

今井ポンプ場設備故障事故原因調査委員会の報告 及び再発防止に向けた対応について

1 委員会の概要

平成 25 年 1 月 10 日（木）に発生した、今井ポンプ場設備故障事故については、客観的、専門的立場で事故原因の究明を図るとともに、再発防止に向けた今後の対応を検討するため、有識者等により構成された今井ポンプ場設備故障事故原因調査委員会を設置しました。

構成委員

会 長：横浜国立大学大学院工学研究院 教授 秋庭義明

委 員：社団法人日本水道協会工務部次長 木村康則

委 員：横浜市水道局担当理事（水道技術管理者）林秀樹

委員会開催日

平成 25 年 2 月 22 日、3 月 7 日、3 月 27 日の 3 回

2 委員会報告の内容

「今井ポンプ場設備故障事故原因調査委員会報告書」（平成 25 年 3 月 27 日受理）

参考資料 「今井ポンプ場設備故障事故原因調査委員会報告書（概要版）」

3 委員会報告で判明した事故の主原因

「流量調節弁」は、給水量の変動に対して弁を開閉することで、給水圧力を一定に保つ役割を持っています。今回の故障の主原因は「流量調節弁」を必要以上に頻繁に開閉する制御方式をとっていたことでした。この状態で運用を継続したため、軸受けの摩耗が進み事故当日に弁本体が動かなくなりました。

4 事故後の経過措置

事故後、弁の修理や制御の見直を実施し、流量調節弁による安定した給水を行っています。

1 月 11 日～2 月 7 日	・職員が現場に出向き、圧力変動を 24 時間監視しながら、副弁の操作を実施した。
2 月 8 日～3 月 29 日	・副弁に自動圧力制御の機能を追加し、安定した給水を確保した。 ・摩耗部品や弁軸の補修を行い流量調節弁の修理を完了した。
4 月 1 日～4 月 9 日	・弁の開閉動作回数の少ない制御手法について検討した。 故障前の弁の開閉動作回数：3,700 回／日、見直し後：350 回／日
4 月 9 日～	・最適な制御手法で復旧させ、流量調節弁での安定した給水を開始した。

5 再発防止に向けた提言への対応

以下の4項目の提言に対して、継続的に取り組んでまいります。

(1) 信頼性の高いシステムの構築

局の対応	状況
<ul style="list-style-type: none">・他のポンプ場の流量調節弁について、緊急点検と制御方式の確認・関係部署、請負事業者等への適切な周知、共有化（運用範囲、制御方式等の見直し）	実施済
<ul style="list-style-type: none">・「ポンプ設備設計要領」の改訂（バックアップシステム・監視方法の見直し）	25年度に取組み

(2) 維持管理体制の強化

局の対応	状況
<ul style="list-style-type: none">・「ポンプ場応急マニュアル」の改訂・重要機器故障に対する訓練（今井ポンプ場と同様の機器に対する訓練）・施工や試運転などの書類の重要度に応じた保存期間の見直し・故障履歴や修繕履歴を維持管理部門で情報共有	実施済
<ul style="list-style-type: none">・「電気機械設備保守点検基準」の改訂・職員の技術力向上のための研修・すべての維持管理部門への維持管理情報の共有化	25年度に取組み

(3) 緊急時の局内外の連絡体制の強化及び広報の充実

局の対応	状況
<ul style="list-style-type: none">・お客さまの生活時間を考慮した速やかな情報発信・緊急時の連絡体制の改善（連絡ルートの見直し等）・局内各課への統一した情報の迅速な発信	実施済
<ul style="list-style-type: none">・事故発生時の迅速な状況把握（配水ブロックごとの図面作成）・早期にお客さまへ発信する情報を確定するため、突発事故報告書の改訂・対外発表内容の早期確定と速やかな情報発信	25年度に取組み

(4) 再発防止に向けた職員の意識の醸成

局の対応	状況
<ul style="list-style-type: none">・事故時に寄せられたお客さまの声を聴き、置かれている状況や心情を理解・設備故障事故調査委員会の報告書の内容について職員に周知・現場に事故防止のための「心得の表示」や異常発見時の速やかな対応のための「注意喚起表示板」の設置	実施済

今井ポンプ場設備故障事故原因調査委員会報告書

平成 25 年 3 月 27 日

今井ポンプ場設備故障事故原因調査委員会

目 次

1	事故原因調査委員会の目的	1
2	審議経過	1
	(1) 今井ポンプ場設備故障事故原因調査委員会	1
	(2) 委員会開催	1
3	今井ポンプ場の概要	2
4	今井ポンプ場停止事故の発生状況	2
	(1) 発生日時	2
	(2) 発生場所	2
	(3) 事故の影響	2
	(4) 事故の経過	4
5	停止事故の原因調査	5
	(1) 事故原因の調査手法について	5
	(2) 調査項目について	5
	(3) 調査結果について	7
6	原因分析	13
	(1) 機器故障の要因	13
	(2) 建設および維持管理の要因	15
	(3) 想定される事故原因	15
	(4) 復旧に対する対応の分析	17
7	再発防止に向けた提言	18
	(1) 信頼性の高いシステムの構築	18
	(2) 維持管理体制の強化	18
	(3) 緊急時の局内外の連絡体制の強化及び広報の充実	18
	(4) 再発防止に向けた職員の意識の醸成	18
8	用語集	19

1 事故原因調査委員会の目的

水道局の市内配水ポンプ設備は安全、安心、安定な飲料水を市民に供給するための重要な設備である。今回、今井ポンプ場において平成25年1月10日（木）午前2時52分に流量調節弁※¹が故障したことにより、開方向に動作しなくなり、給水エリアにおいて、減断水が午前6時00分頃から10時15分頃までの間発生した。減断水の復旧について、手動により副弁の開方向の動作を行ったが、復旧時に濁水を発生させた。

このことにより、南区、港南区、保土ヶ谷区、戸塚区のうち約9千戸において減断水、最大4万戸で濁水が発生し、市民生活へ多大な影響を及ぼした。

このことから、客観的、専門的立場で事故原因の究明を図るとともに、再発防止に向けた今後の対策を検討するため、有識者等により構成された今井ポンプ場設備故障事故原因調査委員会が設置された。

2 審議経過

(1) 今井ポンプ場設備故障事故原因調査委員会

会 長：横浜国立大学大学院工学研究院 教授 秋庭 義明

委 員：社団法人日本水道協会 工務部次長 木村 康則

委 員：横浜市水道局担当理事（水道技術管理者）林 秀樹

(2) 委員会開催

ア 第1回委員会

開催日

平成25年2月22日（金）

内 容

- ・今井ポンプ場の概要及び事故の発生状況の確認
- ・これまでの現場調査内容の確認
- ・事故原因調査手法の確認

イ 第2回委員会

開催日

平成25年3月7日（木）

内 容

- ・事故原因の調査結果について
- ・今後の対策（課題及び提言）について

ウ 第3回委員会

開催日

平成25年3月27日（水）

内 容

- ・今井ポンプ場設備故障事故原因調査委員会報告書内容の審議

3 今井ポンプ場の概要



今井ポンプ場の位置図

概要

設置年	平成14年度
設置標高	55.5m (給水区域最高標高86.6m)
受電	6.6kV常用・予備の2回線
流入系統	企業団相模原系
流入圧力	0.21MPa (平均値)
ポンプ	両吸込み渦巻式ポンプ5台 (1台予備) 口径400mm×300mm 流量18.4m ³ /min 揚程58m
電動機	出力250kW 電圧6,600V
制御方式	・推定末端圧一定制御 ^{※2} ・ポンプ台数制御 ^{※3} 1台目連続 2台目運転1,400m ³ /h 3台目運転2,800m ³ /h 4台目運転4,200m ³ /h
流量調節弁 ^{※3}	口径600mm 電動式ロート弁 定格トルク2.6 (400N・m) 定格電流 (10A)
副弁	口径600mm 電動式バタフライ弁 (流量調節弁の維持管理時の弁及び電磁流量計の流量の確認調整用)
配水池	H.W.L=65.00m L.W.L=57.50m 配水池容量=30,000m ³ 平成11年3月～平成15年3月 築造
給水戸数	62,537戸
給水量	43,026m ³ /d

4 今井ポンプ場停止事故の発生状況

平成25年1月10日(木)1時17分に流量調節弁の故障が発生し、吐出圧力が低下した(0.347MPa)。このため、1時33分に圧力回復のために、戻し弁(配水量が少ない時間帯にポンプ及び流量調節弁保護するための弁)の開操作を行った。この結果、1時36分に圧力低下が回復した(0.407MPa)。その後も、流量調節弁は故障、回復を繰り返し、2時52分頃、流量調節弁が故障したことにより、開方向に動作しなくなり、給水エリアにおいて減断水が発生した。また、減断水の復旧について、手動により副弁を動作する作業を行ったが、復旧時に濁水が発生させた。

(1) 発生日時

平成25年1月10日(木)午前2時52分頃

(2) 発生場所

横浜市保土ヶ谷区今井町1313

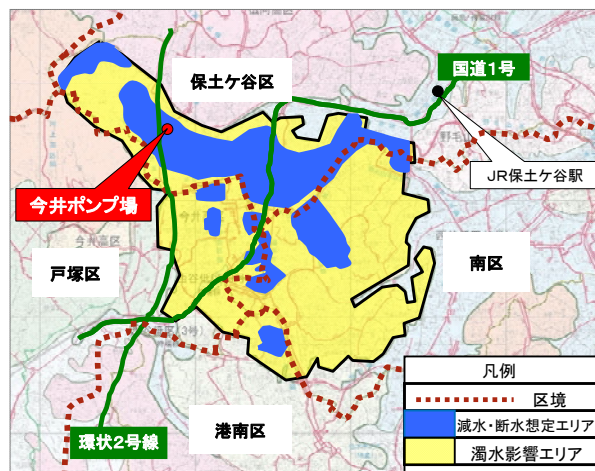
(3) 事故の影響

ア 断水区域

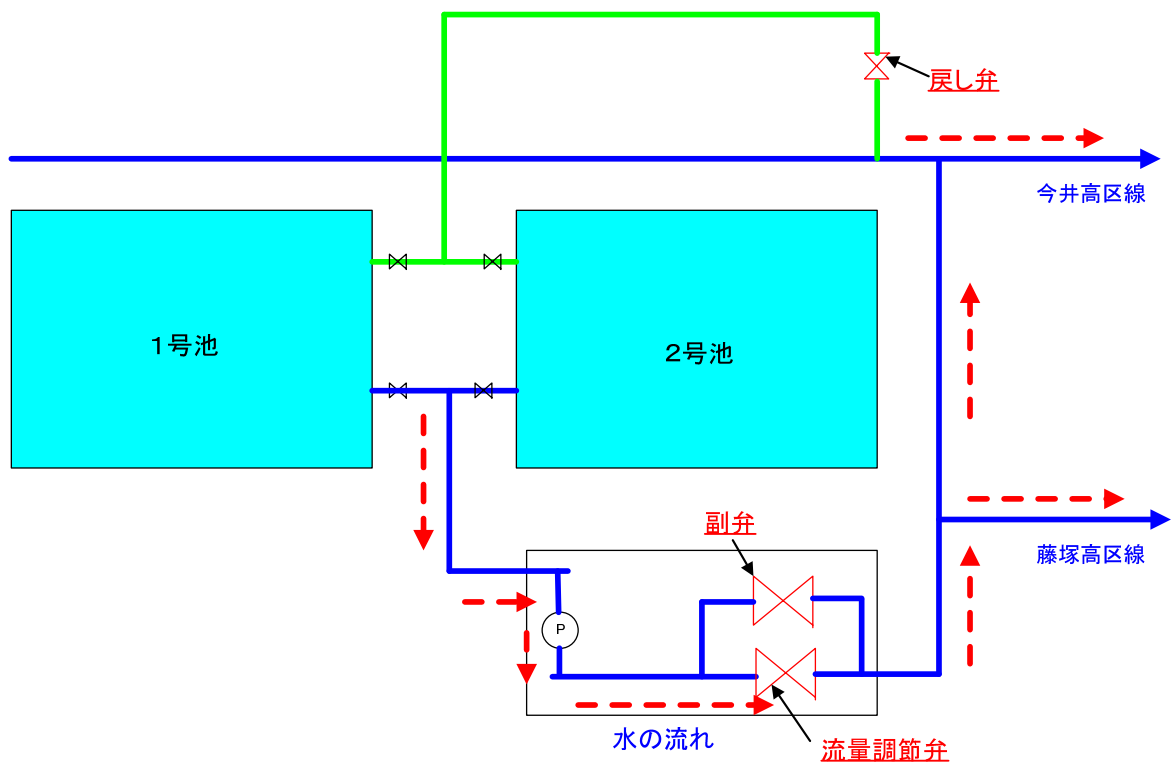
保土ヶ谷区、戸塚区、南区、港南区

イ 減断水戸数

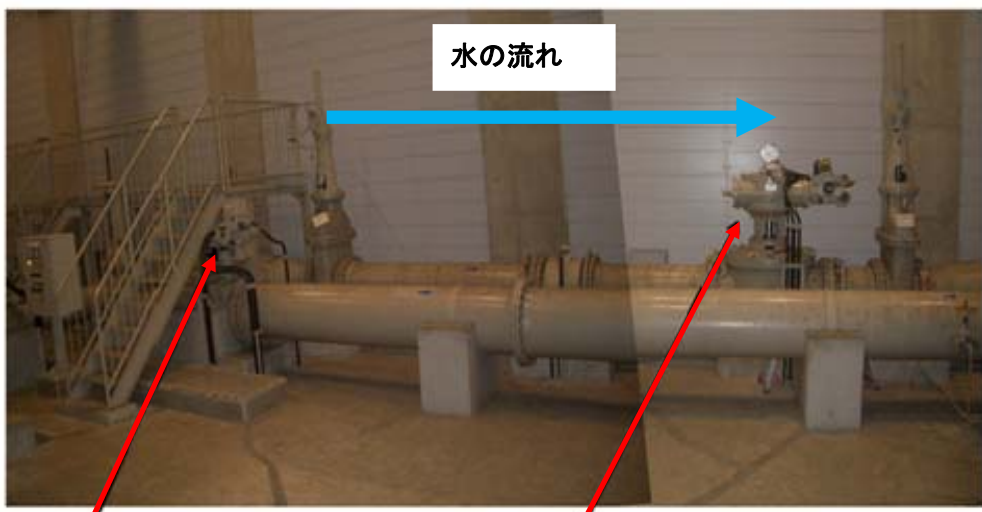
断減水 約9千戸、濁水 最大4万戸



今井ポンプ場減断水エリア



今井ポンプ場平面図




②副弁 (現場で開操作)

①流量調節弁 (故障機器)

流量調節弁現地写真

(4) 事故の経過

時刻	状 況
1:17	流量調節弁故障発生、圧力低下発生 (圧力下限値 0.40MPa に対し 0.347 MPa 常時圧力 0.53MPa)
1:33	圧力回復のため、戻し弁を閉操作
1:36	圧力低下回復 (0.407MPa)
1:49	流量調節弁故障回復
2:45	流量調節弁故障発生
2:46	流量調節弁故障回復
2:52	流量調節弁故障発生 (圧力低下発生なし)、これ以降故障は回復せず
4:40	職員が故障復旧のため今井ポンプ場へ出動
5:02	圧力低下発生 (0.388 MPa)
5:03	戻し弁閉操作により、圧力回復 (0.445MPa)
5:07	職員が今井ポンプ場へ到着
5:07 ～ 5:40	次の作業により故障回復を試みる。 ① 電動駆動部の蓋を開放し、トルクスイッチにより、開方向のトルク故障であることを確認 ② 弁本体からトルク故障を復帰し、電動での操作を試みる。閉方向には動作するが、開方向には11%以上動かないことを確認 ③ 弁のハンドルによる操作を試みるが、開方向には11%以上動かないことを確認 ④ グリスの塗布により、ネジ軸の潤滑性向上を上げ、操作を試みる ⑤ ②～④を繰り返し回復を試みたが、結局回復せず
5:19	圧力低下 (0.390 MPa)、同時刻に回復
5:36	圧力低下発生、これ以降圧力は回復せず
6時頃	減断水発生 お客様サービスセンター等に減断水等の問合せが開始
6:10 ～6:40	今井ポンプ場へ応援職員が到着、同じ作業を繰り返すも回復しないため、流量調節弁の故障回復作業を断念
6:40 ～7:10	圧力を回復するためにポンプを2台起動することを検討し、運転を実施。しかし、効果がないため、2台目の運転を停止。また、バルブメーカーに現場対応を依頼。
7:38	西谷浄水場緊急参集職員から、今井ポンプ場にいる職員へ流量調節弁の副弁を操作し、圧力を回復させるよう指示。
7:41	段階的に副弁を開操作
8時頃	給水車 16台 出動準備完了 (8台出動し、給水開始) 広報車 6台 順次出動
8:34	圧力低下回復 (0.40 MPa)

8:45	減断水情報を水道局ウェブサイトに掲載
9:00	濁水洗浄作業を開始 (22:30 まで)
	お客様サービスセンターのオペレーターを増員配置
9:30	バルブメーカーが今井ポンプ場へ到着し、現地調査開始
9:15	ツイッターによる情報発信
10:00	記者発表 (第1報) を発信 (12:40 第2報、17:15 最終報)
	バルブメーカーによりローテーターレバーが変形し、ローラーが開方向に動かなくなっているため、ローテーターレバーを研磨して表面の凹凸をなくせば動く可能性がある、との見解が出たため、局側よりバルブメーカーへ、ローテーターレバーを研磨することを指示。 状況については、右図参照。
	
10:15	減断水解消
11:30	バルブメーカーより、ローテーターレバーの研磨は終了したが、回転させようとしてもネジ軸のみが回転し、クロスヘッドは回転していない、クロスヘッドの内ネジが摩耗し、なくなっているのではとの見解。流量調節弁の応急復旧を断念
19:30	広報車による活動終了
22:30	白濁水 ^{*4} の洗浄作業終了

5 停止事故の原因調査

(1) 事故原因の調査手法について

今回の原因調査は、計画・設計・工事・維持管理・復旧までの広範囲におよぶ分析のため、原因が特定できない事象が発生した際の原因分析に幅広く応用されている、FTA 調査手法を採用した。

ア 流量調節弁故障 (減断水発生) の事象から「計画」、「調節弁」、「工事」、「設備の運用」、「維持管理」の5つの要因 (大区分) を抽出。

イ 5つの要因 (大区分) から17つの要因 (中区分)、33の要因 (小区分) へ細分化し、具体的な調査項目を33項目抽出し、調査を行った。

(2) 調査項目について

具体的な調査は、次頁参照。

事象	(大区分)	要因 (中区分)	(小区分)	調査項目	調査結果	
流量調節弁故障 (減断水発生)	計画	設計条件	設計条件	・当初計画	1 適正な計画であることを確認。 ・時間最大給水量は、計画時は4,060m ³ /hであり、運用実績2,632m ³ /hであった。運用実績は計画時の65%の給水量であった。	
			設備設計	通常運用	・弁の選定根拠 ・設計基準	2 回転数制御、ロート弁制御、台数制御で検討。 ・「ポンプ設備設計要領」に記載されている5方式では検討していなかった。
				バックアップ	・予備機の有無 ・バックアップ計画	3 緊急時：企業団欠指調整池より自然流下。 ・長時間断水：港南台配水池→日野幹線→藤塚幹線ルートで平戸高区線へのバックアップ計画があることから流量調節弁の予備機の検討は行われていない。
		調節弁	設計	設計条件の反映	・設計条件(圧力、流量) ・トルク設定値	4 仕様圧力(Mpa) 常用0.74 最高0.85 ・仕様流量(m ³ /min) 常用73.3 最少6.32 ・トルク設定値 開側 2.6 閉側 2.6
				材質	・材料選定根拠	5 完成図書(メーカ選定)による。 ・設計図書には材料の指定なし。
			流調開度	設計条件の反映	・開度-流量特性 ・設計時の運用開度	6 完成図書(メーカ選定)による。設計検討書と完成図書で相違はなかった。 ・発注者側から請負者側に運用開度の情報が提供されていない。
			材料特性	摩耗	・材料寸法 ・摩耗形態(摺動部調査) ・摺動距離	7 弁本体上部・下部軸受、ケース上蓋軸受、ローターレバー、ローラーにかなりの摩耗が見られた。 ・ロート弁で流量調節を行っている、4施設(5流量調節弁)と比較したが、PVT(摺動距離×面圧)は3.6~24倍大きかった。 ・目標圧力の変動を極力抑えるために、細かな制御を行った結果、動作回数、累積動作角度、摺動距離が大きくなった。
					腐食	・腐食の有無 ・腐食形態
				SCC (応力腐食割)	・SCCの有無	9 応力腐食割れなし。
		材質		・材質の確認 ・硬度の確認	10 完成図書(メーカ選定)により材質の確認、実際に納入されていた部材の強度を確認したが、問題なかった。摺動部材の硬度を実際に測定した結果、基準を満足していた。	
		材料疲労		・疲労破壊の有無	11 疲労破壊なし。	
		組立	緩み	・組み付け不良等	12 平成24年2月8日現地調査時にロックナットの緩み(ネジ軸6回転分、27mm(5.6%、5度))の緩みにより、ネジ軸がすりこ木状になり、ストッパーを削り、トルクが増加する原因となった。	
	工事		発注仕様	契約条件	・契約書	13 設置にあたり、「電力・計装設備」と「ポンプ設備」とで別途発注。流量調節弁(駆動部含む)は「ポンプ設備工事」、制御システムは「電力・計装設備」で実施した。
		弁施工手順	施工手順	・施工手順確認	14 保存期間3年のため、保存されていなかった。	
			弁据付状態	・据付記録確認 (芯ずれ、水平度等)	15 保存期間3年のため、保存されていなかった。	
		制御の設定	圧力制御設定	・操作出力周期設定値 ・不感帯幅設定値	16 ロート弁で流量調節を行っている、4施設(5流量調節弁)施設で比較したが、操作出力周期設定値、不感帯幅設定値とも各施設で圧力を一定に保つために多少の差があった。	
				電気設備	保護協調	・機械設備との整合性 ・過電流設定値
		試運転状態	試運転記録等	・試運転記録 ・総合試運転記録	18 試運転記録および総合試運転記録の書類なし。 ・工場検査結果は問題なし。	
				設備の運用	運転条件	1次側圧力変動
		2次側圧力変動	・圧力データ確認 ・他機場との比較			20 ロート弁で流量調節を行っている、4施設(5流量調節弁)比較したが、ほぼ同程度の圧力であった。
		前後差圧	・差圧データ確認 (低流量時)			21 ロート弁で流量調節を行っている、4施設(5流量調節弁)比較したが、ほぼ同程度の圧力であった。
		流量	・実流量の確認 ・流量の変化(24h) ・他機場との比較			22 流量調節を行っている、4施設(5流量調節弁)で比較したが、流量の多い時間帯、少ない時間帯の傾向は同様であった。
	振動・騒音	水質	・異常振動の確認 ・異常騒音の確認		23 平成23年12月8日から異音を確認されたが、摩耗に気がなかった。 ・異音は開度が20%以下の時に感じられた。	
			・濁度、異物の確認		24 浄水において異物はなく、他施設と比較したが差はなかった。 ・濁度 最大(度) 0.13 最少0.00 平均0.01	
	運転データ	電流・トルク	・電流・トルクの把握 ・他機場との比較		25 各施設とも点検結果異常なし。開閉時の電流値も特に問題なかった。 ・今井は過電流が発生していた。	
		弁開度	・弁開度の把握(24h) ・他機場との比較		26 流量調節を行っている、4施設(5流量調節弁)で比較したが、10~20%程度の開度で使用している割合が多かった。	
		開閉動作	・累計動作角度の推定 ・他機場との比較		27 ロート弁で流量調節を行っている、4施設(5流量調節弁)で比較したが、推定累積開閉動作角度が今井ポンプ場だけ特が多かった。	
		制御	・操作出力量、周期 ・不感帯幅 ・他機場との比較		28 ロート弁で流量調節を行っている、4施設(5流量調節弁)で比較したが、操作出力周期設定値、不感帯幅設定値とも各施設で圧力を一定に保つために多少の差があったが、細かな制御が行われていた。	
		維持管理	維持管理	基準	・メーカー推奨基準 ・他機場の整備基準 ・水道局基準	29 ・メーカ: 1回目:1年経過後点検整備 2回目以降:1回目の点検結果に基づき点検間隔を定める。 ・局:点検間隔、耐用年数ともに局基準が定められていない。
				実績	・巡回点検等の記録	30 2か月ごとに、職員により異音・異臭・発錆・漏液・加熱等の有無について点検を行っていた。チェックはし点のみで行っていた。
	機器修繕状況	機器修繕状況	修繕履歴	・修繕内容、手順 ・修繕理由	31 鶴見は設置後、約27年経過した時点で、西高区線、岸谷線ともに弁本体の修繕を実施していた。今井は駆動部のみ平成22年に更新していた。	
			故障履歴	・過去の故障履歴 ・直前の故障履歴	32 平成23年ころからトルク故障が発生していた ・平成24年末に故障が頻繁に発生していた	
			事故時の状況	・事故発生時の対応 ・現場の状況	33 ロート弁故障発生から、現場に到着するまでに、2時間以上の時間を要していた。また、副弁によるバイパス配水を決定するまでも、現場到着後2時間以上要していた。 ・記者発表は断水発生から4時間後、局ホームページ掲載は2時間45分後であった。	

(3) 調査結果について

各項目の調査結果は、次のとおり。

・【調査項目1 当初計画】

平成12年度作成された「ゆめはま2010プラン」での人口予測等に基づき、2010年の本格エリアを想定し、一日最大給水量(48,800m³)として計画し、ポンプを選定していた。また、運用開始時(平成15年)の一日最大給水量(33,300m³)でも運転可能であることを確認していた。

局内における「ポンプ設備設計要領(平成9年度版)」には、ポンプ設備の容量・台数・制御方式は、計画一日最大給水量により決定するとされており、計画としては問題なかったが、実際の給水量は設計値の約65%となっていた。このことから、調査項目の課題としては、給水人口は増加しているものの、水需要は伸びずに、予測した給水量と実際の給水量に違いがあった。このため、実際の流量調節弁は当初の計画より、閉方向での動作が続いた。

・【調査項目2 弁の選定根拠、設計基準】

「ポンプ設備設計要領(平成9年度版)」では、①二次抵抗器(液体抵抗器制御)②静止セルビウス制御③一次周波数制御④吐出弁制御⑤直流電動機制御を方式別による検討としており、原則としては二次抵抗制御(液体抵抗)方式とするが、「選定に当たっては、このほかにポンプ場設置条件を十分考慮し決定する。」と記載されている。

設計検討書では、①回転数制御(液体抵抗器制御)②ロート弁制御(吐出弁制御)③台数制御の3方式で検討を行っており、「ポンプ設備設計要領(平成9年度版)」に記載されている、5方式では比較・検討していなかった。また、選定理由は、「今井ポンプ場を将来的に維持管理費を安く、電動機の運転効率・将来の都市化による配電線の強化等を考慮し、65%タップ起動による、コンドルファ方式+ロート弁制御方式とする。」とされていた。

この調査項目の課題は、「ポンプ設備設計要領(平成9年度版)」に記載されている制御方式全てを検討していなかったことと、検討していない理由が明確にされていなかったことである。

・【調査項目3 予備機の有無、バックアップ計画】

計画時は次のバックアップ配水^{※5}を検討していたことから流量調節弁の予備機の検討は行われていなかった。

①緊急時のバックアップ配水は企業団矢指調整池より自然流下(用水供給事業者からのバックアップ)

②長時間断水時は港南台配水池→日野幹線→藤塚幹線ルートで平戸高区線へ配水(他エリアブロックからのバックアップ)

また、副弁が設置されている理由は、流量調節弁故障時のバックアップ配水が目的ではなく、流量調節弁の維持管理及び電磁流量計の流量の確認調整用に設置されたものであった。

この調査項目の課題は、流量調節弁が故障し、断水することを想定していないことから、予備機を設置するといった概念がなかったことと、流量調節弁が故障した際のバックアップ計画がなかったことである。

・【調査項目4 設計条件（圧力、流量）、トルク設定値】

設計図書には、常用 0.74MPa のみ指定していたが、完成図書では、常用使用圧力 0.74MPa 最高使用圧力 0.85MPa、常用使用流量 73.3 m³/min 最少使用流量 6.32 m³/min と設計仕様を満たしていた。

トルク設定値は、完成図書では開側・閉側ともに 2.6 (400N・m) とされていたが、平成 23 年 4 月に過トルクの故障が発生し流量調節弁が動かなくなり、水の安定供給を考え、制御停止を避けるためにトルク設定値を 3.0 (460N・m) にして制御の続行を図った。

・【調査項目5 材料選定根拠】

設計図書にはロート弁に関する材料の指定はしていなかった。記載していたのは、数量：1 台、形式：電動コーン弁（右回り開）、口径 600A、フランジ規格 JIS 10K RF、常用圧力 0.74MPa のみであった。バタフライ弁、仕切弁、逆止弁については、局設備の標準仕様書で指定している。

・【調査項目6 開度－流量特性、設計時の運用開度】

設計検討書と完成図書での相違はなかった。発注者側から請負事業者、バルブメーカー、下請負事業者に対して、設計時の運用開度に係る情報（最大、最少使用流量等）が提供されていなかった。

この調査項目の課題は、設計時の運用開度に係る情報（最大、最少使用流量等）が発注者側から請負事業者、バルブメーカー、下請負事業者に提供されていなかったことである。

・【調査項目7 材料寸法、摩耗形態（摺動部調査）、摺動距離】

ア 弁本体上部・下部軸受、ケース上蓋軸受、ローテーターレバー、ローラーにかなりの摩耗が見られた。圧痕、フレッチング傷^{※6}も確認できた。

イ ロート弁で流量調節を行っている 4 施設（5 流量調節弁）で比較したが、今井ポンプ場流量調節弁は他の弁に比べて動作回数が平均値で約 5 倍^{注)}、PVT^{※7} 値（面圧×摺動距離）が平均値で約 3 倍^{注)} 多かった。今井ポンプ場では、目標圧力に対して変動を極力抑えるために細かな制御が行われていた。その結果、動作回数が多くなり、累計動作角度・摺動距離が大きくなった。これが摩耗を大きくした原因と考えられる。

注) 数値は第 3 回委員会以降に調査した値です。

・【調査項目8 腐食の有無、腐食形態】

すべり面以外の部分に腐食性物質（錆）が認められたが、事故に直結するような腐食ではなかった。

・【調査項目9 SCCの有無（応力腐食割れ）】

応力腐食割れはなかった。

・【調査項目10 材質の確認、硬度の確認】

完成図書（メーカー選定）により材質等の確認を行ったが、特に問題とされる点はなかった。また、最も摩耗が激しかった弁体上部ブッシュ、弁体下部ブッシュの硬度を実際に測定

して確認した。その結果、ビッカース硬さの測定結果をブリネル硬さに換算して評価し、JIS H5120(2009)の基準 HB（ブリネルかたさ） ≥ 100 を満足することを確認した。

・【調査項目 11 疲労破壊の有無】

疲労破壊はなかった。

・【調査項目 12 組み付け不良等】

平成 25 年 2 月 8 日現地調査時にロックナットの緩み（ネジ軸 6 回転分、27mm（ネジ軸全体の 5.6%、角度にして 5 度））が確認された。この緩みにより、ネジ軸が後蓋のストッパーに当たり、ネジ軸がすりこ木状になり、ストッパーを削り、電動弁に係る発生トルクが増加する原因となり、その結果、弁体の振動が大きく増幅され各部の摩耗が進行した。

この調査項目の課題としては、開放時までネジのゆるみを発見できなかったことである。

・【調査項目 13 契約書】

新設にあたり、[電力・計装設備] と [ポンプ設備] とは工種の区分に基づき、別途発注していた。今回故障した流量調節弁（駆動部含む）は [ポンプ設備工事] での発注であった。流量調節弁を制御するシステムは [電力・計装設備] における契約範囲であった。そのため、流量調節弁の制御の方法は [電力・計装設備] 工事に任されており、基本的には [電力・計装設備] で動作確認を実施した。稼動してからの運用状況は [ポンプ設備] に情報はなかった。

この調査項目の課題としては、工事間での調整、情報が共有化されていなかったことである。

・【調査項目 14 施工手順確認】

工事当初の書類の保存期間を過ぎていたため、残されていなかった。

この調査項目の課題は、文書管理規定上、保存期間が 3 年であったため、施工手順の確認が出来なかったことである。

・【調査項目 15 据付記録確認（芯ずれ、水平度等）】

工事当初の書類の保存期間を過ぎていたため、残されていなかった。

この調査項目の課題は、文書管理規定上、保存期間が 3 年であったため、芯ずれ、水平度等の確認が出来なかったことである。必要な書類は保存期間を延長して保存すべきである。

・【調査項目 16 操作出力周期設定値^{*8}、不感帯幅設定値^{*9}】

ロート弁で流量調節を行っている 4 施設（5 流量調節弁）で比較したが、操作出力周期設定値、不感帯幅設定値ともに多少の差があったが、他の施設と比較して、今井ポンプ場は特異な値ではなかった。

・【調査項目 17 機械設備との整合性、過電流設定値】

(1) トルク設定値は、完成図書では開側・閉側ともに 2.6 とされていたが、平成 23 年 4 月 7 日に 3.0 に変更した。

(2) 平成 23 年 12 月 2 日に過電流設定値を 10A→12A に変更、平成 23 年 12 月 3 日に過電流設定値を 12A→13A へ変更した。

この調査項目の課題は、平成 23 年 4 月に「過トルク」の故障が発生、平成 23 年 12 月に過電流故障が発生し、流量調節弁が動かなくなったが、水の安定供給を考え、流量調節弁の停止を避けるために、応急処置としてトルクや過電流設定値を変更した。しかし、設定値を変更したのみで、故障の原因究明を行わなかったことである。

応急処置としての対応は必要だが、職場内での故障の情報共有、根本的な対応策をとらなかったことである。

・【調査項目 18 試運転記録、総合試運転記録】

工場における、検査成績表、試験成績表とも基準値を満たしており問題はなかったが、試運転記録・総合試運転記録は、書類の保存期間を過ぎているため、残されていなかった。

この調査項目の課題は、文書管理規定上、保存期間が 3 年であったため、試運転記録、総合試運転記録の確認が出来なかったことである。

・【調査項目 19 1 次側圧力データ確認、他機場との比較】

ロート弁で流量調節を行っている 4 施設（5 流量調節弁）で比較したが、どの施設も使用している圧力は、ロート弁の設計値である常用使用圧力(0.74MPa) 以下であり、今井ポンプ場 0.60MPa、鶴見ポンプ場（西高区線）0.51MPa、鶴見ポンプ場（岸谷線）0.51MPa、野毛山ポンプ場 0.53MPa、小雀配水 0.65MPa であった。

・【調査項目 20 2 次側圧力データ確認、他機場との比較】

ロート弁で流量調節を行っている 4 施設（5 流量調節弁）で比較したが、どの施設も使用している圧力は、ロート弁の設計値である常用使用圧力（0.74MPa）以下であり、今井ポンプ場 0.54MPa、鶴見ポンプ場（西高区線）0.37MPa、鶴見ポンプ場（岸谷線）0.36MPa、野毛山ポンプ場 0.51MPa、小雀配水 0.45MPa であった。

・【調査項目 21 前後差圧データ確認（低流量時）】

ロート弁で流量調節を行っている 4 施設（5 流量調節弁）で比較した。今井ポンプ場 0.06MPa、鶴見ポンプ場（西高区線）0.14MPa、鶴見ポンプ場（岸谷線）0.15MPa、野毛山ポンプ場 0.02MPa、小雀配水 0.20MPa であった。

※比較は毎正時（0 時 00 分、1 時 00 分・・・等）の値を算出し 24 時間分データの平均値を示している。

・【調査項目 22 実流量の確認、流量の変化（24h）、他機場との比較】

配水池の出口で流量調節を行っている 4 施設（5 流量調節弁）で比較したが、流量の多い時間帯、少ない時間帯ともに、流量変化の傾向は同様であった。

・【調査項目 23 異常振動の確認、異常騒音の確認】

平成 23 年 12 月 8 日に異音を確認された。通常の巡回点検では確認されていなかった。

この調査項目の課題は、異音は開度 20%以下の時に確認されたが、巡回点検は日中で、開度 20%以上の時に実施されていたことである。また、異常音があったことの情報共有がされていなかったことも課題である。

・【調査項目 24 濁度^{*11}、異物の確認】

浄水において異物は無く、平成 23 年度の濁度について調査したところ、最大で 0.13 度、最小で 0.00 度、平均で 0.01 度とほぼ濁質はなかった。今井ポンプ場を鶴見ポンプ場、野毛山ポンプ場、小雀配水ポンプ場、公田ポンプ場と比較したが、差はなかった。

・【調査項目 25 電流・トルクの把握、他機場との比較】

今井ポンプ場の事故を受けて流量調節弁で配水量を制御している 4 施設（5 流量調節弁）について、委託点検を行ったが、各施設とも点検結果は異常なかった。今井ポンプ場は過電流が発生していた。

この調査項目の課題は、調査項目 17 と同様に、今井ポンプ場は応急処置としてトルク、過電流設定値を設置時の値から変更したが、故障の原因究明を行わなかったことである。

・【調査項目 26 弁開度の把握（24h）、他機場との比較】

流量調節を行っている 4 施設（5 流量調節弁）で比較したが、30%以下の開度で使用している割合が多かった。

・【調査項目 27 累計動作角度の推定、他機場との比較】

流量調節を行っている 4 施設（5 流量調節弁）で比較したが、推定累積開閉動作角度が今井ポンプ場だけ特に多かった。

この調査項目の課題は、今井ポンプ場では、目標圧力に対して変動を極力抑えるために細かな制御が行われていた。その結果、摺動距離が多くなり累計動作角度が大きくなった。これが摩耗を大きくした原因と考えられる。

・【調査項目 28 操作出力量、周期、不感帯幅、他機場との比較】

ロータ弁で流量調節を行っている 4 施設（5 流量調節弁）で比較したが、操作出力周期設定値、不感帯幅設定値ともに各施設で圧力を一定に保つため多少の差があったが、今井ポンプ場では、目標圧力に対して変動を極力抑えるために細かな制御が行われていた。これが摩耗を大きくした原因と考えられる。

この調査項目の課題は、それぞれの設定値が施設ごとに異なり、設定値を算定した根拠が明確にされていなかったことである。今後は、設置後に設定値の確認を行い、現場で実際の動作を確認して、過大に開閉を行っていないか確認する必要がある。

・【調査項目 29 メーカー推奨基準、他機場の整備基準、水道局基準】

メーカーの定期点検基準は 1 回目の点検を、設置 1 年経過後に点検整備を実施し、2 回目以降は 1 回目の点検結果に基づき点検間隔を定めるとされており、耐用年数は 30 年であった。局内では定期点検間隔、耐用年数ともに基準が定められていなかった。

他の事業体を調査した結果、5 年に 1 度開閉機構の部品交換を実施している事業体もあった。

この調査項目の課題は、メーカーの点検基準はあるものの、局内の定期点検基準がなく、

点検を行っていなかったことである。

・【調査項目 30 巡回点検等の記録】

2か月ごとに、職員により異音・異臭・発錆・漏液・加熱等の有無について実施することを記載されているのみであり、チェックは機器に対してひとつのレ点記入のみで行っていた。

この調査項目の課題は、点検結果の記録方法が、レ点のみであったため、具体的な点検結果の記録がなかったこと。異音を確認した際に情報の共有化がされていなかったことである。

さらに、点検はいつも開度が20%以上の時間帯で実施されていたため、20%以下で確認された異音は見逃された。

・【調査項目 31 修繕内容、手順、修繕理由】

鶴見ポンプ場は設置後約40年経過しているが、27年経過した時点で、西高区線、岸谷線ともに弁本体の修繕を実施していた。また、今井ポンプ場は、手動・電動切替レバーが故障したため、駆動部のみ、平成22年に更新していた。

・【調査項目 32 過去の故障履歴、直前の故障履歴】

平成23年2月11日からトルク故障が発生していた。平成24年12月16日から平成24年12月19日には頻繁にトルク故障が発生していた。トルク設定値は、完成図書では開側・閉側ともに2.6とされていたが、平成23年4月7日に3.0に変更していた。平成23年12月2日に過電流設定値を10A→12Aに変更、平成23年12月3日に過電流設定値12A→13Aへ変更していた。

この調査項目の課題は、頻繁に警報が発生したことへの慣れや、機器の重要性に対する意識・認識が不足していたものと思われ、対処療法的な考えに基づくものであった。

・【調査項目 33 事故発生時の対応、現場の状況】

ロート弁故障発生から、現場に到着するまでに、西谷管理室から開閉を試みたため、2時間以上の時間を要していた。また、現場にて流量調節弁を手動で開閉動作を繰り返したが、故障回復しなかった。また、副弁からの配水を決定するまでも、現場到着後2時間以上を要していた。

・【その他 事故が大きくなった理由】

事故が大きくなった理由として、グリスの塗布などによって、過去に故障復帰した経験から、関係部署への報告・連絡よりも故障復帰を優先させていたため、対応が遅れた。また、報告減断水発生時間帯が、朝方の通勤時間にも重なり、対応できる職員の連絡にも時間を要したことと、事故対応における局内の情報伝達方法のあり方と、調節弁故障時の他課とのバックアップに対する連携方法の仕組みが上手く機能しなかった。

また、市民にすみやかに情報を発信する必要があったが、記者発表は減断水発生から4時間後、水道局ホームページ掲載は2時間45分後であった。

6 原因分析

33 項目の調査結果を、第 1 回及び第 2 回事故調査委員会で報告し、協議を行った。

その結果、設備故障が発生した原因は、機器故障の要因と維持管理の要因があり、また、復旧に関する対応についても減断水を長引かせた原因であったと推定される。

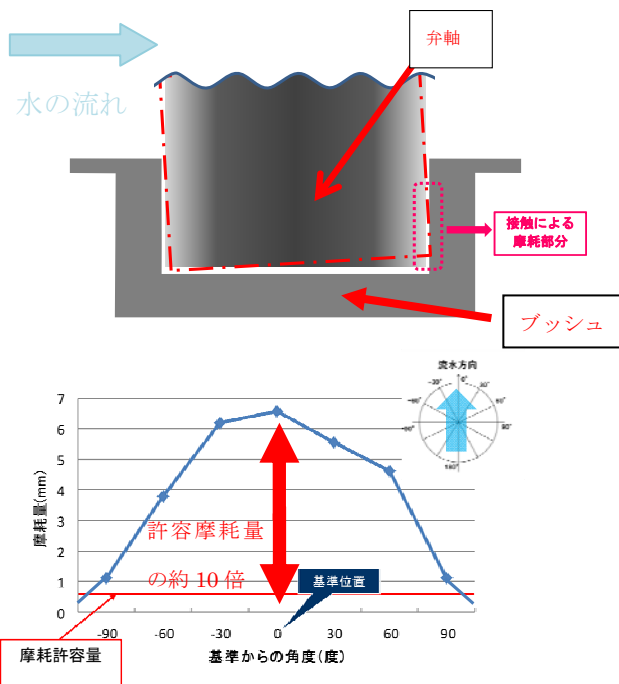
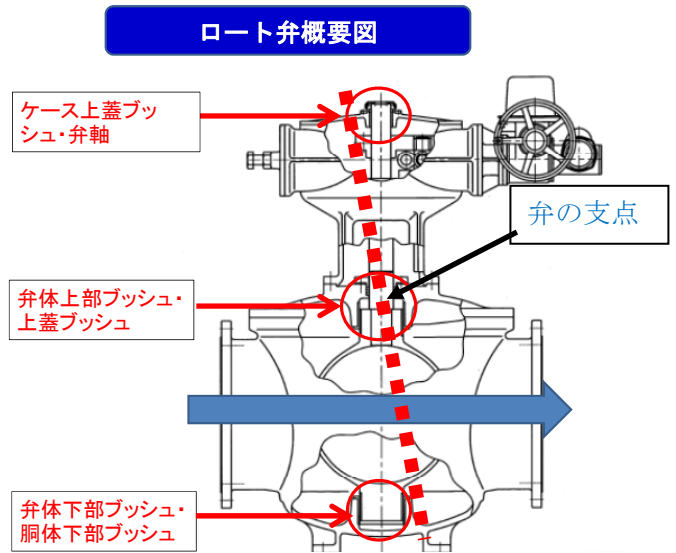
今回の事故は、(1) 機器故障の要因と (2) 建設及び維持管理の要因が重なって総合的に発生しているものと考えられる。

(1) 機器故障の要因

ア 平成 25 年 2 月 8 日現地にて分解し、摺動部品の寸法測定を行ったところ、弁体下部ブッシュ^{※11}と胴体下部ブッシュ、弁体上部ブッシュと上蓋ブッシュ、ケース上蓋ブッシュと弁軸に摩耗が確認された。また、軸受の摩耗によりギャップが広がり、弁体の上部を支点として軸が傾いたことにより、摩耗が進んだ。(これら摩耗が確認された場所については、右図参照) その摩耗状況については、「弁体上部ブッシュ摩耗状況」のとおりである。

また、特に摩耗量が大きかった弁体下部ブッシュと胴体下部ブッシュにおける測定結果は下図のとおりで、摩耗許容量に対してケース上蓋ブッシュでは 5 倍、弁体上部ブッシュでは 3 倍、弁体下部ブッシュでは 10 倍という結果であった。(下図参照)

弁体上部ブッシュと弁体下部ブッシュでは、流れ方向に対して摩耗していることがいえる。

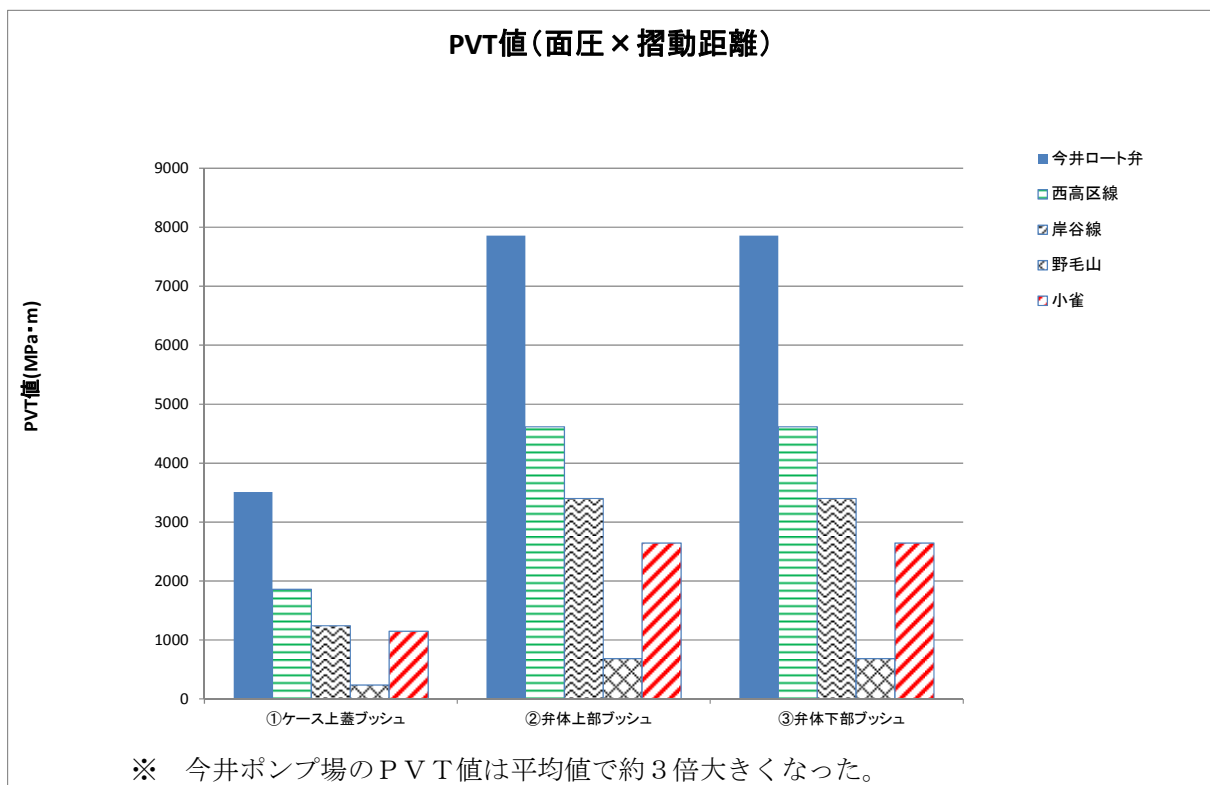


弁体上部ブッシュ摩耗状況

イ ギャップデータについて分析した結果、動力を弁に伝えるネジ軸とストッパーが接触してすりこ木状で回転していたことにより、ネジ軸トルクを増大させた。これらの状況については下図参照。



ウ ロート弁で流量調節を行っている4施設（5流量調節弁）でPVT値（面圧×摺動距離）について比較したが、今井ポンプ場だけ設置から故障時までのPVT値（面圧×摺動距離）が他の施設と比較して、平均値で約3倍多かった。これは、目標圧力に対して変動を極力抑えるために細かな制御が行われていたためで、その結果、PVT値が大きくなった。（下図参照。）



(2) 建設および維持管理の要因

ア 建設について

調節弁の設置工事については、本体は機械設備工事、制御は計装設備工事と分離発注となっており、工事としての仕様は満足していたが、総合試運転では計装設備工事に任されていたため、運転状況は機械設備工事側に情報は伝わっていなかった。さらに、計装設備工事の担当者は、流量調節弁で制御する目標圧力に対して変動を抑える制御を重視していたため、今回の流量調節弁は他機場の同様の弁より、多くの開閉動作を繰り返していた。そのため、機械設備工事側の想定した以上の開閉動作となっており、弁の摺動距離が大きくなっていた。

イ 点検方法について

流量調整弁の定期点検・精密点検の基準がないため定期点検は実施されていなかった。機器故障時には状況の確認を実施し、弁に異常があると判断された場合には、メーカーに問合せを調査し、修理をすることで対応していた。

ウ 巡回点検について

巡回点検については、通常点検として2か月に1回昼間に実施されていたが、異常の有無についてチェックを行うだけで、備考欄に異常を記載するような、詳細な点検結果を記載していなかった。また、巡回点検は昼間実施されていたため、異音が発生していた20%以下の開度で使用されている時間帯では点検は行われていなかった。

エ 機器故障の状況把握

流量調節弁については、重要な機器であるにも関わらず、故障時は軽故障（全ての弁類は軽故障扱い）として取り扱われており、警報の慣れや職員が重要機器であるといった認識が薄れていたと考えられる。

オ 故障時の対応

流量調節弁のトルクや過電流などの故障が発生したため、過トルクや過電流の設定値を変更したが、短期的には故障が発生しなかった。そのため、原因を追究せずに水の供給を優先に考え、応急処置での対応を行ってしまった。したがって、機器の摩耗が進行してしまっただけで済んだ。

カ 故障履歴の取り扱い

過去の故障が発生した後、故障の重要度の認識が甘く、また、職員の間での情報の共有化が行われていなかったため、機器故障に対する問題意識が薄れていたと考えられる。

(3) 想定される事故原因

今回の事故原因は、過トルクの発生から、摩耗の進行へと移行したと推測されるが、具体的な事故の経過を次に示す。

- ア 摺動距離が大きくなることで、運用年を重ねるに従って、弁体を支持するブッシュ、弁ブッシュの摩耗が徐々に進行し、必要開閉トルクが増加した。【(1) ウ 該当】
- イ 開閉機構内部の摺動部品に作用する必要開閉トルクも増加し、ケース上蓋ブッシュと弁軸、弁体上部ブッシュと上蓋ブッシュ、弁体下部ブッシュと胴体下部ブッシュ、ロー

テーターレバーとローラーに摩耗が進行した。また、ネジ軸、クロスヘッド、ガイドロッド、ローラー部のグリス給油不足も影響を与えた。【(1) ア 該当】

ウ 弁開閉時に、ネジ部をステムブッシュに締結するナットが緩み、弁体の振動が大きく増幅され、弁体を支持するブッシュ、弁ブッシュの摩耗およびローテーターレバーのコーナー部の圧痕・摩耗の進行を加速させた。ネジ軸・ストッパー接触時のトルクも加算された。【(1) イ 該当】

また、平成 23 年 4 月 7 日に過トルク設定値目盛 2.6→3.0 への変更や、平成 23 年 12 月 2 日、4 日の過電流設定値増により、開閉トルクは増加し摩耗が進行した。【(2) オ 該当】

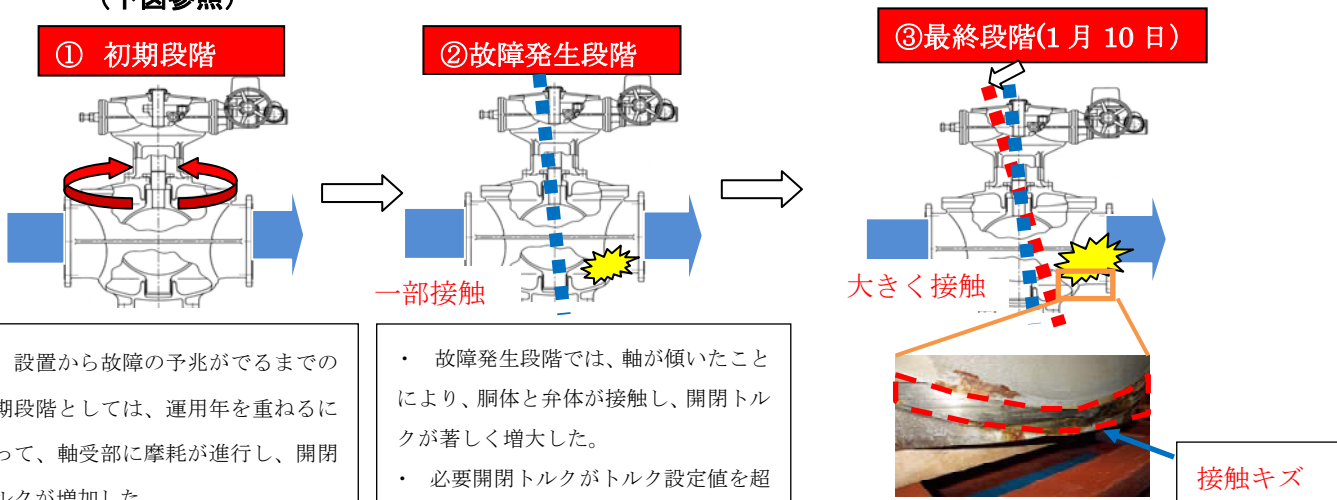
エ 弁体を支持するブッシュの摩耗が進行するにつれ、許容ギャップを超えて胴体シートと弁体シートが接触し、開閉トルクが著しく増大した。開閉トルクの増大に伴い、ローテーターレバーのコーナー部の圧痕・摩耗をさらに加速させた。【(1) ア 該当】

オ 必要開閉トルクがトルク設定値に到達し、閉側過トルクによる動作渋滞が発生した。この時点(平成 24 年 12 月 16 日から 12 月 19 日)では、開および閉方向への動作は可能であった。

カ 平成 24 年 12 月 19 日の行われたクロスヘッド部へのグリス給油により、過トルクは解消したがブッシュの摩耗は進行していった。平成 25 年 1 月 10 日に開・閉いずれかの方向にも過トルクが発生し完全に停止した。

この原因として、ローテーターレバーの動きが時間とともに圧痕・摩耗によりさらに悪くなり、また、胴体下部ブッシュの摩耗が大きくなり弁体が大きく傾いたことで、胴体シートと弁体シートが大きく接触したために完全に弁が動かなくなったと推測される。

(下図参照)



- ・ 設置から故障の予兆がでるまでの初期段階としては、運用年を重ねるに従って、軸受部に摩耗が進行し、開閉トルクが増加した。
- ・ 弁開閉時、開閉機構部内の部品が接触したことで、さらにトルクを増大させ、圧痕・摩耗の進行を加速させた。
- ・ 今井ポンプ場だけ、特に摩耗が短期間に進行した理由は、圧力変動を抑えるため、頻繁に弁の開閉動作が繰り返され、弁の動作回数が多かったためと推定される。

- ・ 故障発生段階では、軸が傾いたことにより、胴体と弁体が接触し、開閉トルクが著しく増大した。
- ・ 必要開閉トルクがトルク設定値を超えたため、弁が動かなくなった。
- ・ 平成 24 年 12 月にグリスの補充により、過トルクは一時的に解消したがブッシュの摩耗は進行していった。

設備故障事故が発生した、平成 25 年 1 月 10 日の最終段階においては、胴体下部ブッシュの磨耗が大きくなり弁体が傾いたことにより、胴体と弁体が大きく接触したために完全に弁が動かなくなったと推測される。2 月 8 日に分解調査した際に、弁体に接触したキズが確認された。(写真参照)

今回の機器は、設置後 10 年で故障したということだが、運用を重ねるにしたがって、機器の摺動部は摩耗して行き、適正な維持管理を行えば、予防保全もでき、大きな事故にはならなかったはずである。【(2) イ・ウ該当】

また、職員が流量調節弁の吐出圧力を抑えるための、制御を重視したことにより摺動距離が大きくなったため、結果的に摩耗が短期間で進行してしまった。運用状況を把握した中で機器の制御を理解することが必要であったと考える。

(4) 復旧に対する対応の分析

機器の故障はやむを得ないとしても、被害が拡大した理由は、次のとおりである。

- ア 流量調節弁等の故障によりポンプ場運転に支障がある場合、他系統からのバックアップにより断水を回避することが可能であったが、ポンプ場外の弁操作に伴う作業に時間を要するため選択をしなかった。
- イ 副弁の操作によるバックアップが可能で即時対応出来たが、故障時の対応として、副弁の操作が検討されていなかったため、流量調節弁の機能修復を優先し、断水発生後に副弁の操作を行ったため、副弁の開操作の際に白濁水が発生した。
- ウ 担当者は、事故に至るまでの故障時は、グリスの補充等で復帰した経験から、現場で流量調節弁が回復すると判断したため、結果として関連する部署への、迅速かつ正確な事故情報の連絡が遅れた。そのため、他の部署の対応が遅れた。
- エ 市民に大きな影響を与える事故については、市民にすみやかに情報を発信する必要があった。

7 再発防止に向けた提言

今回の流量調節弁については、実績もあり確立したシステムであるが、圧力変動を抑えるために頻繁に弁を動かしたことで故障に繋がった。そのため、この事故原因を踏まえ、適正な運用を確認し、提言に基づく安定した給水を行うことが重要である。以下を提言とする。

(1) 信頼性の高いシステムの構築

ア 今後はポンプ場の制御等、水運用に大きな影響を与える施設の制御システムの導入及び改良にあたっては、新しい技術の導入や過去の事故の経過も踏まえ、コスト等も考慮し、給水区域状況など現地に応じた検討を行うこと。また、既存の基準等も新しい情報を踏まえ改善していくこと。

イ 危機管理の観点から、流量調節弁等ポンプ場の要となる重要な機器については、予備機の設置を検討するとともに、故障した際、速やかに給水を継続できるバックアップシステムの再構築をすること。

ウ 設定水量、運用範囲、制御方針等、ポンプ場運転等の基本的な重要情報は、計画、設計、施工、管理の各段階において関係部署、請負事業者等への適切な周知、共有化を図ること。

エ 機器の重要度に応じた監視方法及び危機管理対応について再構築すること。

オ 機器設置後、現場での総合試運転を確実にを行い、運用状況を確認すること。

(2) 維持管理体制の強化

ア 定期点検、巡回点検の基準を、機器の重要度に応じて定め、最新の機器情報をメーカーから入手するなど、予防保全に役立てることが重要である。また、機器の重要度や故障程度に応じた原因究明や対策を速やかに行うための仕組みづくりを行うこと。

イ 流量調節弁等の重要機器の故障時に給水を継続できるように、各部署で施設の状況に応じて、機器故障時の緊急対応マニュアルを整備すること。

ウ 維持管理で重要な書類等、工事関係書類の保存の考え方について検討すること。

エ 点検状況や故障履歴の情報共有及び活用方法について検討すること。

オ 水運用、機器機能、制御システム等に関する職員の技術力の向上を行うこと。

カ 緊急時に速やかに対応できるように、定期的に訓練を実施すること。

(3) 緊急時の局内外の連絡体制の強化及び広報の充実

ア 危機事案発生時はいつでも迅速に対応できるよう、平時と非常事態の間に警戒段階を設け、この段階から関係部署へ情報発信し事故対応を開始すること。

イ 市民にすみやかに情報を発信するために事故等緊急時の情報は、局内外へ速やかに周知・共有すること。

ウ 速やかな広報を行うためには、故障事故に対する広報事項等をあらかじめ定めておくこと。

(4) 再発防止に向けた職員の意識の醸成

事故原因や対応の遅れなどの検証内容や提言事項を局内で共有し、再発防止に向けた職員の意識醸成を行うこと。

8 用語集

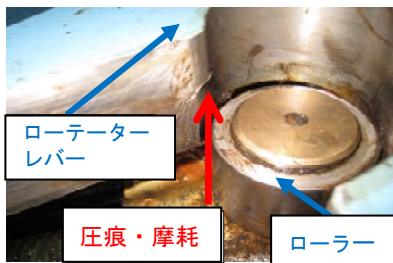
- ※1 流量調節弁：開度を変化させて流量を制御するための弁。今井ポンプ場においてはコーン弁（バルブメーカー製品名はロート弁）を使用している。
- ※2 推定末端圧一定制御：配水側の配管内の圧力を一定にする制御方式。
- ※3 ポンプ台数制御：配水側の流量に対応してポンプの運転台数を変更する制御方式。
- ※4 白濁水：水道水に巻き込まれた空気等の小さな泡が白く見えたもの。
- ※5 バックアップ配水：停電時や緊急時に、他の給水エリアや事業体から配水系統を切り替えて配水を行うこと。
- ※6 フレッチング傷：軸受が回転しない状態で振動を受けたときに生じる摩耗現象
- ※7 PVT：P（面圧）、V（速度）、T（時間）による摩耗量の推定手法で、一般的には面圧（P）×摺動距離（V×T）となる。
- ※8 操作出力周期設定値：測定値が設定値の範囲に入った際に、一定周期で弁動作をオン・オフさせる設定値。
- ※9 不感帯幅設定値：ある範囲内でなにも制御しない設置値
- ※10 濁度：濁度とは水の濁り具合を表す単位で、水質基準では2度以下と定められている。
- ※11 ブッシュ：軸の支持材

今井ポンプ場設備故障事故原因調査委員会報告書（概要版）

1 原因調査について

今回の原因調査は、計画、設計、工事、維持管理、復旧までの広範囲に及ぶため、原因を特定する調査項目を細分化して調査を実施しました。

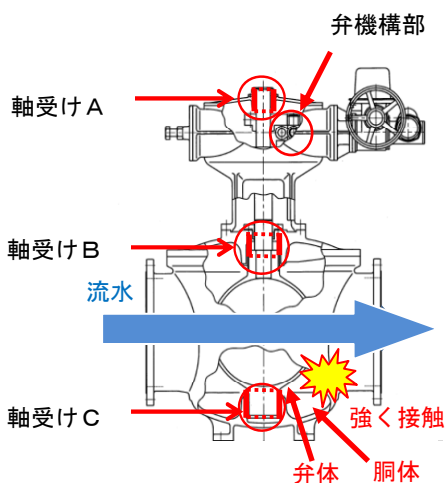
2 機器故障の状況



弁機構部拡大写真

(1) 弁機構部（事故発生直後）

- 1月10日に動力を伝えるローテーターレバーとローラー部分において、圧痕・摩耗が確認された。



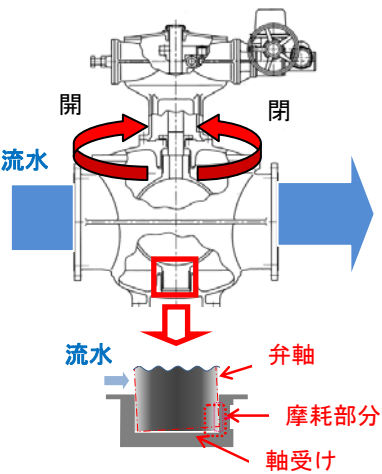
摩耗箇所

(2) 軸受け等の摩耗

- 平成25年2月8日に分解・調査した結果、赤丸で示した「軸受けA」、「軸受けB」、「軸受けC」の3か所で摩耗と「弁機構部」で圧痕・摩耗が確認された。
- 「軸受けA」は流水方向と逆方向に「軸受けB」と「軸受けC」は流水方向に摩耗が生じていた。
- 「軸受けC」の摩耗量は、30年の耐用年数に対してわずか10年程度で許容量の約10倍となっている場所が確認できた。
- 弁体と胴体の下部に「強く接触」した跡が確認できた。

3 想定される事故原因

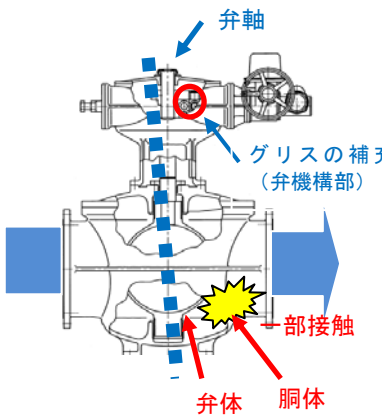
分解調査をした結果、3か所の軸受けで摩耗が進行し、弁体が胴体に強く接触して弁が動かなくなったと推定されます。次に、事故の発生に至るまでの推定される経過を示します。



(1) 通常運用段階

- ・ 設置から故障の予兆が発生するまでの通常運用段階では、時間の経過とともに、徐々に軸受けに摩耗が進行した。
- ・ 圧力変動を抑えるため、頻繁に弁の開閉動作が繰り返される制御になっていたことにより、摩耗が短期間に著しく進行した。
- ・ 「軸受けC」では、赤点線のように水の流れにより弁軸が押し付けられ、軸受けの摩耗が徐々に大きくなった。

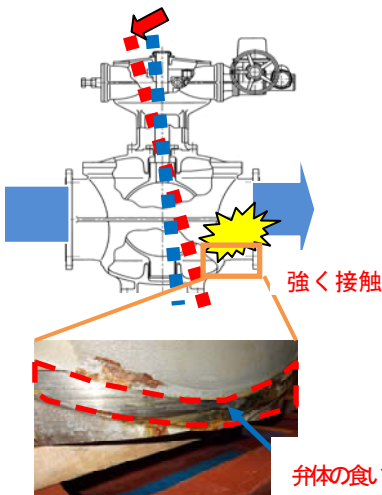
軸受けC拡大図



(2) 故障発生段階

- ・ 摩耗の進行で、図の青い破線のように弁軸が傾いたことにより、胴体と弁体が「一部接触」したこと、軸受けの摩耗が大きくなったこと、さらに弁機構部の摩耗が加わり弁体の動きが悪くなった。
- ・ 摩耗の進行に伴い、平成24年12月に軽微な故障が発生したが、動力を伝える弁機構部へのグリスの補充のみにより対応した。
- ・ 弁機構部の動きは一時的に良くなったが、弁の開閉動作回数の変更がなく、3か所の軸受けの摩耗が進行し、弁体と胴体の接触が大きくなっていった。

弁本体図



(3) 事故発生段階 (平成25年1月10日)

- ・ 3か所の軸受けの摩耗がさらに進行し、弁軸が青い破線から赤い破線のように傾きが大きくなった。
写真は、
- ・ 弁軸の傾きに伴い、胴体と弁体が「強く接触」したことが写真の赤い破線で囲った部分で確認できた。
- ・ 青い矢印で示した「食い込み痕」から、弁体と胴体に強い接触が生じたため、開閉動作を完全に停止させたものと推測される。

弁体の食い込み痕

4 調査の過程で明らかになった問題点

(1) 機器設置段階

今回、必要以上に頻繁に弁の開閉動作を繰り返す制御方式を採用していたこと。

(2) 維持管理

流量調節弁の定期点検等の基準がなく、摩耗に対する備えが不十分であったこと、巡回点検や流量調節弁の定期点検が十分に実施されていなかったこと。

(3) 復旧対応

流量調節弁の事故時の対応として、他系統からのバックアップや副弁の操作が検討されていなかったことや関連する部署や市民への情報連絡が遅れたこと。

5 再発防止に向けた提言

この事故原因を踏まえ適正な運用を確認し、安定した給水を行うために、委員会から次の4点について提言が示されました。

(1) 信頼性の高いシステムの構築

同様な事故を防ぐため、他のポンプ場の流量調節弁について、緊急点検と制御確認を行うこと。

重要な機器については、予備機、バックアップシステム及び監視方法について再構築を行い、また、設定水量や制御方針などのシステムの基本的な重要情報は、関係部署や請負事業者等へ適切な周知・共有化を図ること。

(2) 維持管理体制の強化

定期点検等の基準を機器の重要性に応じて定め、事故の予防に役立てることや、設備機器の緊急対応マニュアルの見直し、定期的な訓練を実施すること。

(3) 緊急時の局内外の連絡体制の強化及び広報の充実

事故等緊急時の情報は、局内外で周知・共有し、市民に速やかに情報を発信すること。

(4) 再発防止に向けた職員の意識の醸成

事故原因や対応の遅れなどの検証内容や提言事項を局内で共有し、再発防止に向けた職員の意識醸成を行うこと。