

# 〔特集〕震災を経て考える液体清澄化の新技術と普及の課題

## 水道管路の耐震化と東日本大震災における管路被害の概要

長岡 裕\*

### 1. はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災は上下水道システムに対しても甚大な被害を引き起こし、約215万戸の断水被害を引き起こした。同時に、水道システム、とりわけ管路システムの耐震化が進んでいたために、管路への被害は最小限で済んだことも事実であり、改めて管路の耐震化の重要性が認識された。

本稿では、水道管路の耐震化の概要について説明するとともに、東日本大震災に起因する水道管路被害の特徴について解説し、今後の管路整備と耐震化

のあり方について論じるものである。

### 2. 過去の自然災害による被害

図1はわが国における自然災害による死者・行方不明者を表したものである。河川改修などによりインフラ整備によって、自然災害による人的被害は減少の傾向にあるものの、1995年の阪神淡路大震災と2011年の東日本大震災の被害が突出して大きいことが理解できる。

図2は平成5年以降のわが国における災害原因別死者・行方不明者を表したものである。阪神淡路大震災と東日本大震災による地震による被害者が突出して多いものの、通常の年は、風水害や雪害による被害が多いことが理解できる。

表1は最近の主な地震と水道の被害状況を表した

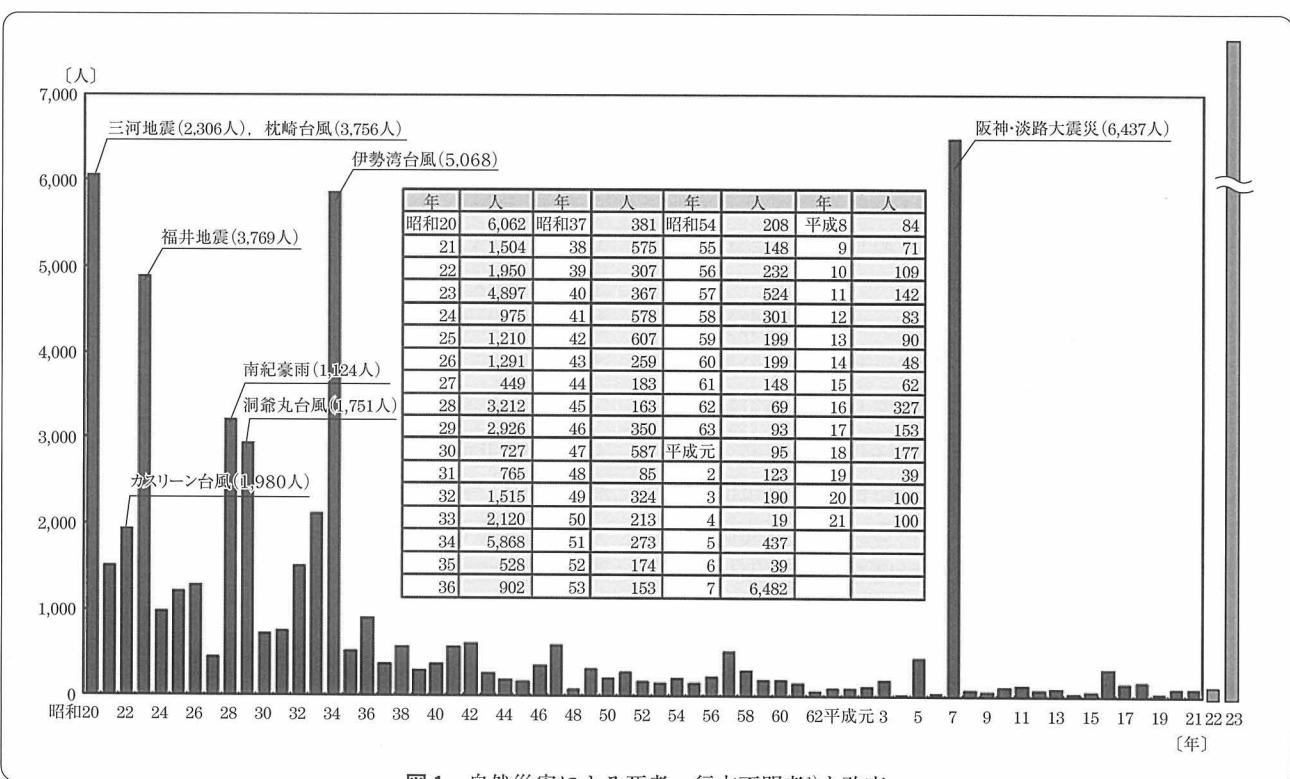


図1 自然災害による死者・行方不明者<sup>1)</sup>を改変

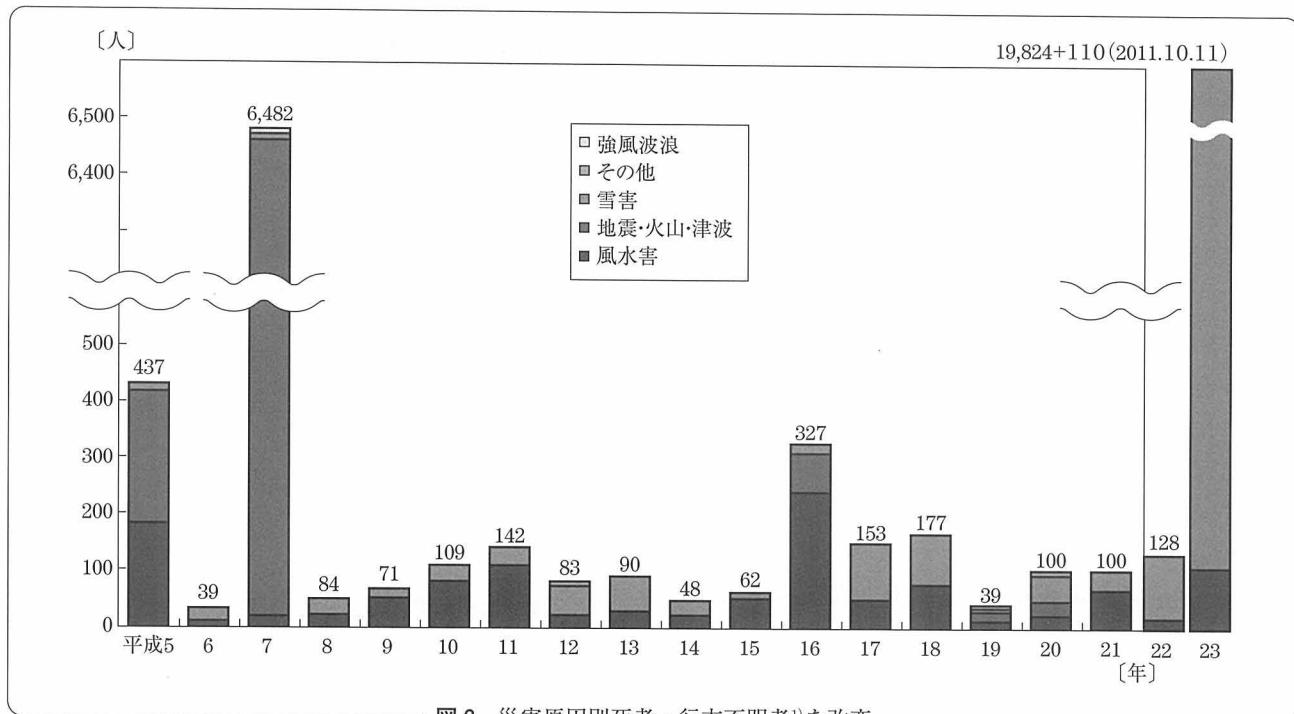


図2 災害原因別死者・行方不明者<sup>1)</sup>を改変

表1 最近の主な地震と水道の被害状況(厚生労働省調べ)

地震名	発生日	最大震度	地震規模	断水戸数	最大断水日数
新潟県中越地震	2004.10.23	7	6.8	130,000	約1カ月
能登半島地震	2007.3.25	6強	6.9	13,000	13日
新潟県中越沖地震	2007.7.16	6強	6.8	59,000	20日
岩手・宮城内陸地震	2008.6.14	6強	7.2	5,500	18日
岩手県沿岸北部を震源とする地震	2008.7.24	6弱	6.8	1,400	12日
駿河湾を震源とする地震	2009.8.11	6弱	6.5	75,000	3日

ものであるが、自然災害による被害者数が減少傾向にあるものの、水道システムへの被害（断水戸数）はそれほど減少しているわけではない。以上をまとめると、土木施設の耐震化、河川改修など、インフラ整備に伴い、自然災害に起因する死者・行方不明者数は減少傾向にあるものの、自然災害に起因する断水戸数はむしろ増加傾向にあるといえ、水道施設の脆弱さが増大していると考えられる。したがって、大震災の発生に対しては、今後は新たな視点から水道システムを考えなお、たとえばシステムの分散化なども視野に入れる必要がある。

### 3. 水道管路の耐震化

図3は基幹管路の耐震適合率の推移を示したものである。基幹管路とは、水道システムにおいて、取水地点から浄水場までの導水管、浄水場から配水池

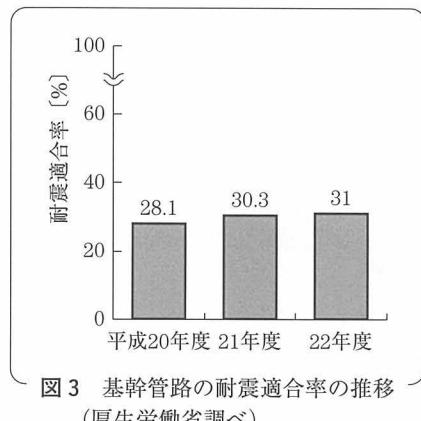


図3 基幹管路の耐震適合率の推移  
(厚生労働省調べ)

までの送水管、および配水管において、枝線を除く基幹的な管路である配水本管を合わせたものである（図4）。図より耐震適合度は平成22年度末でも31%にとどまっており、さらなる耐震化の促進が必要であることが伺える。

表2は管路の耐震適合度の考え方をまとめたものである。耐震適合性とはレベル2の地震動に対して、個々に軽微な被害が生じても、その機能保持が可能である、という定義となっており、現状では、ダクタイル鉄管の耐震継手（NS形等）、ダクタイル管で耐震継手ではないものの、耐震性がややあるK型で、埋設されている地盤が、液状化の恐れがないなど良好なもの、および溶接鋼管が該当すると考えられている。

一方、ポリエチレン管の融着継手については、ポリエチレン管が一体化して変形することができるた

め、地震時の地盤変形にも十分に追従することができると考えられているが、現状では、耐震性が十分に検証されていない管と分類されている。

塩ビ管については、接着剤によって接合し、継手が変形することができない TS 継手については、耐震性がないと考えられているが、継手が変形して地盤の変形にある程度追従できる RR ロング継手については、TS 継手に比べて耐震性能は格段に向かっているが、耐震性能を判断する被害経験はないとされている。

図5および図6はダクタイル鉄管のうち、耐震継手の範疇にある GX 形および SII 型の継手形状を示したものである。これらの継手はいずれも挿し口の端部に突起があり、引き抜かれる方向に移動してもロックリングによってさえぎられるために離脱防止機能が働くようになっている。したがって、地震

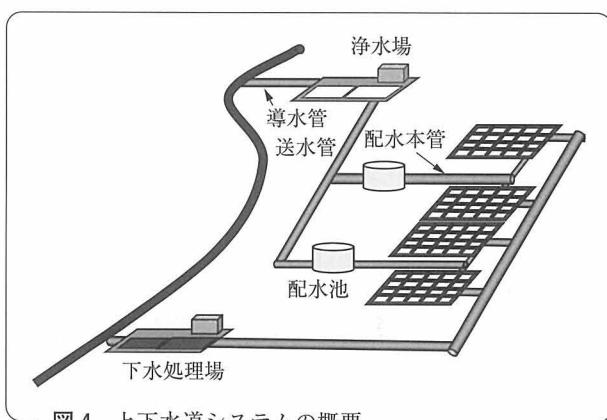


図4 上下水道システムの概要  
(水道の基幹管路 = 導水管 + 送水管 + 配水管)

時の地盤の伸びや、軟弱地盤における地盤の変形に対しても容易に追従すると主に、抜け出しを防止することができる。

一方、図7および図8は、ダクタイル鉄管の中でも、離脱防止機能がない継手の代表的なものである、K形およびT形の継手形状を示したものである。これらの継手は挿し口端部に突起がないため、抜け出しを防止することができないため、耐震継手の範疇には入らない。ただし、K形については、受け口の長さに対して挿し口の長さに余裕があるために、多少の伸びに対しては離脱を防止することができるため、軟弱地盤や液状化の恐れのある地盤を除いた「良い地盤」に施工された場合は、耐震適合性がある管に分類される。

#### 4. 東日本大震災における管路被害の概要

震災における管路被害は、主に、継手の抜け出し、外面からの腐食の進行、管体そのものの破壊、に分類される。東日本大震災が管路システムに与えた被害の特徴は以下のようにまとめられる。

- ①仙台市の平均被害率 0.07 件/km で、過去の大震と比較して小さい。
- ②人工改変地盤が少なく、かつ道路の地盤改良による補強等が進んでいたため、埋設地盤への影響が小さく、地盤変状の範囲も限定的であった。
- ③ダクタイル鉄管の耐震継手管路の被害はなかった。
- ④鋼管の溶接継手管路については、現地溶接部か

表2 管路の耐震適合度<sup>2)</sup>

		配水支管が備えるべき耐震性能	基幹管路が備えるべき耐震性能	
レベル1：構造物の耐用年数中に一度以上は受ける可能性が高い地震動		レベル1 地震動に対して、個々に軽微な被害が生じても、その機能保持が可能であること。	レベル1 地震動に対して、原則として無被害であること。	○ ○ △ ×
鉄管	ダクタイル鉄管 (NS形継手等) ダクタイル鉄管 (K形継手等) ダクタイル鉄管 (A形継手等) 鉄管			
鋼管	鋼管 (溶接継手)			
ポリエチレン管	配水用ポリエチレン管 (融着継手) 水道用ポリエチレン二層管 (冷間継手)			
硬質塩化ビニル管	硬質塩化ビニル管 (RRロング継手) 硬質塩化ビニル管 (RR継手) 硬質塩化ビニル管 (TS継手)	○	耐震性能を判断する被災経験はなし △ ×	○ × ×
石綿セメント管	石綿セメント管	×	×	×

らの漏水被害が1件であった。

- ⑤都市別のデータより、耐震化率が高くなるほど、被害率が低くなる傾向がみられた。
- ⑥K形継手は「悪い地盤」と言われる耐震適合性なしの地盤で被害があった。
- ⑦付属施設（特に空気弁）の被害が多い。

表3は、東日本大震災と過去の震災被害との比較をまとめたもの

である。過去の地震被害に比較して、東日本大震災における管路被害がきわめて小さいことが伺える。主な理由としては、管路の耐震化が整備されていたことが最も大きな要因であると考えられる。図9は、東日本大震災および阪神淡路大震災における管種別被害率を示したものである。いずれの地震においてはダクタイル鉄管（DIP）および鋼管（SP）の被害が、塩ビ管（VP）よりも小さいことが示されており、管路の耐震化が根本的な地震対策であることが伺える。

表4は、東日本大震災における管路被害件数を事業体ごとにまとめたものである。継手の抜出などの管路そのものの被害に比較して、空気弁などの付属施設の被害件数が多いことが示されている。これは、今回の地震被害の大きな特徴であり、長周期の振動が長時間継続したことが原因と考えられているが、詳細なメカニズムについては不明な点があり、今後の調査が待たれるところとなっている。

東日本大震災の被害は東北地方よりも、むしろ液状化による被害が甚大なものとなった千葉県におい

表3 東日本大震災と過去の震災被害との比較<sup>3)</sup>

地震名	事業体名	範 囲	被害件数 〔件〕	管路延長 〔km〕	被害率 〔件/km〕
東日本大震災	仙台市	導・送・配水管 ・配水支管	264	3,761	0.07
阪神・淡路 大震災	神戸市	導・送・配水管	1,264	4,002	0.32
	芦屋市	導・送・配水管	297	185	1.61
	西宮市	導・送・配水管	697	966	0.72
新潟中越地震	長岡市	導・送・配水管	328	1,080	0.30
能登半島地震	門前町	導・送・配水管	56	175	0.32
新潟中越沖地震	柏崎市	導・送・配水管	518	949	0.55

て顕著である。

表5は千葉県における東日本大震災の被害の概要を示したものである。ダイタクル鉄管の耐震管は地盤変形に追従したため、被害がなく、被害があったものはT形などの耐震性がない管がほとんどであった。また、東北地方と同様に空気弁、仕切弁などの付属施設の被害が無視できなかったことなどが特徴として挙げられる。

## 5. まとめ

水道管路の耐震化は、水道システムを地震被害から守り、その機能を持続させるためにはきわめて重要な課題であり、それは、管路被害が小さかった東日本大震災で証明されたともいえる。

一方、東日本大震災の管路被害は付属施設の被害が甚大であり、その被害メカニズムの解明が待たれるところである。また、液状化被害のあった千葉県で、管路被害が甚大であり、今後は地震による地盤変形への対策とともに、液状化対策が重要な課題となるであろう。

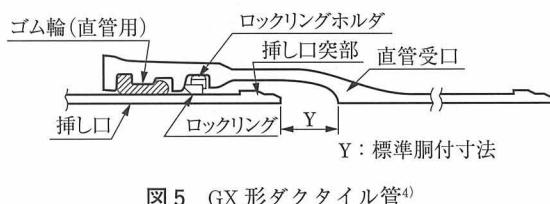


図5 GX形ダクタイル管<sup>4)</sup>

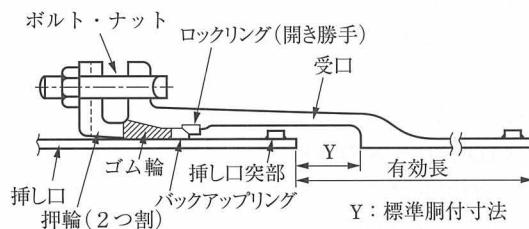


図6 SII形ダクタイル管<sup>4)</sup>

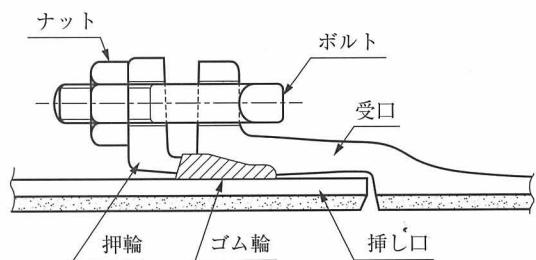


図7 K形ダクタイル管<sup>4)</sup>

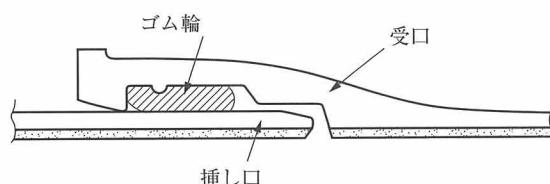


図8 T形ダクタイル管<sup>4)</sup>

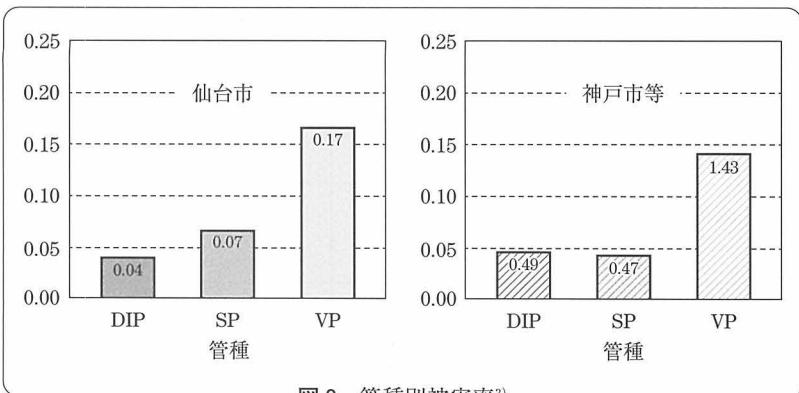


図9 管種別被害率<sup>3)</sup>

表5 千葉県における東日本大震災の被害の概要<sup>5),6)</sup>

漏水件数		修繕件数		管種別漏水件数(送配水管)	
千葉	81			K形	13
習志野	30			T形	285
市川	70			A形	151
浦安	607	継手漏水 452	管体破損 10	HIVP	7
船橋	83	空気弁 41	仕切り弁 38	その他	6
市原	18	小河川 6			
成田	3	水道橋 1			
松戸	28				
鎌ヶ谷	5				
合計	926	合計 548			

表4 東日本大震災における管路被害件数<sup>3)</sup>

事業体	管路本体 被害件数	付属施設 被害件数
仙台市	10	43
宮城県企業局	27	9
石巻地方広域水道企業局	48	22
一関市	4	0
郡山市	1	0
いわき市	34	38

#### 参考文献

- 1) 平成22年度防災白書
- 2) 厚生労働省：平成18年度管路の耐震化に関する検討会の報告書
- 3) 厚生労働省、日本水道協会：東日本大震災
- 4) ダクタイル鉄管協会接合要領書
- 5) 林ら：千葉県水道局における東日本大震災の報告・検証(I)，第63回全国水道研究発表会講演集，644-645，2012
- 6) 波立ら：千葉県水道局における東日本大震災の報告・検証(II)，第63回全国水道研究発表会講演集，646-647，2012

## P&P Info.

### 低脈動・高効率を実現

#### イワキ定量ポンプ「TDシリーズ」

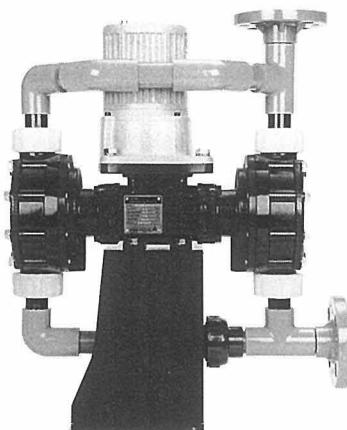
イワキ定量ポンプ「TDシリーズ」は、ツインポンプヘッド一体型の直動ダイヤフラムポンプで、安定した薬液輸送を生み出すメカニズムと高効率IPMモータの搭載により、使いやすさと省エネ効果を両立させた。

#### TDシリーズの特長

- 1) 2つのポンプ部を一つのカムで動かす、等速度カム方式を採用。エアチャンバなしで安定した低脈動運転が可能。また、シンプルな配管設計が可能となり、エア補給などのメンテナンスコストも削減できる
- 2) インバータによるモータの回転数制御方式を採用。従来の定

量ポンプに比べ流量制御範囲を大幅に拡大した。モータ特性とあいまって使いやすくあらゆる分野で幅広く活躍できる

- 3) 吐出口・吸込口を垂直・水平のどの方向にも対応できる
- 4) IPMモータを標準搭載。専用インバータがモータの電流を最小限に抑え、インバータの損失を含めてもIE2を超えた高効率で制御できる。外部運転(4~20mA)や比例帯の変更也可能。表示変換、異常圧力時のリミット停止など多機能を備えている
- 5) ポンプ駆動部の効率アップと、高効率IPMモータを標準搭載することで省エネ化を実現し



ている

株式会社 イワキ

〒101-8558  
東京都千代田区神田須田町2-6-6  
ニッセイ神田須田町ビル  
TEL: 03-3254-2930  
<http://www.iwakipumps.jp>

〈資料請求番号: 3018〉