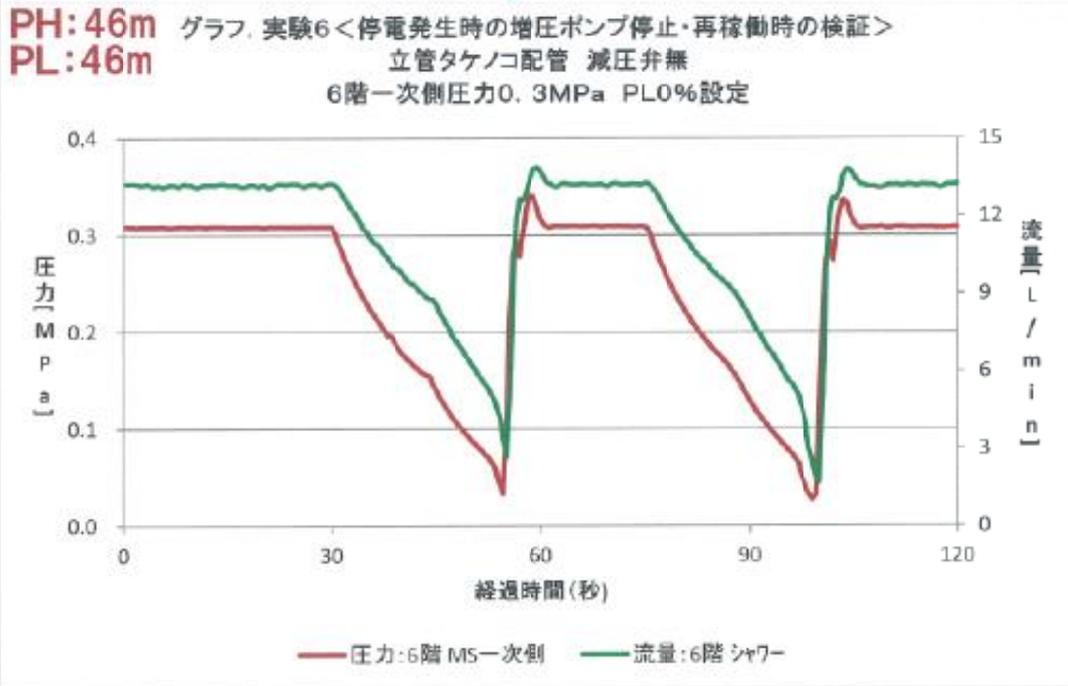
S



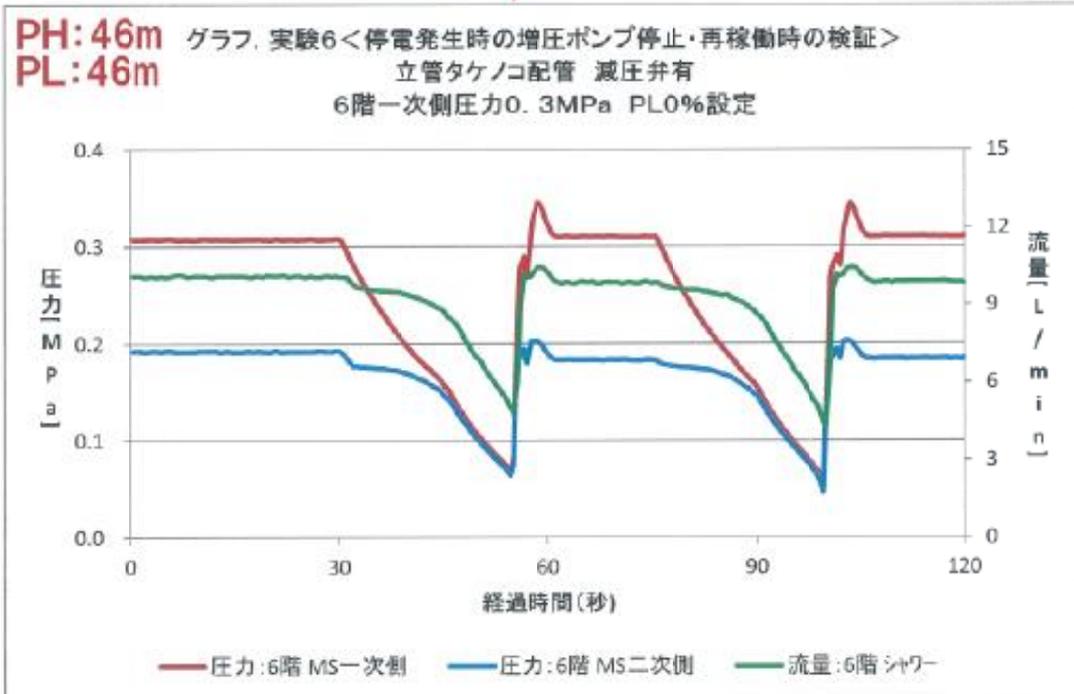
T



U



V



⑦実験 7：増圧ポンプ 1 次側の圧力変動に対する検証

1) 実験結果

実験 7 (増圧ポンプ 1 次側の圧力変化に対する検証)

減圧弁	6 階 設定圧 PH MPa	動水圧 設定差 (PH-PL 差)	増圧ポンプ 1 次圧変動	6 階 戸内圧力変動 MPa		流量変動 (L/分)		判定	グ ラ フ
				最大	最少	最大	最少		
無	0.2	15%	0.1~ 0.25MPa	最大	0.26	最大	11.7	× 増圧ポンプ 1 次側の 水圧変動に伴いシャ ワー流量が上下す る。	W
				最少	0.13	最少	8.4		
				圧力 差	0.13	流量 差	3.3		
有	0.32	15%	0.1~ 0.25MPa	最大	0.20	最大	10.1	○ シャワーは安定して いる。	X
				最少	0.17	最少	9.6		
				圧力 差	0.03	流量 差	0.5		

※安定給水の流量変動量目安

シャワー全開の通水量変動量が 2L/分以内であること。

※黄色表示は 2) 考察 (62 頁) 参照。

2) 考察

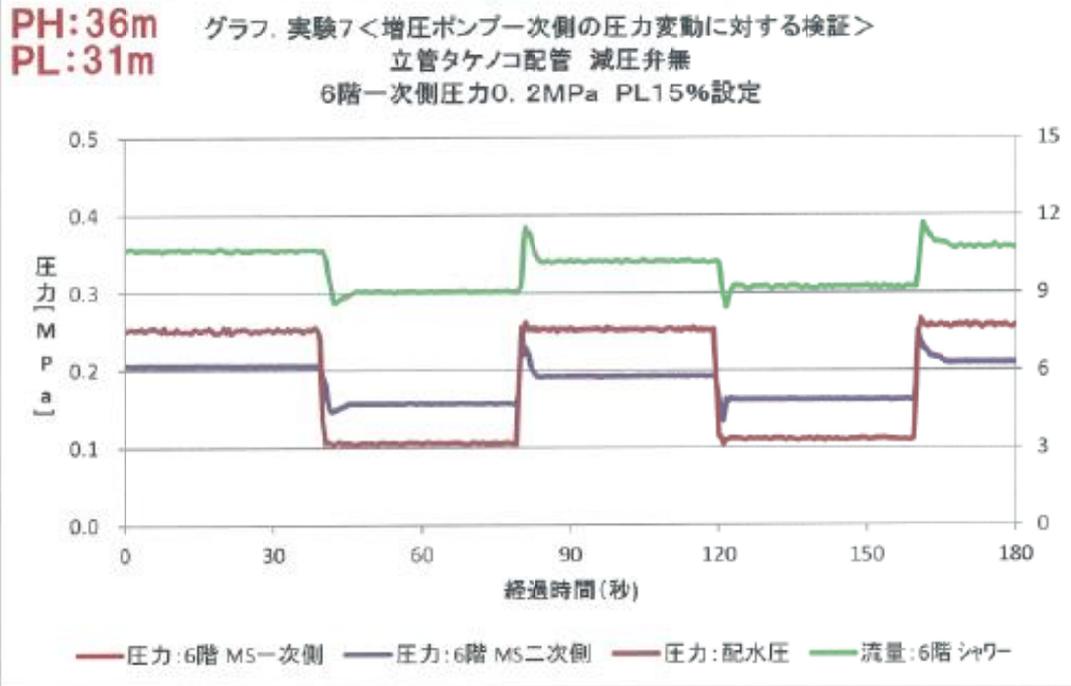
「減圧弁無し」の場合は、グラフ W のデータより、増圧ポンプの 1 次側圧力の変動に伴う 2 次側圧力変動により、シャワーの流量の最大・最少差が安定給水の流量変動量目安である 2L/分を超えている。

また「減圧弁無し」で、6 階の設定圧を PH : 0.2MPa、PH-PL 差を 15%とした場合、増圧ポンプの 1 次側の圧力が 0.1MPa に低下した際、増圧ポンプ側の制御としては吐出圧力が足りていると判断し、PL 駆動を継続した。逆に増圧ポンプの 1 次側の圧力が 0.25MPa に増加した際は、PH 駆動に移り吐出圧力が増加した。結果として 1 次側の圧力変動に連動して吐出圧力が上下することとなり、PH : 0.2MPa、PH-PL 差 15%の設定では圧力が低く、増圧ポンプの制御に影響があることが分かった。

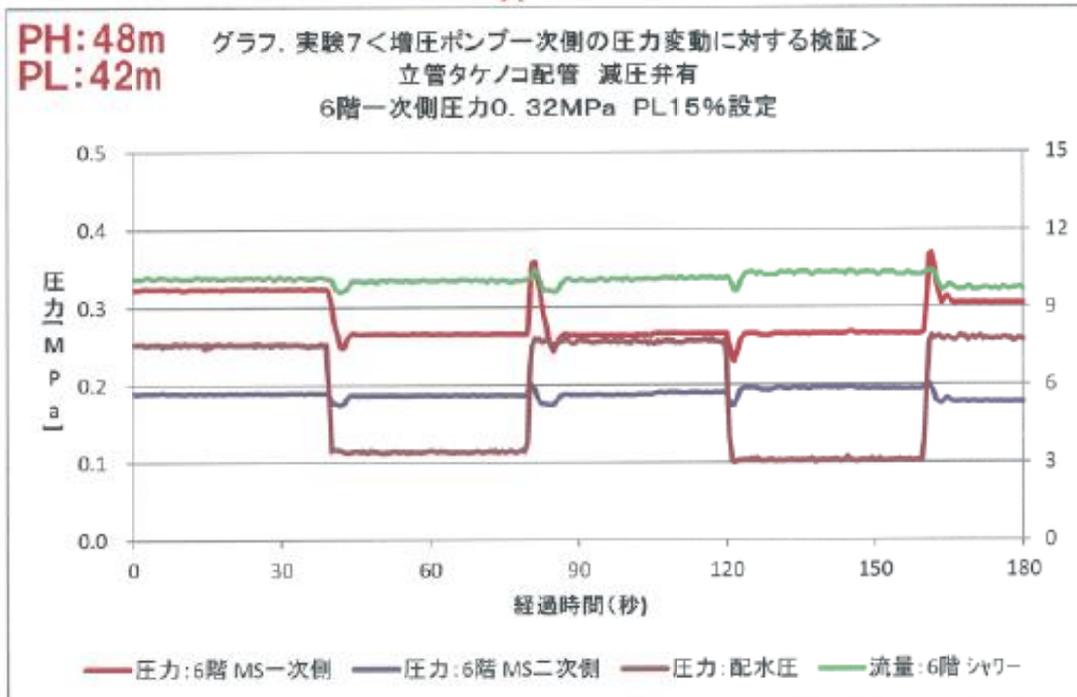
「減圧弁有り」の場合は、グラフ X のデータより、増圧ポンプの 1 次側圧力の変動に伴う 2 次側圧力変動に対し、シャワーの流量変化は安定給水の流量変動量目安内であり、使用感にも問題はなかった。

減圧弁が、増圧ポンプの 1 次側の圧力変動から影響する増圧ポンプ 2 次側の圧力変動を緩衝し、安定給水を維持する効果があった。

W



X



⑧実験 8：増圧ポンプの同時使用率変化に対する検証

1) 実験結果

実験 8 (増圧ポンプの同時使用率変化に対する検証)

同時使用率変動：0%-50%-0%-50%

減圧弁	6 階 1 次圧 PH MPa	動水圧 設定差 (PH-PL 差)	6 階戸内圧力変動 MPa		流量変動 (L/分)		判定	グ ラ フ
			最大	最少	最大	最少		
無	0.2	15%	最大	0.25	最大	11.6	× 同時使用率が変化する際 にシャワー流量の変化が 大きい	Y
			最少	0.12	最少	8.0		
			圧力差	0.13	流量差	3.6		
有	0.32	15%	最大	0.20	最大	10.5	○ シャワーは安定してい る。	Z
			最少	0.17	最少	9.6		
			圧力差	0.03	流量差	0.9		

※安定給水の流量変動量目安

シャワー全開時の通水量変動量が 2 L/分以内であること。

※黄色表示は 2) 考察 (64 頁) 参照。

2) 考察

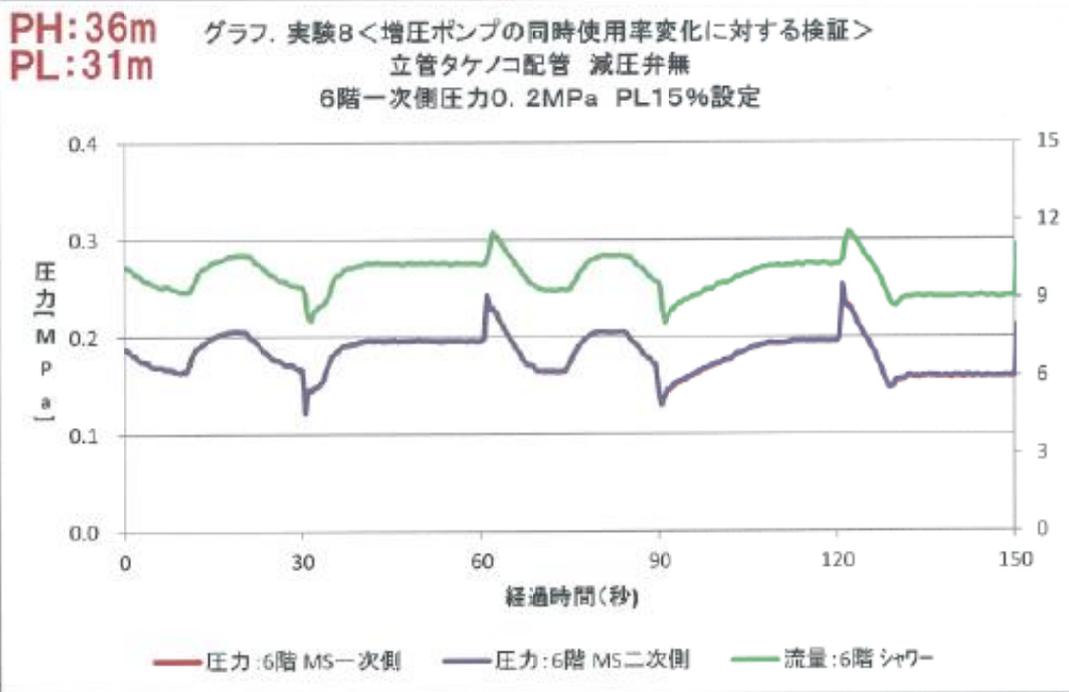
グラフ Y、グラフ Z の波形から、実験 1-③と異なる変化時間で、建物全体の同時使用率を 0%-50%-0%-50%に変化させた時に、実験 1-③の波形 (グラフ M、グラフ N) よりも増圧ポンプの出力が大きな圧力変動を生じる結果となった。これは、同時使用率を変化させるバルブ開閉作業時間の違いである。

「減圧弁無し」の場合は、グラフ Y のデータより、同時使用率変化時にシャワーの流量変化が安定給水の流量変動量目安である 2 L/分を超えている。

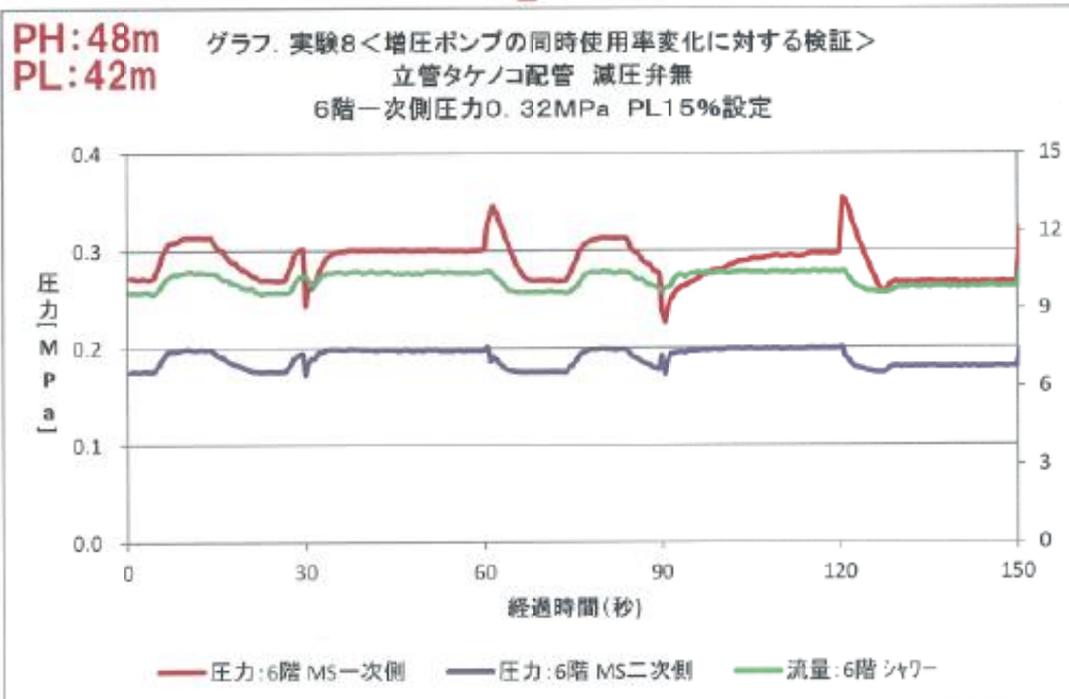
「減圧弁有り」の場合は、グラフ Z のデータより、同時使用率変化時にシャワーの流量変化が安定給水の流量変動量目安内であり、使用感にも問題はなかった。

結果として、「減圧弁有り」の場合は、実験 1-③の結果と同じであり、減圧弁が増圧ポンプの 2 次側の圧力変動を緩衝し、安定給水を維持する効果があった。

Y



Z



(9) 追加実験

1) 追加実験の目的

<追加実験の目的>

実験 1、実験 2、実験 4 の考察から以下の目的で追加実験を行う。

- ① 「実験 2 : 減圧弁設置による電力量増加分の検証」、「実験 4 : タケノコ配管、同径配管による電力量の検証」において、動水圧設定差 (PH-PL 差) の設定を 15% で比較すると、増圧ポンプが PH 駆動時と PL 駆動時に消費電力量のばらつきにより測定データに幅が発生した。
よってより正確に比較するため、動水圧設定差 (PH-PL 差) : 0% での比較実験を行う。

⇒ 追加実験 1、追加実験 2

- ② 「実験 1 : 減圧弁の有無による安定給水効果の検証」において、最も消費電力の少ない条件である「減圧弁無し」、6 階設定圧 PH : 0.2MPa : 15% では、PL 駆動の時にタケノコ配管、同径配管のいずれも PL 駆動の際、水圧 0.13~0.14MPa まで水圧が低下し、3 栓使用時にシャワー流量が不足した。⇒ (PH 基準設定)

また、その設定では増圧ポンプ 1 次側圧力 (配水圧) と PL 時の水圧差が少なくなり、増圧ポンプの制御に影響が出た。

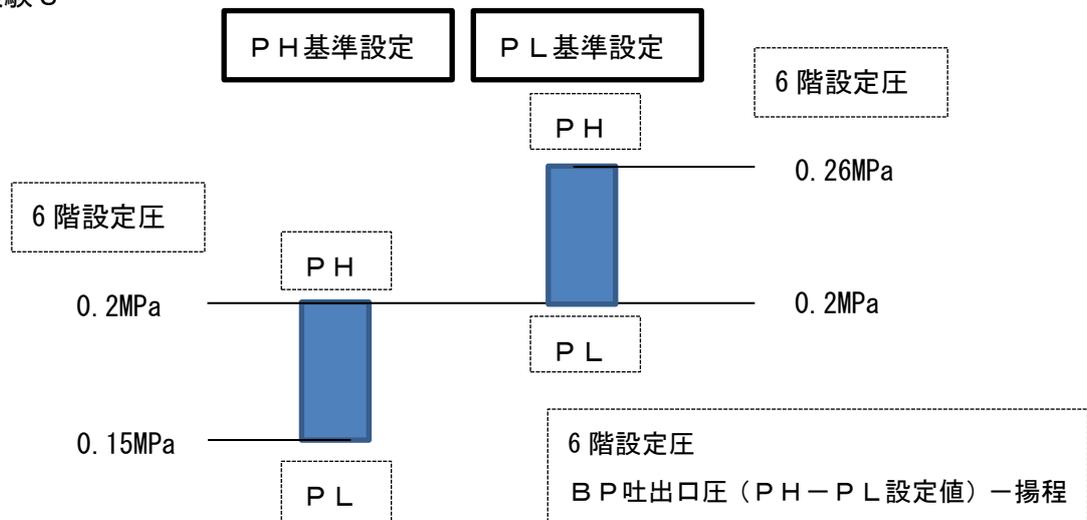
0.2MPa : 5% では設定自体が一般的ではなく、実態に即さない。

よって PL 駆動時 0.2MPa の設定とし、「減圧弁無し」の場合での安定給水状態と消費電力量を検証する。⇒ (PL 基準設定)

(PH を上げ、PL 駆動でも 0.2MPa を確保する⇒ただしその分、消費電力は上がる)

また、同じ PL 駆動時 0.2MPa の設定において、「減圧弁有り」の場合の給水状態と消費電力量を検証する。

⇒ 追加実験 3



2) 追加実験の手順

追加実験 1 <減圧弁による電力量増加分の検証 (追) >

追加実験 1

- A) 「実験 2 : 減圧弁設置による電力量増加分の検証」の 6 階設定圧の、動水圧設定差 (PH-PL 差) を 0% とし、6 階メータユニット「減圧弁無し」の状態にてタケノコ配管の増圧ポンプ消費電力を測定する。
- B) 同条件で、6 階メータユニット「減圧弁有り」の状態にて増圧ポンプ消費電力を測定する。
- C) 実験結果より、減圧弁があることによる電力消費量増加分をまとめる。

追加実験 2 <タケノコ配管、同径配管による電力量の検証 (追) >

追加実験 2

- A) 「実験 4 : タケノコ配管、同径配管による電力量の検証」の 6 階設定圧の、動水圧設定差 (PH-PL 差) を 0% とし、6 階メータユニット「減圧弁無し」の状態にて、タケノコ配管と同径配管の増圧ポンプ消費電力を測定する。
- B) 同条件で、6 階メータユニット「減圧弁有り」の状態にて増圧ポンプ消費電力を測定する。
- C) 実験結果より、タケノコ配管、同径配管による電力消費量をまとめる。

追加実験3 <減圧弁の有無による安定給水効果の検証（追）>

追加実験3

A) 以下の条件で、実験1 <減圧弁の有無による安定給水効果の検証>を行う。

- ・ 6階PS内減圧弁 : 「減圧弁無し」、「減圧弁有り」
- ・ 動水圧設定差 : 5%、10%、15%
- ・ 立管 : タケノコ配管
- ・ 6階での設定圧 : PL時 0.2 MPa、0.25 MPa

減圧弁無し

動水圧設定差 (PH-PL 差)	PL (MPa) 6階	PH (MPa) 6階	PL (MPa) BP 吐出口側・設定値	PH (MPa) BP 吐出口側・設定値
5%	0.20	0.22	0.36	0.38
10%	0.20	0.24	0.36	0.40
15%	0.20	0.26	0.36	0.42

BP : 増圧ポンプ

減圧弁有り

動水圧設定差 (PH-PL 差)	PL (MPa) 6階	PH (MPa) 6階	PL (MPa) BP 吐出口側・設定値	PH (MPa) BP 吐出口側・設定値
15%	0.20	0.26	0.36	0.42
15%	0.25	0.31	0.41	0.47

BP : 増圧ポンプ

B) 実験1と同条件で消費電力量を測定する。

(10) 追加実験結果

①追加実験 1 <減圧弁による電力量増加分の検証 (追) >

1) 実験結果

追加実験 1 (減圧弁設置の有無の電力量比較 (追) : 0%)

減圧弁	6階 設定圧 PH MPa	動水圧設定差 (PH-PL 差)	6階 1次側 実圧 MPa	消費電力 Wh	減圧弁 有無による 電力比較	3栓使用時 シャワー流量 L/分・判定	グ ラ フ
無	0.2	0%	0.18~0.21	8.6	1.00	8.8・○	AA
無	0.25	0%	0.22~0.26	10.9	1.27	10.0・○	AB
有	0.25	0%	0.23~0.26	10.8	1.26	8.2・○	AC
有	0.3	0%	0.28~0.31	13.0	1.51	8.3・○	AD

※減圧弁有無による電力比較は、減圧弁無し、設定圧 0.2MPa、PH-PL 差 : 0%を基準として比較した。

※消費電力量は、測定時間 150 秒の電力量を示す。

※着色表示は 2) 考察 (69 頁) 参照。

2) 考察

減圧弁の有無による消費電力量の比較を、動水圧設定差 (PH-PL 差) : 0%で行った結果、全てにおいて 6階 3栓使用時のシャワー流量は、安定給水の流量目安の 8L/分以上となっている中で、低消費電力量の結果は、以下であった。

- ・「減圧弁無し」の場合、設定圧 0.2 MPa
- ・「減圧弁有り」の場合、設定圧 0.25 MPa

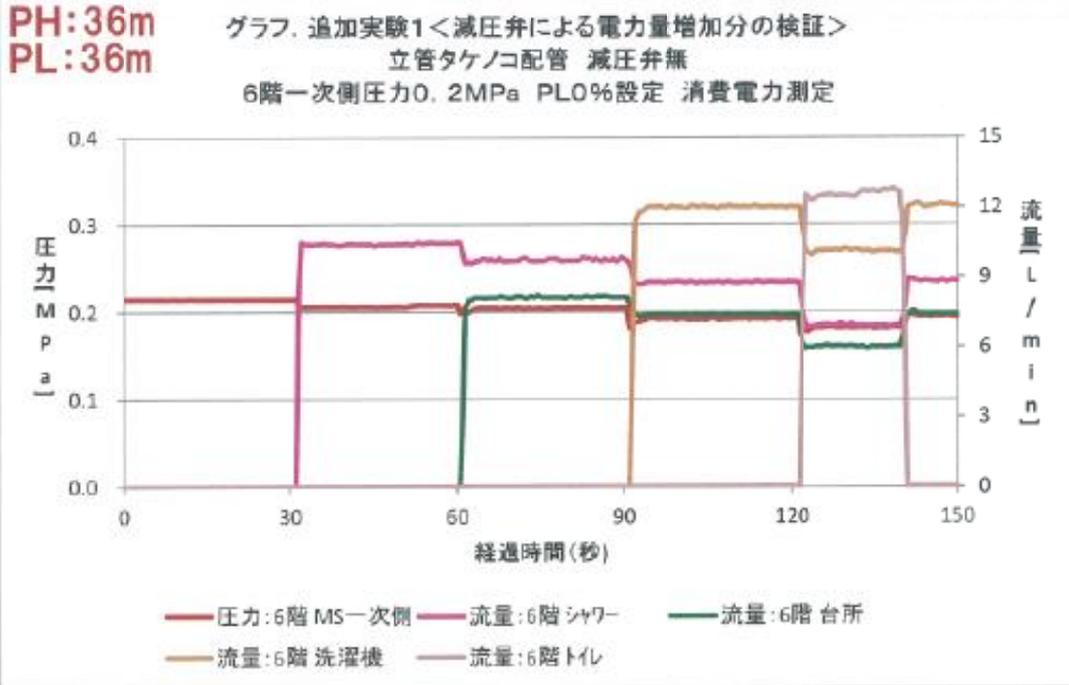
この 2つの結果から、減圧弁を設置することで、1.26 倍の電力量を消費することが分かった。

また、「減圧弁有り」の場合は、設定圧 0.3 MPa としてもシャワー流量に変化はなく、消費電力としては「減圧弁無し」、設定圧 0.2 MPa 比較で 1.51 倍の電力が消費されている。

よって、減圧弁を設置する場合は、「減圧弁設定圧+差圧」の差圧部分を過剰に設定しないことが必要である。

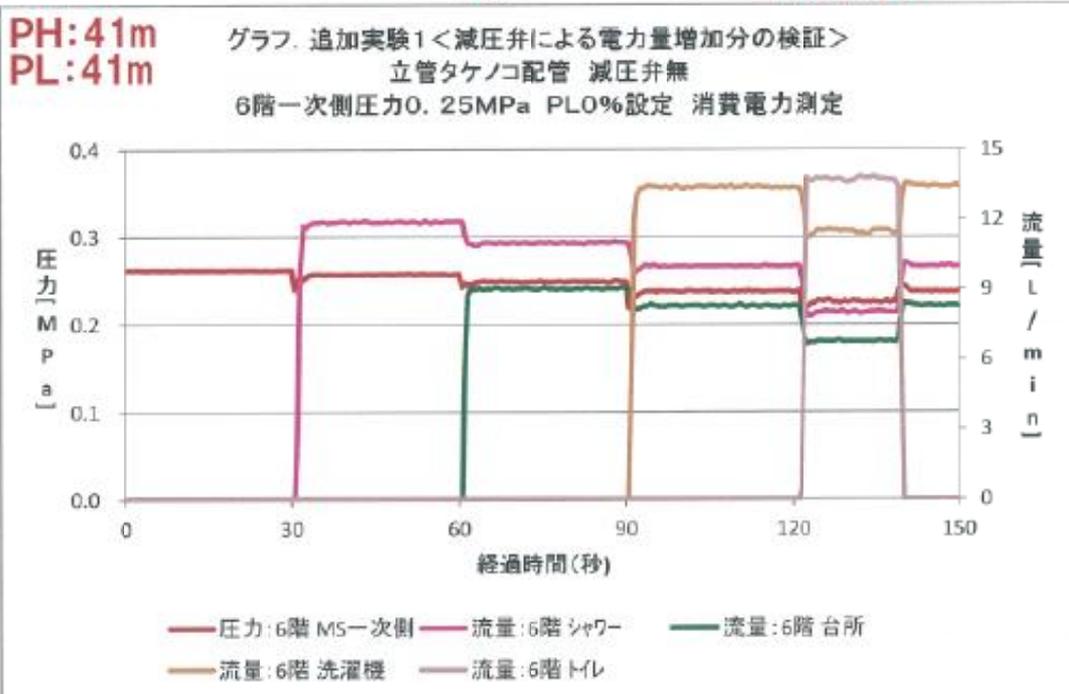
AA

電力消費量:8.6Wh



AB

電力消費量:10.9Wh

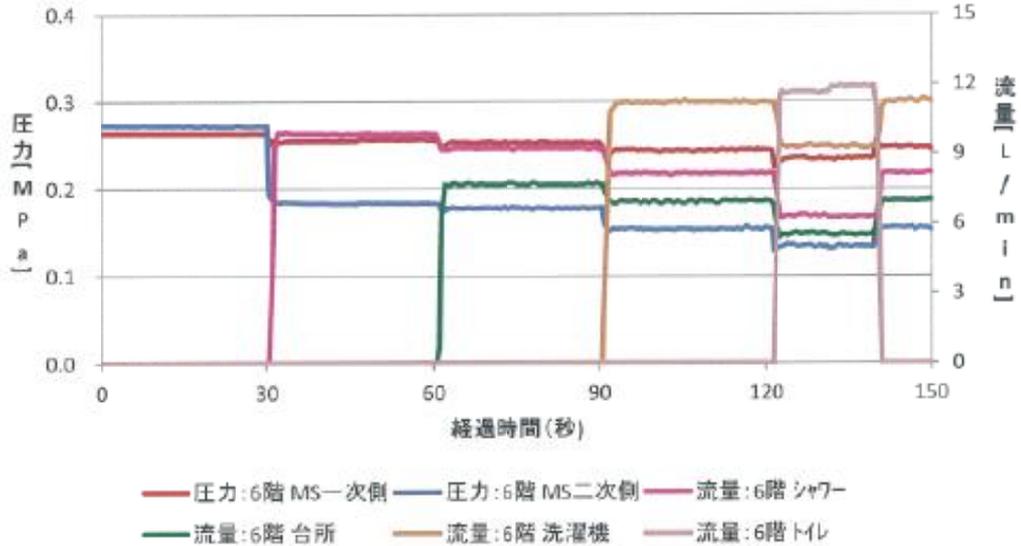


AC

電力消費量: 10.8Wh

PH: 41m
PL: 41m

グラフ. 追加実験1<減圧弁による電力量増加分の検証>
立管タケノコ配管 減圧弁有
6階一次側圧力0.25MPa PLO%設定 消費電力測定

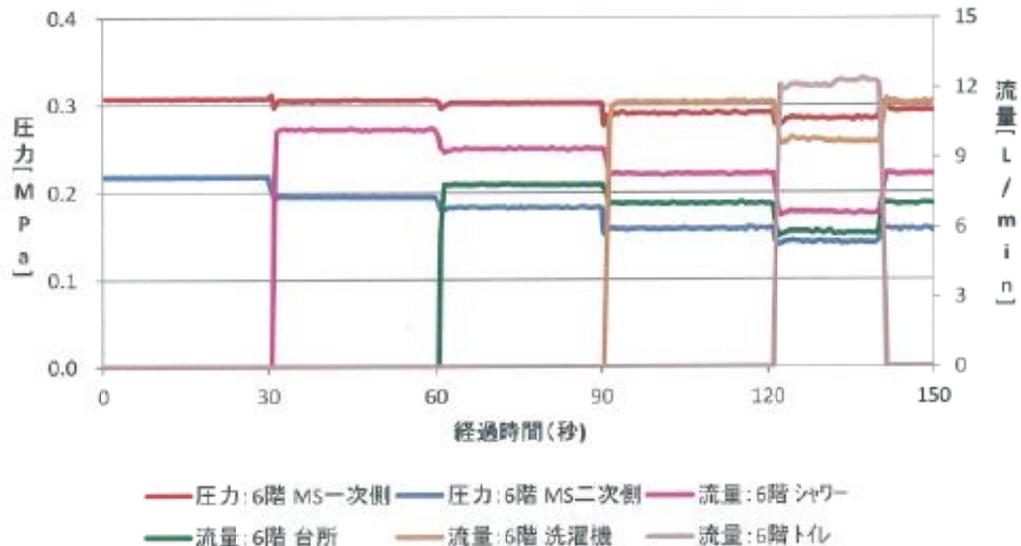


AD

電力消費量: 13Wh

PH: 46m
PL: 46m

グラフ. 追加実験1<減圧弁による電力量増加分の検証>
立管タケノコ配管 減圧弁有
6階一次側圧力0.3MPa PLO%設定 消費電力測定



②追加実験2 < タケノコ配管、同径配管による電力量の検証（追） >

1) 実験結果

追加実験2（タケノコ・同径配管の電力量比較（追） : 0%）

減圧弁	6階 設定圧 PH MPa	動水圧 設定差 (PH-PL 差)	立管	消費電力 Wh	3栓使用時 シャワー流量 L/分・判定	グラフ
無	0.2	0%	同径	8.6	8.8・○	AE
無	0.2	0%	タケノコ	8.5	8.8・○	AF
有	0.3	0%	同径	13.0	8.3・○	AG
有	0.3	0%	タケノコ	13.1	8.3・○	AH

※本実験は、立管形態の比較を行う目的のため、6階設定圧を、減圧弁無し：0.2 MPa、

減圧弁有り：0.3 MPa で行った。

※消費電力量は、測定時間 150 秒の電力量を示す。

※着色表示は2) 考察（72 頁）参照。

2) 考察

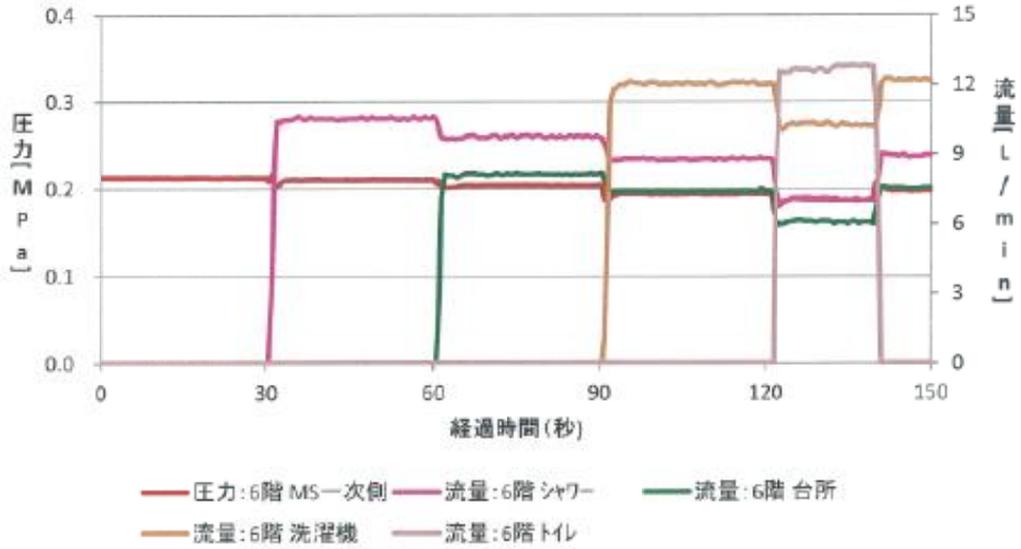
立管形態（タケノコ配管、同径配管）による消費電力量の比較を、「減圧弁無し」の場合、「減圧弁有り」の場合で動水圧設定差（PH-PL 差）：0%で行った結果、消費電力量、シャワー流量共に違いは無かった。

AE

電力消費量:8.6Wh

PH:36m
PL:36m

グラフ. 追加実験2<タケノコ配管、同径配管による電力量の検証>
立管同径配管 減圧弁無
6階一次側圧力0.2MPa PLO%設定 消費電力測定

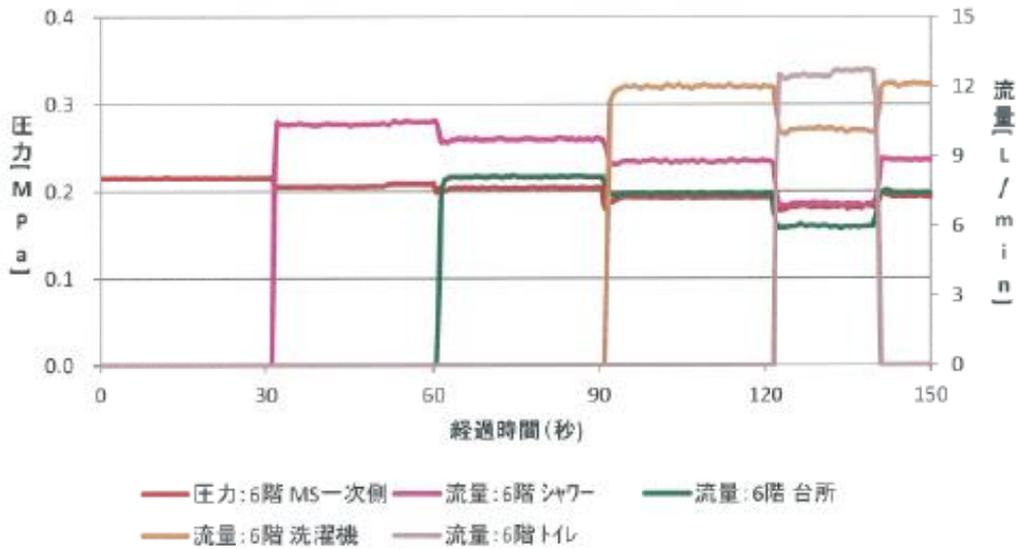


AF

電力消費量:8.5Wh

PH:36m
PL:36m

グラフ. 追加実験2<タケノコ配管、同径配管による電力量の検証>
立管タケノコ配管 減圧弁無
6階一次側圧力0.2MPa PLO%設定 消費電力測定

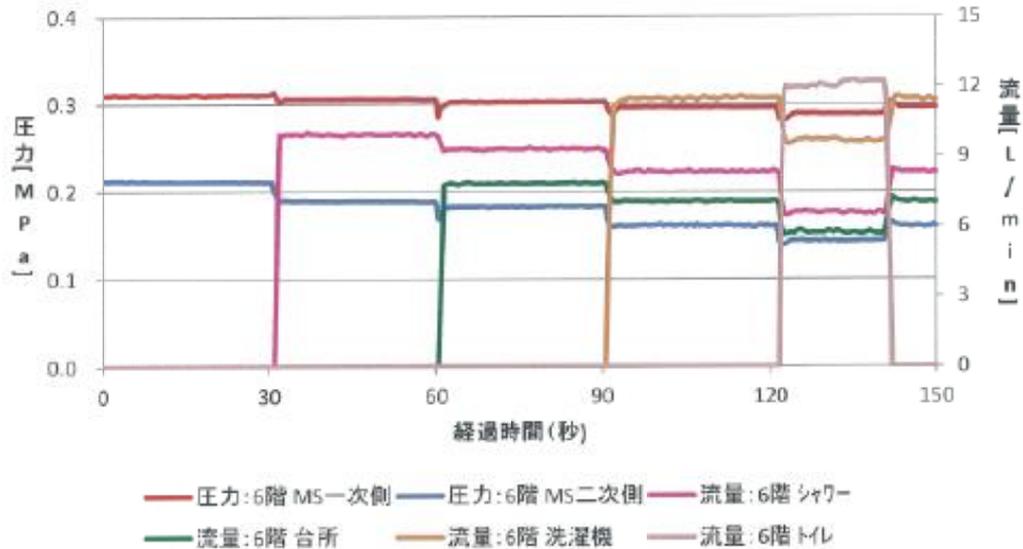


AG

電力消費量:13Wh

PH:46m
PL:46m

グラフ. 追加実験2<タケノコ配管、同径配管による電力量の検証>
立管同径配管 減圧弁有
6階一次側圧力0.3MPa PLO%設定 消費電力測定

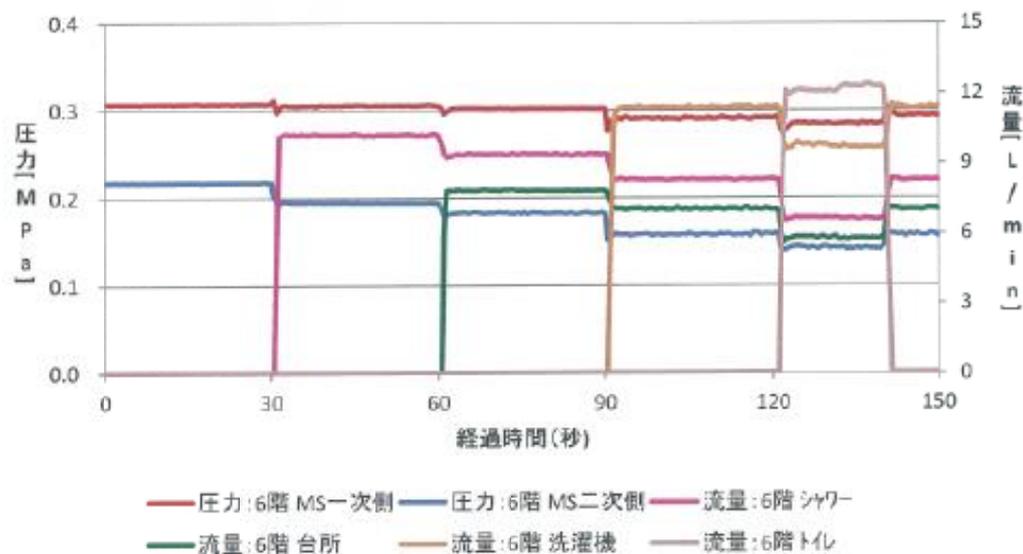


AH

電力消費量:13.1Wh

PH:46m
PL:46m

グラフ. 追加実験2<タケノコ配管、同径配管による電力量の検証>
立管タケノコ配管 減圧弁有
6階一次側圧力0.3MPa PLO%設定 消費電力測定



③追加実験3 <減圧弁の有無による安定給水効果の検証（追）>

1) 実験結果

追加実験3（減圧弁の有無による安定給水効果の検証（追） : 5%、10%、15%）

給水状態

減圧弁	6階 設定圧 PL	6階 設定圧 PH	動水圧 設定差 (PH-PL 差)	6階 1次側 実圧	6階 シャワ ー	6階 台所	6階 洗濯機	6階 トイレ	判定	グ ラ フ
	MPa	MPa		MPa	L/分	L/分	L/分	L/分		
無	0.2	0.22	5%	0.19~ 0.23	10.5	/	/	/	○	AI
					9.7	8.1	/	/		
					9.3	7.7	12.5	/		
					7.2	6.2	10.5	13.1		
無	0.2	0.24	10%	0.19~ 0.24	10.5	/	/	/	○	AJ
					9.8	8.1	/	/		
					9.8	8.2	13.3	/		
					7.7	6.5	11.1	13.5		
無	0.2	0.26	15%	0.19~ 0.26	10.4	/	/	/	○	AK
					9.8	8.1	/	/		
					9.0	7.5	12.3	/		
					8.0	6.8	11.5	14.0		
有	0.2	0.26	15%	0.19~ 0.27	9.7	/	/	/	○ 注	AL
					8.8	7.4	/	/		
					8.4	7.1	11.6	/		
					6.3	5.6	9.3	11.5		
有	0.25	0.31	15%	0.24~ 0.31	9.7	/	/	/	○	AM
					9.3	7.7	/	/		
					8.6	7.3	11.8	/		
					6.6	5.7	9.6	12.0		

注) 減圧弁有り、6階設定圧 PL0.25 MPa : 15%での給水状態は、安定給水の目安は満足しているが、6階1次側実圧がPL駆動時に、減圧弁の設定圧0.2 MPaを下回る0.19MPaとなった。

※安定給水の流量目安

通水量は、戸内3栓同時使用（全開）時に、シャワー8L/分以上、台所または洗面台4L/分以上であること。

※黄色表示は2) 考察（76頁）参照。

消費電力量

減圧弁	6階 設定圧 PL MPa	6階 設定圧 PH MPa	動水圧 設定差 (PH-PL 差)	6階 1次側 実圧 MPa	消費電力 Wh	減圧弁 有無による 電力比較	安定給水 状態 (追加 実験 3)
無	0.2	0.22	5%	0.19~ 0.23	8.8	0.95	○
無	0.2	0.24	10%	0.19~ 0.24	9.0	0.97	○
無	0.2	0.26	15%	0.19~ 0.26	9.3	1.00	○
有	0.2	0.26	15%	0.19~ 0.27	9.5	1.02	○ 注
有	0.25	0.31	15%	0.24~ 0.31	11.5	1.24	○

注) 減圧弁有り、6階設定圧 PL0.25 MPa : 15%での給水状態は、安定給水の目安は満足しているが、6階1次側実圧が PL 駆動時に、減圧弁の設定圧 0.2 MPa を下回る 0.19MPa となった。

※減圧弁有無による電力比較は、減圧弁無し、設定圧 P L 0.2MPa、PH-PL 差 : 15%を基準として比較した。

※消費電力量は、測定時間 150 秒の電力量を示す。

※着色表示は 2) 考察 (76 頁) 参照。

2) 考察

設定圧 PL0.2MPa では、動水圧設定差 (PH-PL 差) 5%、10%、15%のいずれの条件でも、「減圧弁無し」の場合では、安定給水が可能であった。

また、「減圧弁有り」の場合は、PL0.2MPa : 15%では6階1次側実圧が PL 動作時に、減圧弁設定圧力 0.2MPa 以下の 0.19 MPa になり、減圧弁の動作差圧が確保できないため、「減圧弁有り」の場合では、PL0.25MPa : 15%の設定が必要である。

- ・「減圧弁無し」の場合、設定圧 PL0.2 MPa : 15%

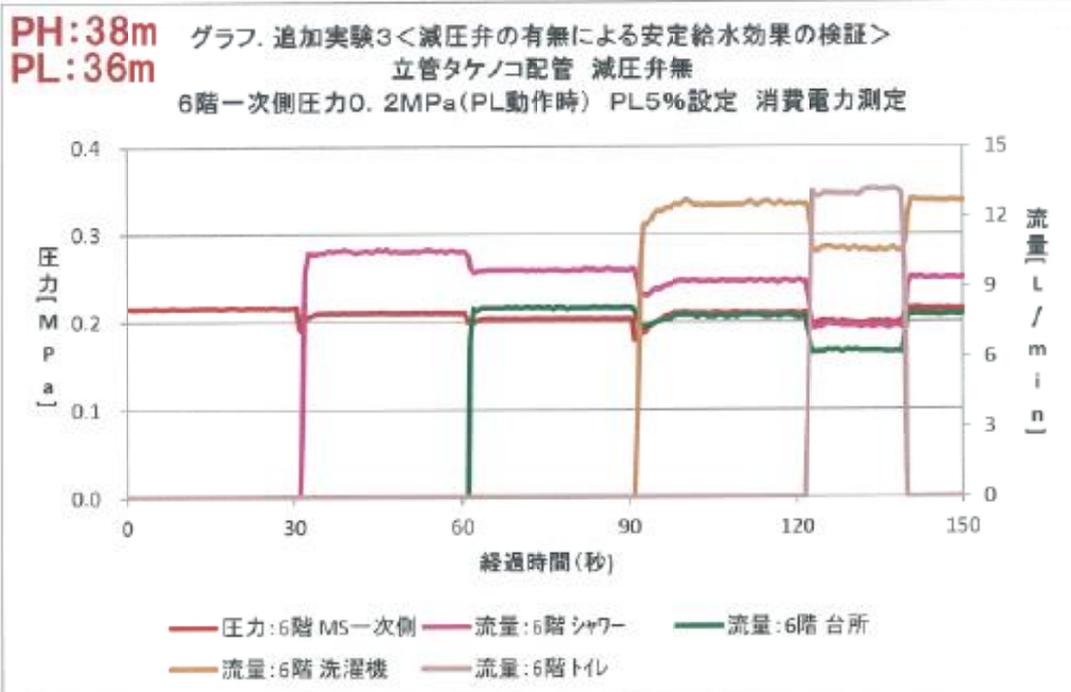
- ・「減圧弁有り」の場合、設定圧 PL0.25 MPa : 15%

この2設定では、減圧弁を設置することで、1.24 倍の電力量を消費することとなり、追加実験 1 (減圧弁設置の有無の電力量比較 (追) : 0%) の結果である、1.26 倍と近似になった。

よって、この2設定が一般的な動水圧設定差 (PH-PL 差) : 15%の時の、安定給水と低消費電力を両立することが分かった。

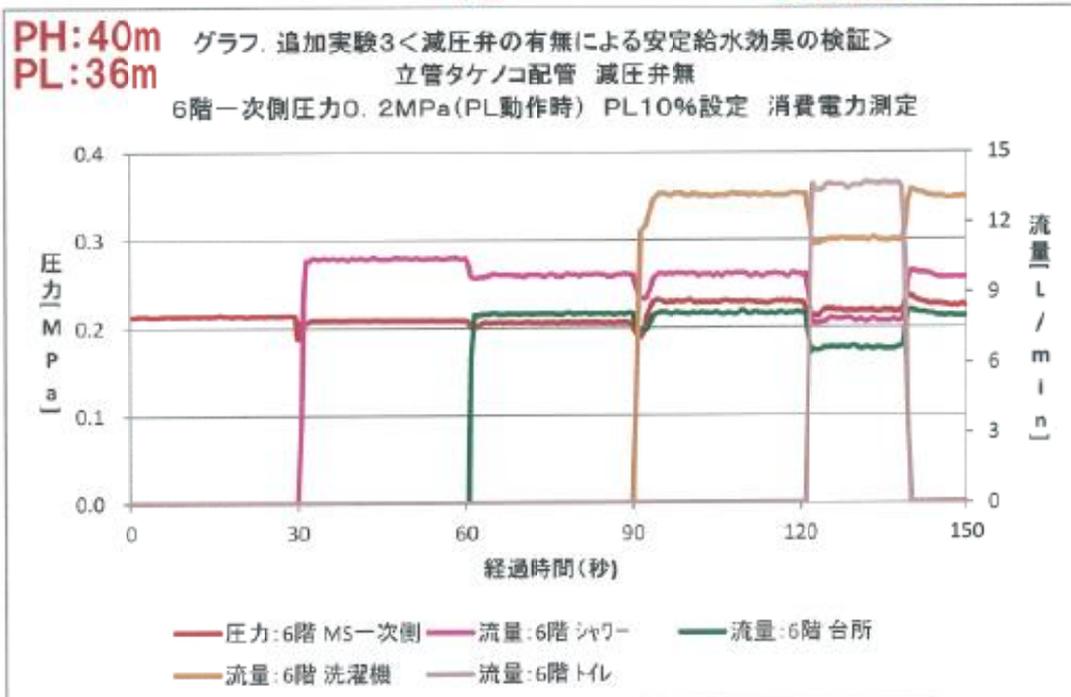
AI

電力消費量:8.8Wh



AJ

電力消費量:9.0Wh

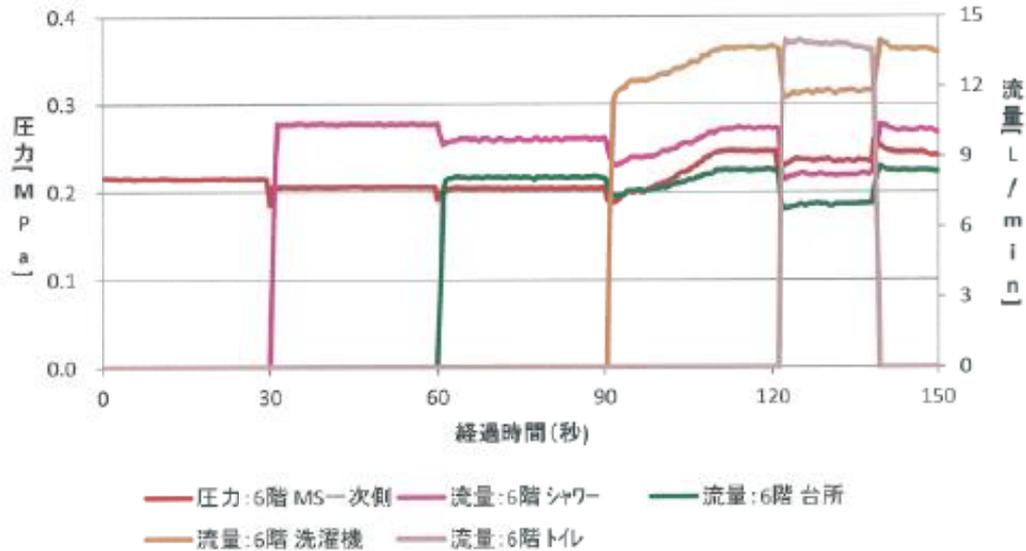


AK

電力消費量:9.3Wh

PH:42m
PL:36m

グラフ. 追加実験3<減圧弁の有無による安定給水効果の検証>
立管タケノコ配管 減圧弁無
6階一次側圧力0.2MPa(PL動作時) PL15%設定 消費電力測定

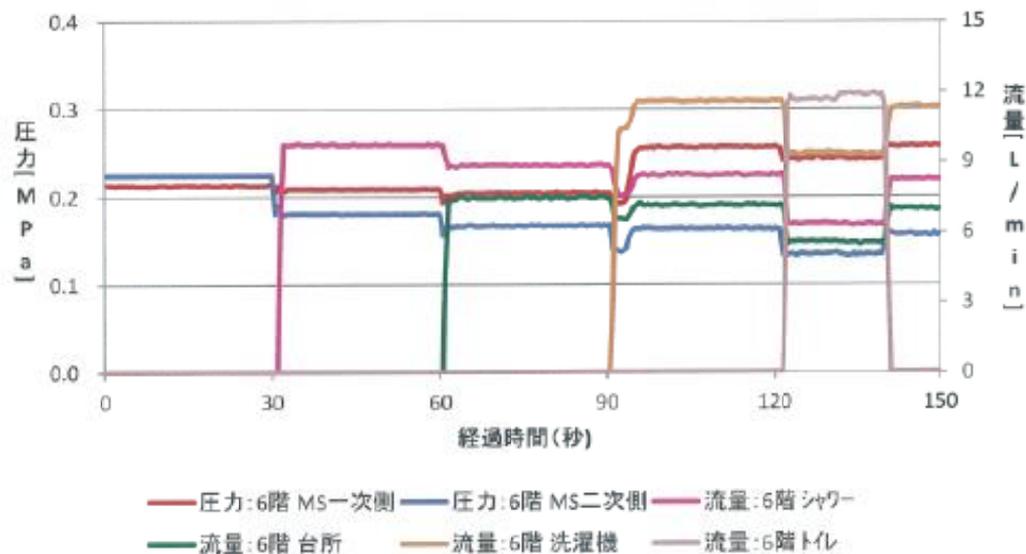


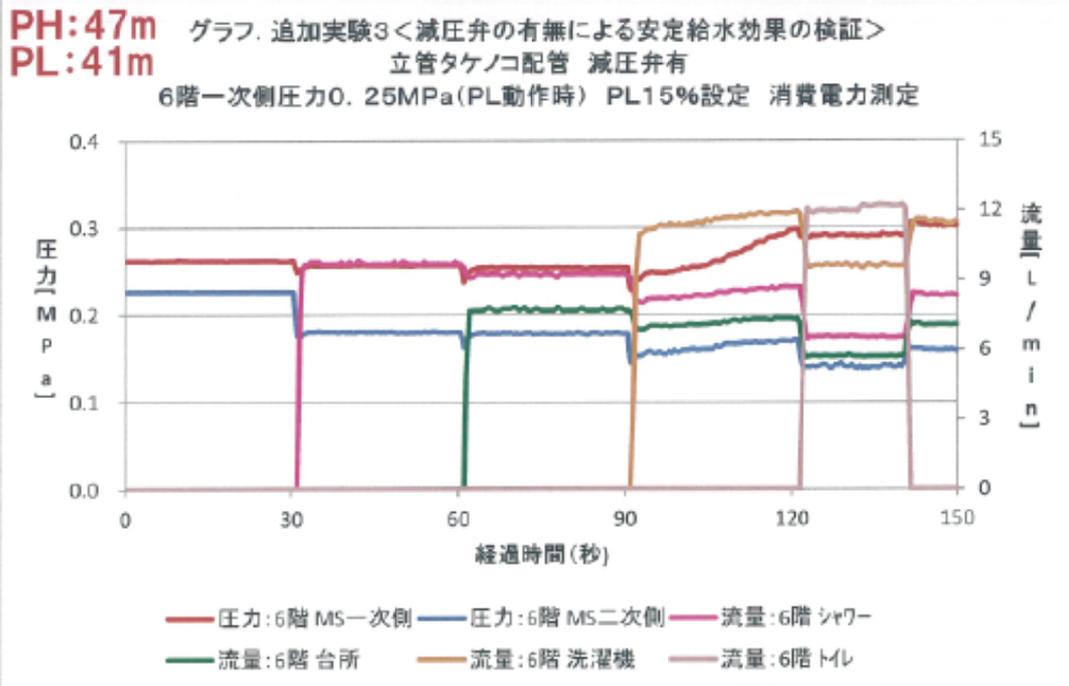
AL

電力消費量:9.5Wh

PH:42m
PL:36m

グラフ. 追加実験3<減圧弁の有無による安定給水効果の検証>
立管タケノコ配管 減圧弁有
6階一次側圧力0.2MPa(PL動作時) PL15%設定 消費電力測定





(11) 各実験のまとめ

1) 実験 1-①② <減圧弁の有無による安定給水効果の検証>

① 実験内容

6階と4階の同時使用について、6階メータユニットに「減圧弁無し」の場合と「減圧弁有り」の場合で、シャワーなどの給水用具を使用し、安定給水の状態を判定する。増圧ポンプの動水圧設定差は5%、15%の2パターンとし、それぞれ立管をタケノコ配管と同径配管で行い比較する。

② 実験結果

「減圧弁無し」、6階設定圧 0.2MPa、PH-PL 差：15%の場合、タケノコ配管、同径配管のいずれも増圧ポンプが PL 駆動した際、6階1次側実圧 0.13~0.14MPa まで低下し、3栓使用時にシャワー流量が、安定給水の流量目安より少ない 8L/分以下となることが分かった。

「減圧弁無し」の場合は、6階設定圧 0.2MPa、PH-PL 差：5%設定であれば安定給水の流量目安を確保できた。

また、増圧ポンプの一般的である PH-PL 差：15%で見ると、6階設定圧 0.25MPa、PH-PL 差：15%設定(PL 駆動時が 0.20MPa 以上)であれば安定給水の流量目安を確保できるため、増圧ポンプが PL 駆動した際でも 6階実圧が 0.2 MPa を確保できる 6階設定圧で確認実験を行った(追加実験3)。

「減圧弁有り」、6階設定圧 0.25MPa の場合、PH-PL 差が 5%、15%のいずれの設定差でも、減圧弁を動作させる差圧が足りず、3栓開栓時に安定給水の流量目安の下限付近(8.1L/分~8.2L/分)まで流量が低下した。減圧弁の適切な動作には、差圧 0.05 MPa が必要であり、増圧ポンプが PL 駆動した時でも 0.25 MPa を確保できる 6階設定圧で確認実験を行った(追加実験3)。

「減圧弁有り」の場合は、6階設定圧 0.32MPa、PH-PL 差：5%設定、又は 15%設定であれば安定給水の流量目安を確保できた。

この実験では、タケノコ配管と同径配管では給水状態の差が見られなかった。

実験 1-③ <減圧弁の有無による安定給水効果の検証>

① 実験内容

集合住宅内の同時使用率を短時間で変化させ、実験 1-①②で安定給水が可能であった増圧ポンプの動水圧設定差を 5%、「減圧弁なし」の場合と、増圧ポンプの動水圧設定差を 15%、「減圧弁有り」の場合でシャワーなどの給水用具を使用し、安定給水の状態を比較する。

② 実験結果

建物全体の同時使用率を 0%-50%-0%-50%に変化させた時に、実験 1-①②で安定給水が可能であった「減圧弁無し」の場合で、6 階設定圧 0.2MPa、PH-PL 差：5%設定でのシャワーの流量変化は、同時使用率変化時に平均流量との差では目安を超えていないが、最少流量と最大流量の差で見ると、同時使用率変化時に安定給水の流量変動目安 2L/分を超えている。実際の使用感でもやや問題が見られ、×-△判定となった。

同様に実験 1-①②で安定給水が可能であった「減圧弁有り」の場合で、6 階設定圧 0.32MPa、PH-PL 差：15%設定では、最少流量と最大流量の差、平均流量との差のいずれも安定給水の流量変動目安内であり、使用感にも問題は無かった。

安定給水が可能であっても、「減圧弁無し」の場合では圧力変動に対し影響を直接受け、減圧弁が増圧ポンプの 2 次側の圧力変動を緩衝し、安定給水を維持する効果が見られた結果となった。

2) 実験 2 <減圧弁設置による電力量増加分の検証>

① 実験内容

6 階と 4 階の同時使用について、6 階メータユニットに「減圧弁無し」の場合と、「減圧弁有り」の場合で、消費電力量を測定し、減圧弁の有無による電力量の比較を行う。

② 実験結果

「減圧弁無し」の場合で、6 階設定圧 PH：0.2MPa：15%の条件が最も消費電力が少ない結果となった。しかし実験 1において、増圧ポンプが PL 駆動した際に 6 階 1 次側実圧が低下し、3 栓使用時にシャワー流量が安定給水の目安より少ない 8L/分以下となる結果となっている。

よって増圧ポンプが PL 駆動した際でも 6 階実圧が、0.2MPa を確保できる 6 階設定圧で、「減圧弁無し」の場合でも安定給水が可能かを検証し、安定給水可能な条件での消費電力量比較実験を行った（追加実験 3）。

減圧弁の有無の比較では、6 階設定圧に比例し、消費電力量が増加することが分かった。

しかし、PH-PL 差 15%で比較すると、増圧ポンプの PH 駆動と PL 駆動が定まらず、消費電力量にばらつきが発生する。よってより正確に比較するため、設定 0%での比較実験を行った（追加実験 1）。

3) 実験 3 <増圧ポンプの動水圧設定差（PH-PL 設定差）の違いによる電力量の検証>

① 実験内容

6 階と 4 階の同時使用について、増圧ポンプの動水圧設定差を 5%、15%の 2 パターンとし、6 階メータユニットに「減圧弁無し」の場合と、「減圧弁有り」の場合で、消費電力量を測定し、動水圧設定差（PH-PL 設定差）の違いによる電力量の比較を行う。

② 実験結果

動水圧設定差（PH-PL 差）5%と15%での消費電力量の比較は、5%設定の場合、動水圧の設定幅が小さく、増圧ポンプの起動回数が多くなることにより消費電力量は増加する。

一方、15%に設定することで動水圧の設定幅が大きくなり、増圧ポンプの起動回数は少なくなるため、消費電力量は減少することが分かった。

なお、6階1次側の実圧範囲が同様であっても、増圧ポンプがPL駆動からPH駆動へ移行するタイミングで消費電力量に差がみられるため、本実験では消費電力量の平均値で比較した。

4) 実験4 <タケノコ配管、同径配管による電力量の検証>

① 実験内容

6階と4階の同時使用について、立管がタケノコ配管と同径配管の場合で、6階メータユニットに「減圧弁無し」の場合と、「減圧弁有り」の場合で、消費電力量を測定し、タケノコ配管、同径配管による電力量の比較を行う。

② 実験結果

タケノコ配管、同径配管での立管の違いによる消費電力量比較は、動水圧設定差（PH-PL 差）が5%、15%のいずれの設定も大きな差が無いことが分かった。

しかし、動水圧設定差（PH-PL 差）を15%で比較すると、増圧ポンプがPH駆動時とPL駆動時に消費電力量のばらつきが発生する。よってより正確に比較するため、0%設定での比較実験を行った（追加実験2）。

5) 実験5 <立管エア混入時の水撃発生を検証>

① 実験内容

断水などにより立管にエア溜まりが発生した場合を想定し、立管にエアを混入させ、4階で水撃を発生させた時、6階メータユニットに「減圧弁無し」の場合と、「減圧弁有り」の場合で、その圧力変動による6階給水状態への影響を検証する。

また、6階で全ての給水用具を使用しない状態で、上記の水撃を発生させ減圧弁の有無による6階戸内の圧力変動を測定し、水撃の影響を検証する。

② 実験結果

6階でシャワーを使用している状態で、4階で水撃を発生させた場合、「減圧弁無し」の場合は、水撃がシャワーの流量に直接影響し、安定給水の流量変動量目安である2L/分は超えていないが、シャワー流量の変化により、使用感の面で問題があった。

「減圧弁有り」の場合は、減圧弁1次側の水撃が、2次側では平坦化されているおり、減圧弁が急激な圧力変動を緩衝し、流量変動が少なく使用感にも問題は無く、安定給水を維持することができた。

6階で水を使用しない状態で、4階で水撃を発生させた場合、「減圧弁無し」の場合は、水撃が6階の戸内まで届き、6階戸内の逆止弁でその圧力が封じられ、戸内の圧力が高いままになる現象があった。圧力は1回目の水撃で上昇し、2回目以降は圧力の高い状態を維持していた。

このことから、「減圧弁有り」の場合は、減圧弁1次側の水撃は、減圧弁を通過することで緩衝され、安定給水を維持することができることが分かった。

この実験では水撃を発生させるためエアを混入させたが、減圧弁を設置することでエアの混入にかかわらず、建物内で発生した水撃を軽減し、戸内を安全に保護する効果が期待できる。

6) 実験6 <停電発生時の増圧ポンプ停止・再稼働時の検証>

① 実験内容

シャワー使用時に短時間停電により増圧ポンプが停止したことを想定し、増圧ポンプの電源を切り、一定時間（十数秒）後に再び電源を入れた時、6階メータユニットに減圧弁を設置しない場合と設置した場合で、その停止・再稼働時の給水状態への影響を検証する。

② 実験結果

「減圧弁無し」の場合、増圧ポンプが停止した後は急激にシャワー流量が落ち込んだ。

「減圧弁有り」の場合、増圧ポンプが停止した後も流量は確保され、停電中はシャワーの使用が可能であった。「減圧弁有り」の場合は、圧力の低下がなだらかであり、「減圧弁無し」の場合に比べ、シャワー流量の減少が緩やかであった。

減圧弁の効果を確認にするため、「減圧弁無し」の場合と、「減圧弁有り」の場合で同じ6階設定圧で参考実験を行った結果、「減圧弁無し」の場合は、停電発生からシャワー流量が13L/分から3L/分以下まで低下したのに対し、「減圧弁有り」の場合は、10L/分から5L/分程度の低下になった。

グラフから減圧弁の1次側圧力が、減圧弁の設定圧（0.2 MPa）より高い状態では、減圧弁の圧力変動を抑制する圧力制御が効き、シャワーの流量低下を抑えていることが分かった。

7) 実験 7 <増圧ポンプ 1 次側の圧力変動に対する検証>

① 実験内容

配水管から増圧ポンプまでの配管中の分岐による水使用、又は漏水などにより増圧ポンプ 1 次側の圧力が変化した場合を想定し、増圧ポンプ 1 次側の圧力を変動させた時、6 階メータユニットに「減圧弁無し」の場合と「減圧弁有り」の場合で、増圧ポンプ起動・停止（又は増速・減速）の圧力変動による給水状態への影響を検証する。

② 実験結果

「減圧弁無し」の場合は、増圧ポンプの 1 次側圧力の変動に伴う 2 次側圧力変動により、シャワーの流量の最大・最少差が安定給水の流量変動量目安である 2L/分を超えている。

また「減圧弁無し」で、6 階の設定圧を PH : 0.2MPa、PH-PL 差を 15%とした場合、増圧ポンプの 1 次側の圧力が 0.1MPa に低下した際、増圧ポンプ側の制御としては吐出圧力が足りていると判断し、PL 駆動を継続した。逆に増圧ポンプの 1 次側の圧力が 0.25MPa に増加した際は、PH 駆動に移り吐出圧力が増加した。結果として 1 次側の圧力変動に連動して吐出圧力が上下することとなり、PH : 0.2MPa、PH-PL 差 15%の設定では圧力が低く、増圧ポンプの制御に影響があることが分かった。

「減圧弁有り」の場合は、増圧ポンプの 1 次側圧力の変動に伴う 2 次側圧力変動に対し、シャワーの流量変化は安定給水の流量変動量目安内であり、使用感にも問題は無かった。

減圧弁が、増圧ポンプの 1 次側の圧力変動から影響する増圧ポンプ 2 次側の圧力変動を緩衝し、安定給水を維持する効果があった。

8) 実験 8 <増圧ポンプの同時使用率変化に対する検証>

① 実験内容

集合住宅内で、水の同時使用率が短時間で変化した場合を想定し、配管の同時使用バルブを開閉操作させた時、6階メータユニットに「減圧弁無し」の場合と「減圧弁有り」の場合で、増圧ポンプ起動・停止（又は増速・減速）による給水状態への影響を検証する。

② 実験結果

実験 1-③と異なる変化時間で、建物全体の同時使用率を 0%-50%-0%-50%に変化させた時に、実験 1-③の圧力波形よりも増圧ポンプの出力が大きな圧力変動を生じる結果となった。これは、同時使用率を変化させるバルブ開閉作業時間の違いである。

「減圧弁無し」の場合は、同時使用率変化時にシャワーの流量変化が安定給水の流量変動量目安である 2L/分を超えている。

「減圧弁有り」の場合は、同時使用率変化時にシャワーの流量変化が安定給水の流量変動量目安内であり、使用感にも問題はなかった。

結果として、「減圧弁有り」の場合は、実験 1-③の結果と同じであり、減圧弁が増圧ポンプの 2 次側の圧力変動を緩衝し、安定給水を維持する効果があった。

9) 追加実験 1 <減圧弁による電力量増加分の検証（追）>

① 実験内容

「実験 2：減圧弁設置による電力量増加分の検証」において、動水圧設定差（PH-PL 差）の設定を 15%で比較すると、増圧ポンプが PH 駆動時と PL 駆動時に消費電力量のばらつきにより測定データに幅が発生したため、より正確に比較するため、動水圧設定差（PH-PL 差）：0%での比較実験を行う。

② 実験結果

減圧弁の有無による消費電力量の比較を、動水圧設定差（PH-PL 差）：0%で行った結果、全てにおいて 6 階 3 栓使用時のシャワー流量は、安定給水の流量目安の 8L/分以上となっている中で、低消費電力量の結果は、以下であった。

- ・「減圧弁無し」の場合、設定圧 0.2 MPa
- ・「減圧弁有り」の場合、設定圧 0.25 MPa

この 2 つの結果から、減圧弁を設置することで、1.26 倍の電力量を消費することが分かった。

また、「減圧弁有り」の場合、設定圧 0.3 MPa としてもシャワー流量に変化はなく、消費電力としては「減圧弁無し」、設定圧 0.2 MPa 比較で 1.51 倍の電力が消費されている。

よって、「減圧弁有り」の場合は、「減圧弁設定圧+差圧」の差圧部分を過剰に設定しないことが必要である。

1 0) 追加実験2 <タケノコ配管、同径配管による電力量の検証(追)>

① 実験内容

「実験4：タケノコ配管、同径配管による電力量の検証」において、動水圧設定差（PH-PL差）の設定を15%で比較すると、増圧ポンプがPH駆動時とPL駆動時に消費電力量のばらつきにより測定データに幅が発生したため、より正確に比較するため、動水圧設定差（PH-PL差）：0%での比較実験を行う。

② 実験結果

立管形態（タケノコ配管、同径配管）による消費電力量の比較を、「減圧弁無し」の場合、「減圧弁有り」の場合で動水圧設定差（PH-PL差）：0%で行った結果、消費電力量、シャワー流量共に違いは無かった。

1 1) 追加実験3 <減圧弁の有無による安定給水効果の検証(追)>

① 実験内容

「実験1：減圧弁の有無による安定給水効果の検証」において、最も消費電力の少ない条件である「減圧弁無し」、6階設定圧 PH：0.2MPa：15%では、PL駆動の時にタケノコ配管、同径配管のいずれもPL駆動の際、水圧0.13~0.14MPaまで水圧が低下し、3栓使用時にシャワー流量が不足した（PH基準設定）。また、その設定では増圧ポンプ1次側圧力（配水圧）とPL時の水圧差が少なくなり、増圧ポンプの制御に影響が出た。

よってPL駆動時0.2MPaの設定とし、「減圧弁無し」の場合での安定給水状態と消費電力量を検証する（PL基準設定）。

また、同じPL駆動時0.2MPaの設定において、「減圧弁有り」の場合の給水状態と消費電力量を検証する。

② 実験結果

設定圧 PL0.2MPaでは、動水圧設定差（PH-PL差）5%、10%、15%のいずれの条件でも、「減圧弁無し」の場合では、安定給水が可能であった。

また、「減圧弁有り」の場合は、PL0.2MPa：15%では6階1次側実圧がPL動作時に、減圧弁設定圧力0.2MPa以下の0.19MPaになり、減圧弁の動作差圧が確保できないため、「減圧弁有り」の場合は、PL0.25MPa：15%の設定が必要である。

- ・「減圧弁無し」の場合、設定圧 PL0.2 MPa：15%
- ・「減圧弁有り」の場合、設定圧 PL0.25 MPa：15%

この2設定では、減圧弁を設置することで、1.24倍の電力量を消費することとなり、追加実験1（減圧弁設置の有無の電力量比較（追）：0%）の結果である、1.26倍と近似になった。

よって、この2設定が一般的な動水圧設定差（PH-PL差）：15%の時の、安定給水と低消費電力を両立することが分かった。

1 2) 実証実験結果一覧表

減圧弁無し（立管 タケノコ）

6階 設定圧 MPa	動水圧 設定差 (PH-PL 差)	安定給水	消費 電力量 Wh	水撃	停電発生	増圧ポン プ1次側 圧力変動	水の同時 使用率 変動
0.2	PH : 5%	○	8.0	×-△	×-△	×	×
0.2	PH : 15%	×	7.5				
0.25	PH : 5%	○	11.2				
0.25	PH : 15%	○	11.8				
0.2	PL : 5%	○	8.8				
0.2	PL : 10%	○	9.0				
0.2	PL : 15%	○	9.3				

※PH : PH 基準設定、PL : PL 基準設定

※水撃、停電発生、増圧ポンプ1次側圧力変動、水の同時使用率変動の実験は、6階設定圧0.2MPa : PH15%での実験であるが、他条件も同一の結果と見なした。

減圧弁有り（立管 タケノコ）

6階 設定圧 MPa	動水圧 設定差 (PH-PL 差)	安定給水	消費 電力量 Wh	水撃	停電発生	増圧ポン プ1次側 圧力変動	水の同時 使用率 変動
0.25	PH : 5%	○注	11.1	△-○	△-○	○	○
0.25	PH : 15%	○注	10.4				
0.32	PH : 5%	○	14.3				
0.32	PH : 15%	○	13.6				
0.2	PL : 15%	○注	9.5				
0.25	PL : 15%	○	11.5				

注：安定給水基準は満足するが、流量基準の下限、又は6階1次側実圧が、減圧弁設定圧（0.2MPa）以下になる。

※PH : PH 基準設定、PL : PL 基準設定

※水撃、停電発生、増圧ポンプ1次側圧力変動、水の同時使用率変動の実験は、6階設定圧0.32MPa : PH15%での実験であるが、他条件も同一の結果と見なした。

(12) 委託研究のまとめ

本実験により、減圧弁を設置しない場合は、最上階給水立管の1次側実圧が0.2MPa以上であれば、戸内の同時使用時においても安定給水を確保できることが分かった。

このことから、減圧弁を設置しない場合の増圧ポンプは、最低設定圧力(PL)0.2MPa:15%の設定での駆動が、消費電力量が少なく安定給水が行えるため効率的な給水方式といえる。

ただし、不測の事態としての増圧ポンプの吐出圧力の急激な変動や、エア混入などによる水撃が発生した場合などは、安定給水に影響がある。

一方、減圧弁を設置する場合は、「減圧弁設定圧」以上の圧力(差圧)が減圧弁1次側に必要となるが、この差圧を過剰に高くしても安定給水の効果には変化がなく、電力の消費量だけが増すこととなる。

このことから、減圧弁を設置する場合の増圧ポンプの最低設定圧力(PL)は、「減圧弁設定圧」に差圧分0.05MPaを加えた設定にすることにより、安定給水が保たれ、消費電力量は1.25倍程度であることが分かった。

また、減圧弁を設置する主な理由としては、戸内給水圧力の均一化による管理の容易さなどとなっているが、減圧弁は給水立管の急激な圧力変動や水撃を緩衝する効果があり、安定給水のためには優れた給水用具といえる。

建物の最上階に減圧弁を設置しない場合と、減圧弁を設置する場合の効果的な圧力設定、減圧弁有無のメリットとデメリット、留意点、消費電力量比較は次頁以降に示し、本委託研究の報告とする。

＜最上階に減圧弁を設置しない場合＞		
効果的な 圧力設定	最低設定圧力 (PL)	最上階での最低圧力が 0.2 MPa になるように増圧ポンプの吐出口圧を設定し、PL とする。
	最高設定圧力 (PH)	PH が PL の 15% 上になるように設定する。(PH = PL/0.85)
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・適切な圧力設定により、増圧ポンプの消費電力量が少なく済み、省エネ駆動が可能。 ・減圧弁の設置費用、メンテナンス費用が不要。 	
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・増圧ポンプの圧力変動が水の使用感に影響する。 ・水撃が発生した場合、水の使用感・給水用具・戸内配管・戸内水圧に影響する。 ・水の出が悪い、勢いが強すぎるなどの時、調整が出来ない。 	
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・増圧ポンプの 2 次側で水の使用率が急変動する場合や、その他圧力変動が起こった場合、水の使用感に影響するため、注意が必要である。 ・建物内で水撃が複数回発生した場合、水の使用途中においては使用感に影響がある。また、水を使用していない場合でも、戸内の逆止弁により水撃が封じられ、戸内水圧の上昇が発生する恐れがあるため、注意が必要である。 ・消費電力量を抑えるために、最上階 1 次圧を必要以上に低圧に設定した場合、増圧ポンプの制御や給水状態に影響が出る場合があるため、「効果的な圧力設定」を参考に適切な圧力設定にすること。 	

＜最上階に減圧弁を設置する場合＞		
効果的な 圧力設定	最低設定圧力 (PL)	最上階での最低圧力が 0.25 MPa になるように増圧ポンプの吐出口圧を設定し、PL とする。 ※減圧弁の設定圧力 0.20 Mpa の場合
	最高設定圧力 (PH)	PH が PL の 15% 上になるように設定する。(PH = PL/0.85)
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 増圧ポンプの圧力変動を緩衝し、使用感への影響が少ない。 ・ 戸外の水撃を緩衝・遮断し戸内の給水用具への影響が無い。 ・ 建物全体の水圧を均一に出来る。 	
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 減圧弁を設置しない場合に比べ、増圧ポンプの消費電力量が多くなる。 (下表参照) ・ 減圧弁の設置費用、メンテナンス費用が必要。 	
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 減圧弁 1 次側の圧力を必要以上に高圧に設定した場合、消費電力量が増加し、無駄なエネルギーとなるため、「効果的な圧力設定」を参考に適切な圧力設定にすること。 ・ 減圧弁の性能を維持するため、減圧弁メーカー推奨の時期と方法で、定期的なメンテナンスを行うこと。 	

消費電力量比較 (測定値)

減圧弁	圧力基準	増圧ポンプ設定		消費電力量比率 (測定値)
		設定圧力 (PL 時)	動水圧設定差 (PH-PL 設定差)	
無	6 階 (1 次側) 設定圧	0.20 MPa	15%	1.00
有	6 階 (1 次側) 設定圧	0.25 MPa	15%	1.25

(13) 使用した実験機器類など

- ・ 実験棟 : 前澤給装工業(株) 福島工場 実験棟

- ・ 増圧ポンプ : テラル(株) MC-5040-1.5BD

- ・ 減圧弁 : 前澤給装工業(株) KD-25

- ・ 測定機器
 - 圧力センサ : SMC(株) PSES75-02

 - : 横河電機(株) UNE43-SBS*2B/TBL

 - : 横河電機(株) FP201

 - 流量センサ : CKD(株) WFK7200-40

 - : CKD(株) WFK5027-15

 - クランプ電力計 : 横河計測(株) CW120

 - 解析装置 : (株)キーエンス NR-500

 - : 横河電機(株) AR4400