

2011年東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) 水道管路被害調査報告書

資料 2011年東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)水道管路被害調査報告書
(対外発表用ダイジェスト版)に基づく (財)災害科学研究所

平成23年8月31日

配水用ポリエチレンパイプシステム協会

平成 23 年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）
水道管路被害調査報告書
（ダイジェスト版）

平成 23 年 9 月 5 日

財団法人 災害科学研究所

目次

1. 緒言	
2. 地震の概要	
2.1 概要	1
2.2 震度分布と最大加速度	1
2.3 地震動の特徴	1
3. 調査結果	
3.1 水道施設の概要	
3.1.1 事業プロフィール	2
3.1.2 管種別管路延長	2
3.2 水道被害の概要	
3.2.1 導・送・配水管の被害	3
3.2.2 管路等の被害分布	4
3.2.3 PE管の被害	5
3.2.4 管路被害と震度	5
3.2.5 管路被害と地形・地質	6
4. まとめ	6

1. 緒言

従来、水道配水用ポリエチレン管（配水用 PE 管）が埋設された地域で、極めて強い地震動を経験した例が少なく、ある程度の強い地震動を経験しても、その埋設延長が短く、その挙動が十分に把握されていなかった。しかし、今回の東北地方太平洋沖地震に際して、宮城県北部の内陸部に位置する震度 7 を記録した栗原市（築館）、震度 6 強の登米市・大崎市の 3 市において、総管路延長が約 3,800km のうち、PE 管が 535km 布設されていた。しかしながら、PE 管の被害数は極めて少なく、最も被害率が小さい管種であることが知られた。また、配水用融着継手 PE 管は約 58km 敷設されていたが被害はゼロであり、配水用 PE 管の耐震性が高いことが検証された。

2. 地震の概要

2.1 概要

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃に、宮城県三陸沖（北緯 38.1 度、東経 142.9 度、暫定値）の深さ約 24km を震源とする我が国の観測史上最大となるマグニチュード 9.0、最大震度 7 の地震が発生した。震度 7 を記録したのは宮城県栗原市、6 強を記録したのは宮城県登米市、大崎市、涌谷町、名取市、蔵王町他 29 市町村（宮城県 3 市 2 町村、福島県 3 市 7 町、茨城県 8 市、栃木県 3 市 2 町）である。本地震により、平成 23 年 8 月 29 日現在で犠牲者 15,745 人、行方不明者 4,467 人、負傷者 5,924 人、全壊 115,404 棟、半壊 156,821 棟、一部破損 547,609 棟の住宅が損壊するなど甚大な被害が発生した。

2.2 震度分布と最大加速度

図 1 には宮城県の登米市、栗原市及び大崎市における震度分布を、表 1.1 には宮城県の登米市、栗原市及び大崎市における防災科学技術研究所の強震観測施設（4 箇所設置）の観測記録を示す。

最大加速度は、震度と同様に、栗原市築館において周辺地域よりも大きい値を示しており、N-S 成分 2,700gal が最大値であり、合成加速度 2,933gal となっている。その他の 4 地点においてはいずれも 1,000gal 以下であり、栗原市築館において特に強い揺れが観測されている。

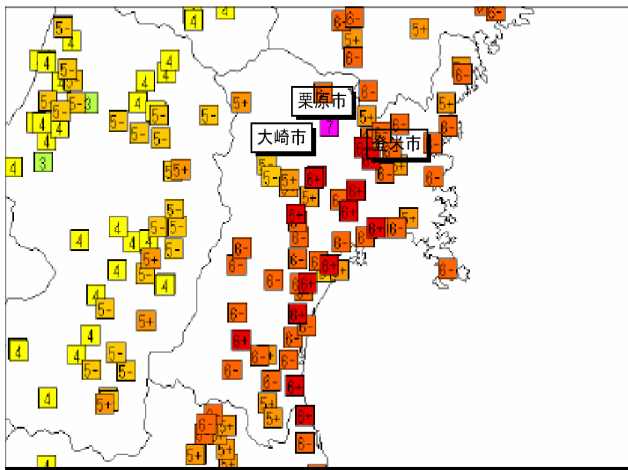


図 1 震央分布図（出典：気象庁 HP より）

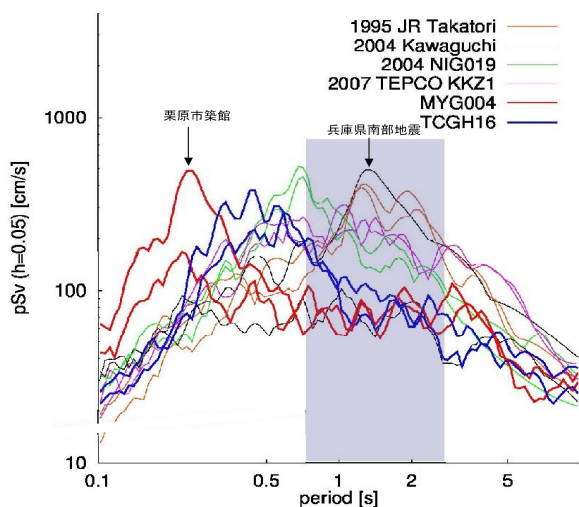
表 1 K-NET による強震観測記録

観測地点	栗原市 築館	大崎市 古川	登米市 豊里	登米市 東和
震度	7	6 強	6 弱	6 強
合成(gal)	2,933	586	695	870
N-S(gal)	2,700	444	568	570
E-W(gal)	1,268	571	651	781
U-D(gal)	1,879	239	243	302
震央距離 (km)	183	181	158	161

2.3 地震動の特徴

今回の地震で震度 7 を記録した栗原市築館における速度応答スペクトルと、過去の震度 7 相当記録を図 2 に示す。築館における速度応答スペクトルの卓越周期は 0.2 秒前後である。また、1-2 秒の応答は、過去の震度 7 相当の地震における速度応答スペクトルに比べると小さい値であることが分かる。1995 年兵庫県南部地震における卓越周期は 0.7~1.2 秒程度である。卓越周期 1.0 秒前後の地震動（キラールパルス）が家屋や施設に大きな被害を与えるが、0.2 前後の低周期地震動は、過去の地震からも被害は少ないことが知られている。今回の調査市町でも家屋被害はきわめて少ない。なお、速度応答スペクトルで議論したのは、加速度応答スペクトルよりも、管路被害に密接な関係があることによる。

- 1995年兵庫県南部地震
JR鷹取(1995 JR Takatori)
- 2004年新潟県中越地震
川口町(2004 Kawaguchi),
K-NET小千谷(2004 NIG019)
- 2007年新潟県中越沖地震
柏崎刈羽原子力発電所1号機
地表観測点(2007 TEPCO KKZ1)



強震動の継続時間は3分程度であり、2つの大きな波群が特徴的で、第1波と第2波のピーク間隔は約40~50秒である。登米市及び大崎市においては、2つの波形の規模は最大600~800galで同程度であるが、栗原市においては第2波で非常に強い揺れを記録している。

本地震における最大震度7は栗原市築館観測所で記録され、最大加速度ではN-S成分で最も大きく2,700gal、E-W成分で1,268gal、U-D成分で1,879gal、合成加速度で2,933galとなっている。

図2 速度応答スペクトル

出典：地震及び地震動の特性
(後藤浩之、京都大学 防災研究所)

3. 調査結果

3.1 水道施設の概要

3.1.1 事業プロフィール

登米市、栗原市及び大崎市の3市は宮城県北部の岩手県境付近に位置し、登米市は平成17年4月に旧登米郡8町と本吉郡津山町の9町が合併し、栗原市も同時期に栗原郡10町村が合併し、大崎市は平成18年3月に古川市を中心に1市6町が合併して誕生した。水道事業は、登米市は1上水道に事業統合がなされているが、栗原市は1上水道と15簡易水道、大崎市は1上水道と5簡易水道により運営されている。

3市とも管路延長は約1,100km~1,300km、3市合計で約3,800kmとなっている。内訳は配水管が全体の約95%と大部分を占めている。

表3 3市の水道事業現況

都市名		現在 給水人口	実績1日 最大配水量 (m ³)	機能別管路延長(m)			
				導水管	送水管	配水管	合計
登米市	上水	85,354	29,923	4,477	0	1,374,184	1,378,661
	簡水	—	—	—	—	—	—
	小計	85,354	29,923	4,477	0	1,374,184	1,378,661
栗原市	上水	53,085	20,509	22,101	9,568	666,123	697,792
	簡水	20,818	8,869	14,658	51,412	528,110	594,180
	小計	73,903	29,378	36,759	60,980	1,194,233	1,291,972
大崎市	上水	127,224	47,988	16,057	31,775	987,561	1,035,393
	簡水	3,161	1,633	388	6,496	90,274	97,158
	小計	130,385	49,621	16,445	38,271	1,077,835	1,132,551
合計		289,642	108,922	57,681	99,251	3,646,252	3,803,184

(出典：市よりの調査時入手資料、POLITEC納入実績、H20水道統計、H21地方公営企業年鑑)

3.1.2 管種別管路延長

3市において導・送・配水管に使用されている管種別の管路延長距離は表4に示す通りで、最も多く使われている管種はVP(塩化ビニル管)で2,156km(56.7%)、次いでDIP(ダクタイル鋳鉄管)で868km(22.8%)、3番目に多い管種がPE(ポリエチレン管)で535km(14.1%)となっている。なお、PE管は従来の水道用ポリエチレン二層管(477km)と、平成9年頃より普及し始めた融着式(水道配水用ポリエチレン管、58km)に分類した。

表4 導・送・配水管の管種別延長(m)

都市名	ACP	CIP	DIP	PE (二層)	PE (融着)	SP	VP	その他	全体
登米市	15,323	4,269	249,189	292,437	11,216	9,614	796,613	0	1,378,661
栗原市	71,576	12,708	231,807	102,658	4,930	21,508	842,521	4,264	1,291,972
大崎市	35,915	43,084	387,372	82,218	42,390	22,501	517,152	1,919	1,132,551
合計	122,814	60,061	868,368	477,313	58,536	53,623	2,156,286	6,183	3,803,184
割合(%)	3.2	1.6	22.8	12.6	1.5	1.4	56.7	0.2	100

3.2 水道被害の概要

3.2.1 導・送・配水管の被害率

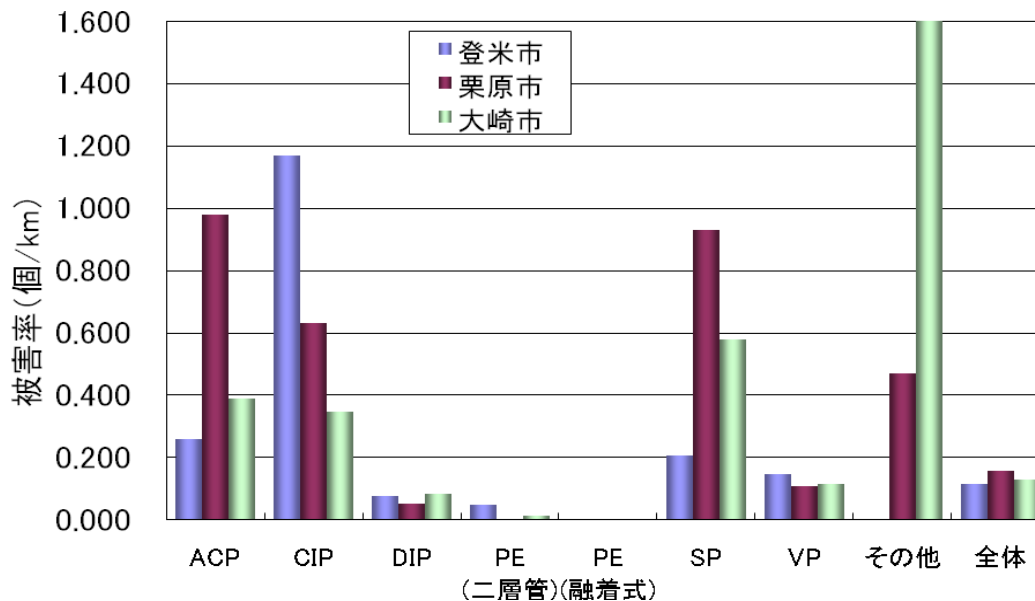
1) 3市全体

登米市、栗原市、大崎市の管路被害全体について表5に示す。3市を合計した全ての管種の被害率は0.134個/kmである。被害率の高い管種は、不明管を含むその他の管種を除いて、高い順にACP(0.717個/km)、SP(0.653個/km)、CIP(0.466個/km)の順となった。逆に、被害率の低い管種はDIP(0.073個/km)、PE(二層管0.031個/km、融着式0個/km)となった。

市単位では、被害率は栗原市でもっとも高く0.158個/km、次いで大崎市で0.128個/km、登米市で0.116個/kmとなっている。3市の被害率に大きな差は見られないが、最大震度を記録した栗原市で最も高い被害率となっている。

表5 管種別被害率(3市全体)

管種	被害 個数	延長 (m)	被害率 (個/km)	3市ごとの被害率(個/km)		
				登米市	栗原市	大崎市
ACP	88	122,814	0.717	0.261	0.978	0.390
CIP	28	60,061	0.466	1.171	0.630	0.348
DIP	63	868,368	0.073	0.076	0.052	0.083
PE	15	535,849	0.028	0.046	0.000	0.008
	二層管	15	477,313	0.031	0.048	0.000
融着式	0	58,536	0.000	0.000	0.000	0.000
SP	35	53,623	0.653	0.208	0.930	0.578
VP	268	2,156,286	0.124	0.146	0.109	0.116
その他	12	6183	1.941		0.469	5.211
全体	509	3,803,184	0.134	0.116	0.158	0.128



2) 登米市の被害

登米市の管路等の被害は、4月に実施した第1次調査において管工事組合から入手した「漏水箇所一覧表」に基づき、全部で487箇所あった。そのうち、空気弁や消火栓等といった弁栓類及び給水管における被害を除いて、管種・口径が判別できる導・送・配水管の被害は160箇所あった。図3に登米市の管種別被害率を示す。

管種別被害率ではCIP管が突出しており(1.171個/km)、DIP管で低く(0.076個/km)、PE管の被害率が最も低くなっており(二層管0.048個/km、融着式0個/km)、PE管の耐震性能が優れていることが示された。(管種別被害率は、表5参照)

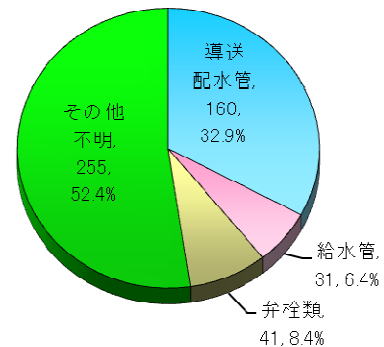


図3 登米市の管種別被害率

3) 栗原市の被害

栗原市の管路等の被害は、4月に実施した第1次調査において栗原市から入手した「栗原市水道管被害箇所一覧表」に基づき、全部で204箇所あった。そのうち、VP管で92箇所と全体の50%近くとなっている。被害率では高い順にACP(0.978個/km)、SP(0.930個/km)、CIP(0.630個/km)の順となっており、高い耐震性を有すると考えられているDIP管の被害率は(0.052個/km)と低いが、継手によって耐震性能は異なる。

一方、PE管の被害はゼロであった。(管種別被害率は、表5参照)

また、栗原市の口径別被害率を表6に示す。口径別の観点では、口径の大小による明確な違いは認められなかった。

表6 口径別の事故率

管径	被害個数	延長(m)	被害率(個/km)
φ40以下	20	129,458	0.154
φ50	24	239,930	0.100
φ75	52	311,752	0.167
φ100	34	287,599	0.118
φ125	10	26,074	0.384
φ150	28	182,305	0.154
φ200	12	56,427	0.213
φ250	4	26,951	0.148
φ300	20	18,791	1.064
φ350以上	0	12,685	0
合計	204	1,291,972	0.158

4) 大崎市の被害

大崎市の管路等の被害は、6月に実施した第2次調査において大崎市水道部より入手した「給配水管等修繕作業記録簿」に基づき、4/7の余震発生までの期間で全部で347箇所あった。そのうち、空気弁や消火栓等といった弁栓類及び給水管における被害を除いて、導・送・配水管の被害は145箇所あった。

大崎市の管種別被害件数と割合を図4に示す。導・送・配水管の被害145箇所のうち、VP管で60箇所と全体の41%の割合となっている。被害率では高い順にSP(0.576個/km)、ACP(0.390個/km)、CIP(0.346個/km)となっており、PE管の被害は1箇所(二層管)となっており被害率が最も低い管種となっている。

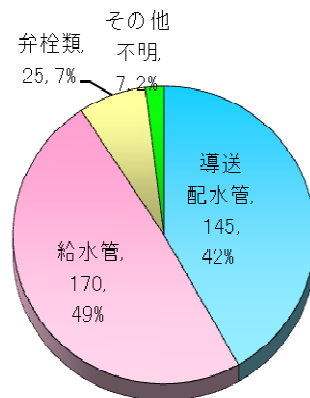


図4 大崎市の管種別被害率

3.2.2 管路等の被害分布

1) 登米市における管路被害

導・送・配水管における被害160箇所のうち、被害数が多かったのは、迫町(44箇所)、南方町(33箇所)、米山町(29箇所)など市西部に集中しており、この旧3町の被害数が被害全体の70%近くを占めている。この区域は軟弱地盤のため液状化が発生したと言われている地域と一致している。

2) 栗原市における管路被害

主要な施設及び管路の被害位置と、導・送・配水管部における被害204箇所のうち、配管部における被害数が多かったのは、若柳町(62箇所)、栗駒町(32箇所)、築館町(27箇所)、金成町(27箇所)など市東部に集中しており、この旧4町の被害数が被害全体の70%以上を占めている。

3) 大崎市における管路被害

導・送・配水管における被害145箇所のうち、被害数が多かったのは、古川市(58箇所)、鹿島台

町（25 箇所）、松山町（24 箇所）、三本木町（19 箇所）など市中央部から南西部に集中しており、この旧 4 市町の被害数が被害全体の 90% 近くを占めている。旧市町単位の被害率は、他都市と同様に低地で高く山間部で低い傾向となっている。

3.2.3 PE 管の被害

1) 登米市の PE 管被害

全管路延長 1,378,661m のうち PE 管の布設延長は 303,653m であり、全管路の約 22% を占めている。被害箇所数は 14 箇所であることから、被害率は 0.046 個/km である。

第 2 次調査におけるヒアリングの結果、これらの PE 管は全て二層管による被害であることが判明しており、融着式 PE 管の被害はなかった。

2) 栗原市の PE 管被害

全管路延長 1,291,972m のうち PE 管の布設延長は 107,588m であり、全管路の約 8% を占めている。被害箇所数は 0 箇所であることから、被害率は 0.000 個/km である。

3) 大崎市の PE 管被害

全管路延長 1,132,551m のうち PE 管の布設延長は 124,608m であり、全管路の約 11% を占めている。被害箇所数は 1 箇所であることから、被害率は 0.008 個/km である。

第 2 次調査におけるヒアリングの結果、登米市と同様に、PE 管の被害は二層管によるものであることが判明しており、融着式 PE 管の被害はなかった。

4) PE 管耐震性能に関する考察

管路全体の被害状況については、未だ正確な情報が整理されていない状況であるが、4 月と 6 月に行った 2 回の調査により入手した被害リストによると、全管種を含めた平均被害率が 0.134 個/km (=509 箇所/3,803,184m) に対して、PE 管全体の被害率（二層管、融着式）は 0.028 個/km (=15 箇所/535,849m) とかなり低く、DIP 管 0.073 個/km (=63 箇所/868,368m) より低くなっている。

以上より今回、500km を超える PE 管が震度 6 強から震度 7 の強い揺れを経験し、数ある管種の中で最も耐震性能の高い管種であることが定量的に確認された。特に、震度 7 を記録し、最も揺れの大きかった栗原市において PE 管の被害がなかったことや、融着式 PE 管（水道配水用ポリエチレン管）の被害は 3 市において 1 箇所も発生しなかったことは特徴的な事実である。

3.2.4 管路被害と震度

管路被害と震度の関係を示す。震度は、当該地域の中央に位置する栗原市築館で最大震度 7 であり、その周辺の平野部にかけて 6 強の区域が広がっている。それより東西の中山間地域にかけて震度 6 弱、震度 5 強の分布となっている（図 5）。

旧市町村別での被害箇所数と管路延長に基づき、管路被害率を震度別に集計した結果を示す。震度が大きいほど管路の被害率が高い傾向となっている（図 6）。

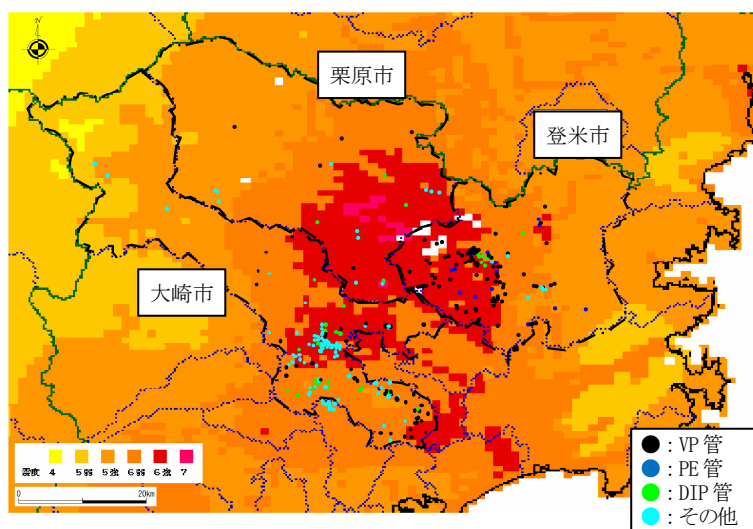


図 5 3 市における震度分布

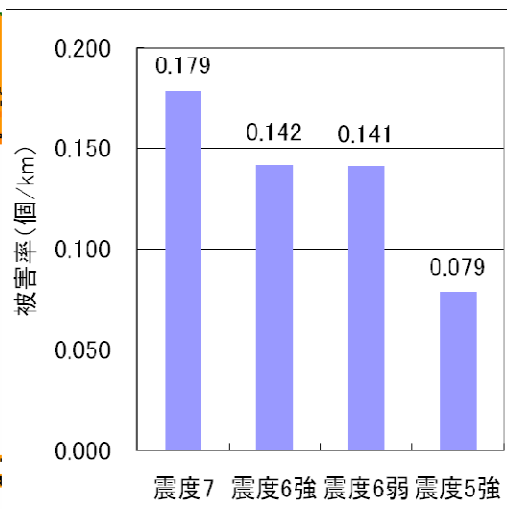


図 6 震度別の管路被害率

3.2.5 管路被害と地形・地質

管路被害と地形の関係を図7に示す。当該区域の中央部は扇状地性低地が卓越しているが、それより東西両端部にかけて山地、丘陵地となっている。管路被害率は、地盤の固い山地や丘陵地に比べて、軟弱地盤に対応する扇状地性低地で大きな値となっていることが分かる。これらの傾向は兵庫県南部地震でも同様であった。

管路被害と地質の関係を図8に示す。管路被害は、ほとんどが新生代・第四紀・完新世以降の比較的新しく軟弱な堆積層上か、これと他の地質構成との境界部で発生している。

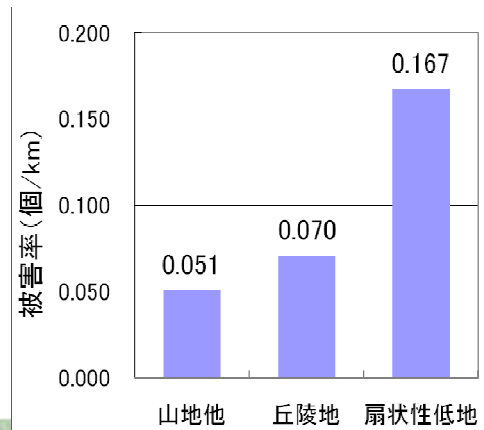


図7 地形別の管路被害率

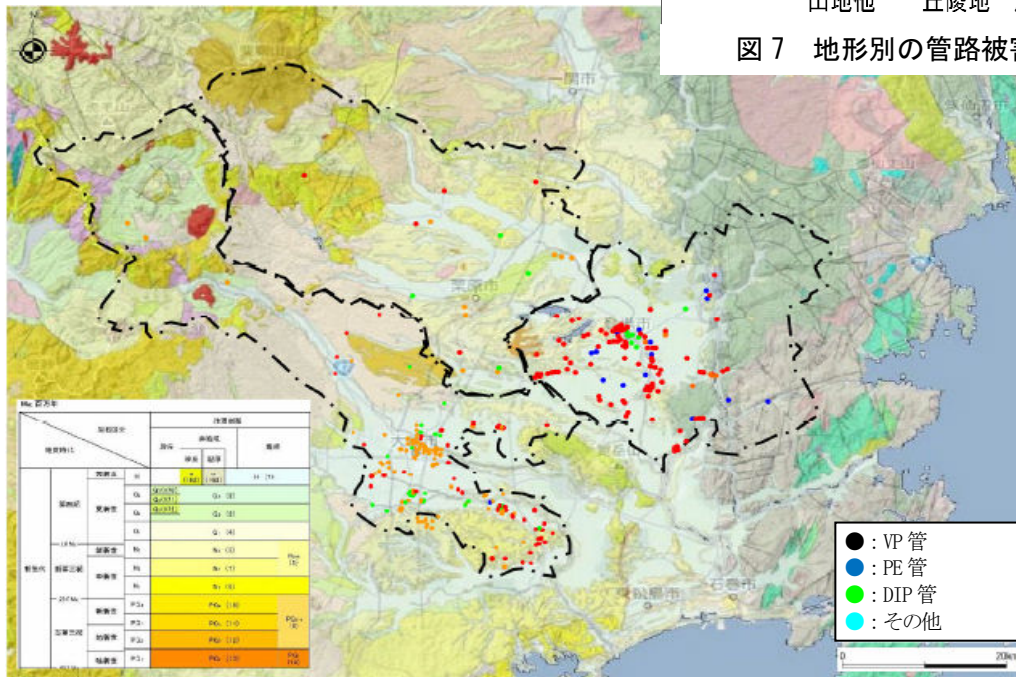


図8 地質別の管路被害率

4. まとめ

今回、宮城県登米市、栗原市及び大崎市において、延長 530km に及ぶ PE 管が東北地方太平洋沖地震による 2,000gal を超える地震動を経験した。現地調査及び水道事業者へのヒアリング等の結果、PE 管の被害発生は少なく、特に融着式 PE 管（水道配水用ポリエチレン管）の被害は全く無く、最も被害率の低い管種となった。

PE 管路の埋設位置の詳細は特定できていないものの、500km を超える管路が布設されていることから、広範囲にわたり様々な地盤条件に布設されており、被害の発生した他管種と同等の地震力を受けていたことが推察される。PE 管は3市ともに 100km 以上布設されており、VP 管、DIP 管に次いで布設延長の長い管路であるにも関わらず被害は少ない。またこのうち、配水用 PE 管は約 58km 敷設されているが被害は無いことから、水道配水用ポリエチレン管の耐震性が検証されたことの成果は大きい。

【出典】

- ・ 気象庁 HP
- ・ 防災科学技術研究所 HP (k-net、KIK-net)
- ・ 地方公営企業年鑑 (総務省 HP)
- ・ 水道統計 (財団法人 日本水道協会)
- ・ 総務省 HP
- ・ 地震及び地震動の特性 (後藤浩之、京都大学 防災研究所)
- ・ 国土交通省 HP
- ・ 産業技術総合研究所 HP