

# 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2次報告書

資料 平成23年度 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)水道管路被害調査  
2次報告書(ダイジェスト版)に基づく (財)災害科学研究所

平成24年2月3日

配水用ポリエチレンパイプシステム協会

平成 23 年度 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)  
水道管路被害調査 2 次報告書

ダイジェスト版

平成 24 年 2 月 3 日

財団法人 災害科学研究所

## 緒 言

これまで、水道配水用ポリエチレン管（配水用 PE 管）が埋設された地域が大きな地震を経験した例が少ない、あるいは経験したものの埋設延長が短い事例がほとんどであった。しかし、今回の東北地方太平洋沖地震では、最大震度 7 を記録した宮城県栗原市を含む登米市、大崎市の 3 市において 4 月に調査を行った結果、総管路延長が約 3,800km、うち PE 管が約 530km 布設されているものの、被害数は少なく、最も被害率が小さい管種であることが判明した。

この 1 次調査に続いて、8 月には津波による被害が大きかった宮城県下沿岸部を中心に、南は岩沼市から北は気仙沼市まで 6 市町に関して 2 次調査を行った。その結果、総管路延長が約 3,080km のうち、PE 管はダクタイル鋳鉄管、塩ビ管に次いで布設延長が長く、250km を超える布設延長があったが、1 次調査と同様に最も被害率の小さい管種であることが分かった。また、配水用 PE 管は判明している範囲において津波による橋梁流失等に伴う被害を除けば地震力による直接的な被害はほとんど無く、配水用 PE 管の耐震性が検証された。

PE 管路の布設延長は、今回の 2 次調査と 1 次調査も合わせると約 780km となり、ダクタイル鋳鉄管、塩ビ管に次いで布設延長の長い管種となっていることから、埋設地盤条件や地震外力は他管種と同様の条件であったことが推察される。

## 1. 地震の概要

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。図 1 には 2 次調査対象市町における震度分布を示す。いずれの市町も震度 6 弱から 6 強の強い揺れを受けている。

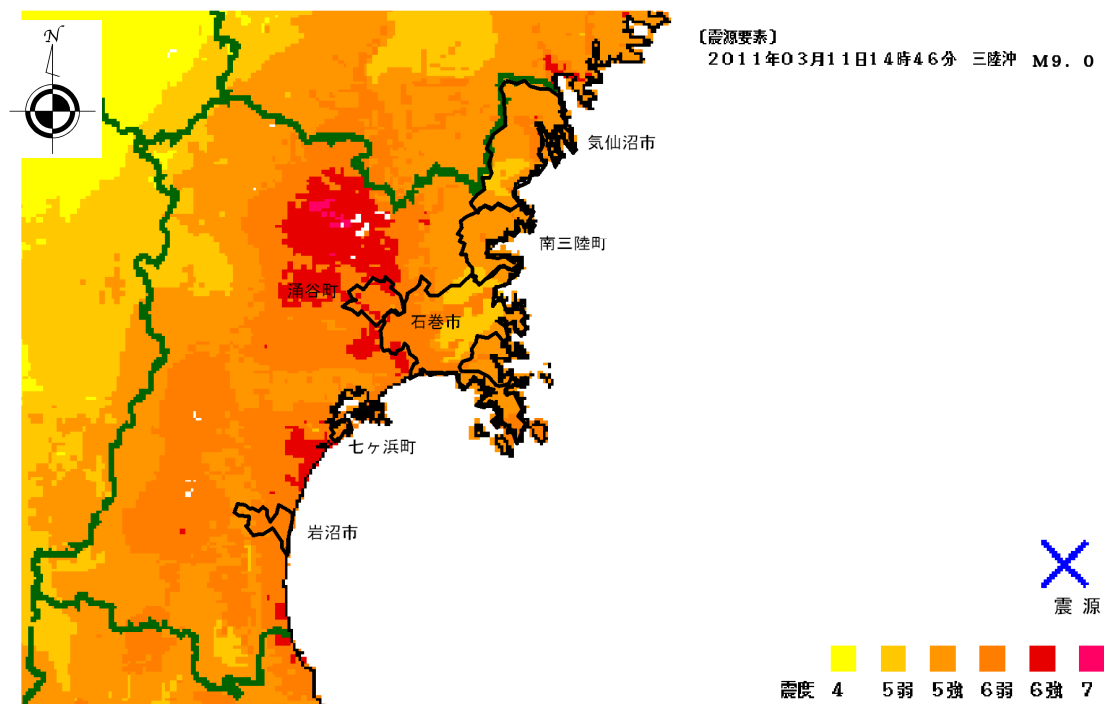


図 1 震度分布と各市町の位置（出典：気象庁 HP より）

## 2. 水道管路データ

調査した6市町と各市町の管路延長を表1及び図2に示す。この6市町の導・送・配水管を合計すると、最も多く使われている管種はDIP（ダクタイル鋳鉄管）で1,455km（47.2%）、次いでVP（塩化ビニル管）で1,134km（36.8%）、3番目に多い管種がPE（ポリエチレン管）で255km（8.3%）となっている。

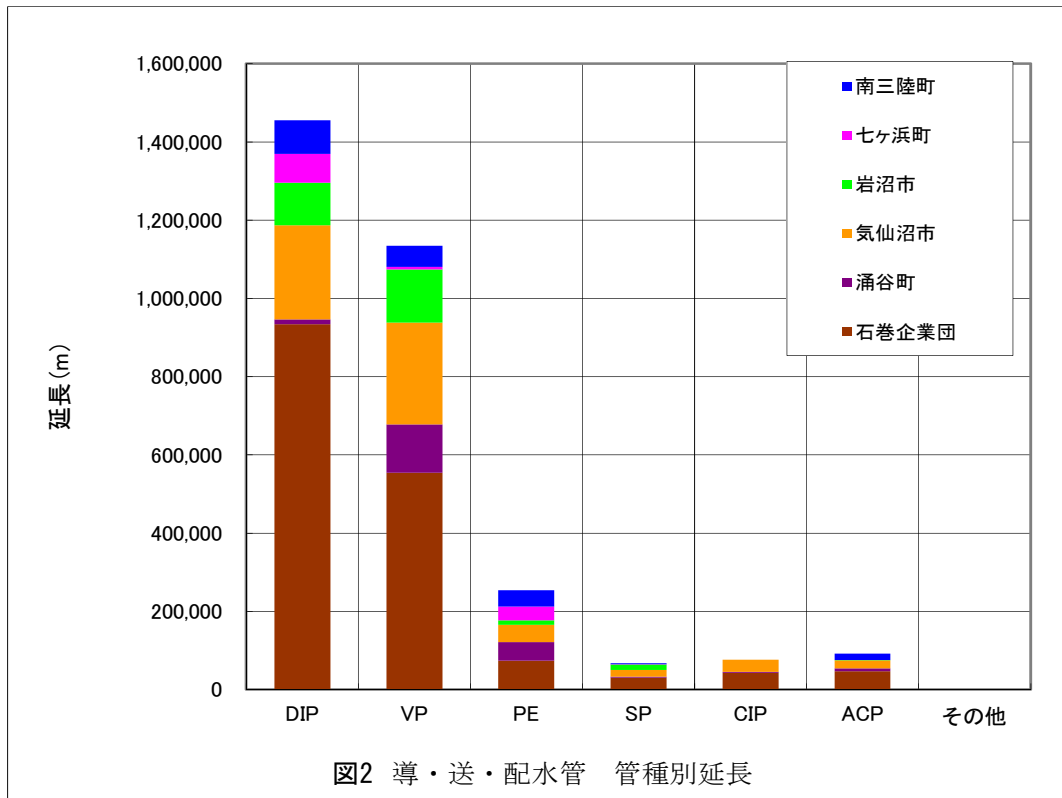
表1 導・送・配水管の管種別延長

都市名	DIP (m)	VP (m)	PE (m)	SP (m)	CIP (m)	ACP (m)	その他 (m)	合計 (m)
気仙沼市	240,799	260,071	44,273	17,242	30,801	19,936	852	613,974
岩沼市	109,134	136,134	10,550	14,537	0	897	0	271,252
七ヶ浜町	73,445	6,913	35,888	69	0	0	0	116,315
涌谷町	13,055	123,914	47,667	2,134	2,307	6,968	194	196,239
南三陸町	85,073	53,003	42,115	3,194	0	16,525	0	199,910
石巻企業団	933,518	554,053	74,044	31,111	43,304	47,496	0	1,683,526
合計	1,455,024	1,134,088	254,537	68,287	76,412	91,822	1,046	3,081,216
割合	47.2	36.8	8.3	2.2	2.5	3.0	0.03	100

注1) 出典：調査時入手資料、H21水道統計等

注2) 石巻企業団とは「石巻地方広域水道企業団」の略記である。

注3) DIP：ダクタイル鋳鉄管、VP：硬質塩化ビニル管、PE：ポリエチレン管、SP：鋼管、CIP：鋳鉄管、ACP：石綿セメント管



### 3. 管路の被害率

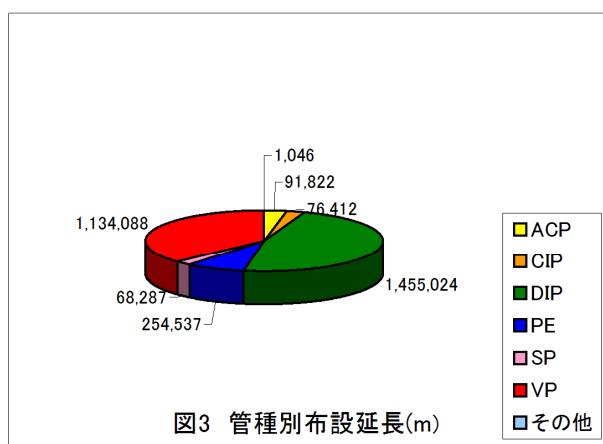
調査対象の6市町を合計した全ての管種の被害率は0.265件/kmである。

被害率の高い管種は、不明管を含む「その他」を除いて、高い順にCIP(1.413件/km)、SP(1.025件/km)、ACP(0.414件/km)の順となった。逆に、最も低い管種としてPE(0.059件/km)、次に被害率の低い管種はDIP(0.179件/km)、次いでVP(0.283件/km)となった(表2、図4)。経年化し老朽管と言われるCIPやACPで被害率が高く、布設延長が長く主要なDIP、VP、PEの3管種で被害率が低い結果となった。なお、SPで被害率が高いのは、水管橋や橋梁添架管など津波被害を受けたことが一因と考えられる。

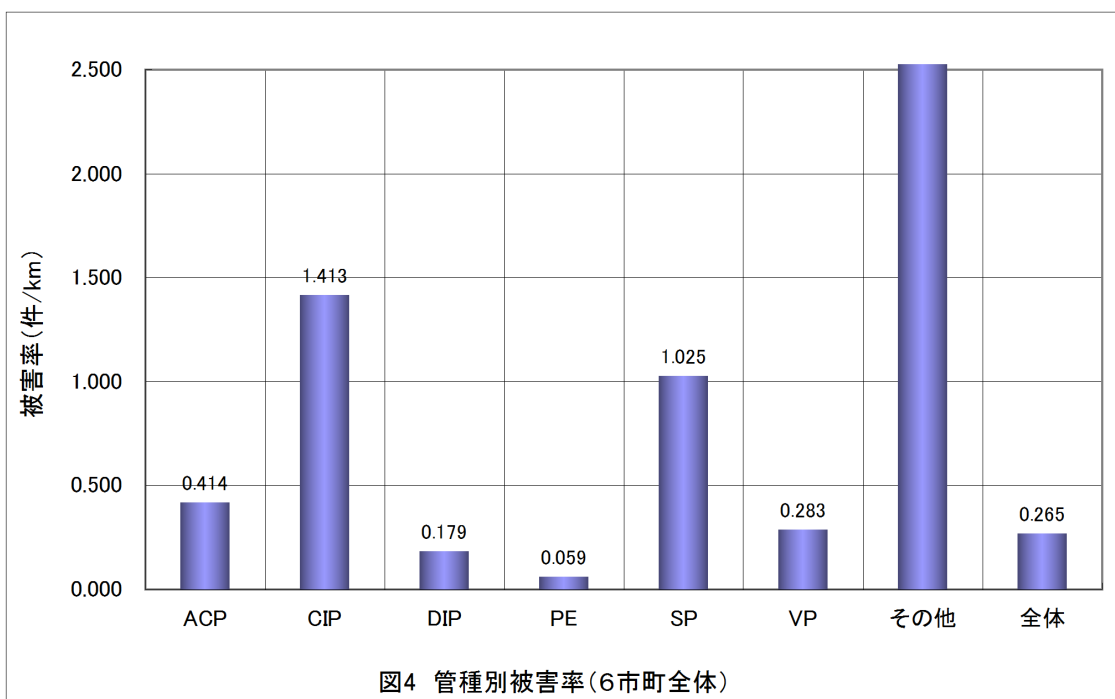
また、市町毎の被害率は、3/11の地震で最大震度を記録した内陸部の栗原市に近い涌谷町で最も高く0.413件/km、次いで津波等により被害が広範囲にわたった石巻地方広域水道企業団で0.337件/km、岩沼市で0.236件/kmとなっている。

表2 管種別被害率の算定

管種	管路延長(m)	被害箇所数(件)	被害率(件/km)
ACP	91,822	38	0.414
CIP	76,412	108	1.413
DIP	1,455,024	260	0.179
PE	254,537	15	0.059
SP	68,287	70	1.025
VP	1,134,088	321	0.283
その他	1,046	6	5.736
全体	3,081,216	818	0.265



注1) ACP: 石綿セメント管、CIP: 铸铁管、DIP: ダクタイル铸铁管、PE: ポリエチレン管、SP: 鋼管、VP: 硬質塩化ビニル管



## 4. PE 管の被害

### 1)PE 管の被害リスト

調査対象 6 市町における全管路延長 3,081km のうち PE 管布設延長は 255km であり、全管路の約 8%を占めている。被害箇所数は 15 箇所、被害率は 0.059 件/km であった。

表 3 には、PE 管に関する被害 15 箇所の概要を示す。南三陸町の PE 管は写真記録等から融着式であること、石巻地方広域水道企業団については調査後のデータ提供により全て旧式の単層管であること、その他は調査時入手資料より管種が分かっている。

表 3 PE 管の被害リスト

No.	住所1	住所2	区分	管種	口径	備考
1	南三陸町	志津川地区	配水管(橋梁添架管)	融着式	75	津波被害
2	南三陸町	志津川地区	配水管(海沿いの道路)	融着式	200	津波被害
3	南三陸町	志津川地区	配水管(海沿いの道路)	融着式	200	津波被害
4	南三陸町	歌津地区	配水管(水管橋)	融着式	150	津波被害
5	南三陸町	歌津地区	配水管(海沿いの道路)	融着式		津波被害
6	岩沼市	下野郷	配水管(海沿いの道路)	融着式	100	津波被害
7	気仙沼市	本吉町泉	配水管(橋梁添架管)	融着式	75	津波被害
8	気仙沼市	本吉町下川内	配水管	二層管	30	
9	涌谷町	字上谷地六	配水管(橋梁添架管)	融着式	150	PVジョイントSUS管破損
10	石巻企業団	牡鹿鮎川浜	配水管	単層管	50	亀裂
11	石巻企業団	牡鹿鮎川浜	配水管	単層管	50	亀裂
12	石巻企業団	牡鹿鮎川浜	配水管	単層管	50	亀裂
13	石巻企業団	牡鹿鮎川浜	配水管	単層管	50	亀裂
14	石巻企業団	雄勝町小島	配水管	単層管	50	亀裂
15	石巻企業団	雄勝町大須	配水管	単層管	50	亀裂

注1) 石巻企業団とは「石巻地方広域水道企業団」の略記である。

注2) PVジョイントとは、配水用PE管とVP管または鋼管を接続するメカ継手である。

### 2)PE 管の耐震性能に関する考察

PE 管の被害状況について、融着式の被害 8 箇所のうち涌谷町の被害 1 箇所は異種管(SUS 管)継手との接合部であり、PE 管自体の被害でないことがヒアリングにて確認できており、南三陸町 5 箇所、岩沼市 1 箇所、気仙沼市 1 箇所は全て津波による被害であることから、地震力による直接的な被害はほとんどない。今回、SP 管の被害率が高かったのは、地上配管部の津波外力による被害が多かったことが一因であるが、融着式 PE の被害も同じ理由によるものであり、この布設環境であれば他管種でも同様の被害を受けたことも予想されることを考慮すべきである。融着式以外の被害としては、単層管の被害が 6 箇所、二層管の被害が 1 箇所確認されている。

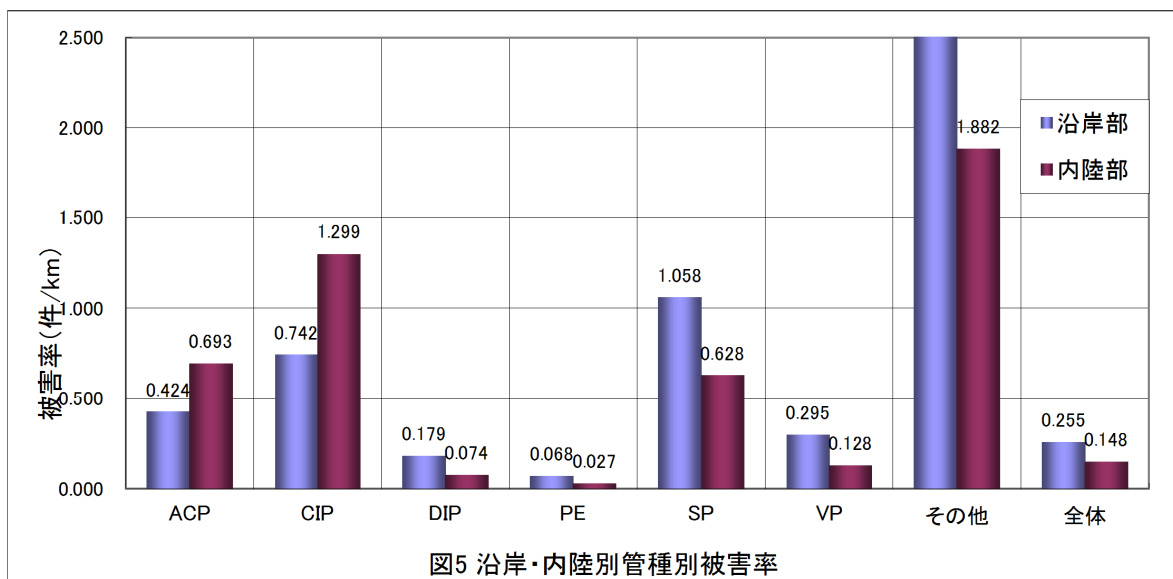
このように、全管種を含めた平均被害率が 0.265 件/km (=818 件/3,081Km) に対して、PE 管全体(単層管、二層管、融着式)では 0.059 件/km (=15 件/255km) と被害率はかなり低く、DIP 管 0.179 件/km (=260 件/1,455km) よりも被害率が低くなっている。

以上より今回、250km を超える PE 管が震度 6 弱から震度 6 強の強い揺れを経験し、数ある管種の中で最も被害率が低く、耐震性能の高い管種であることが定量的に確認された。

## 5. 沿岸部と内陸部の被害

1次調査と今回の2次調査を合わせて、合計9市町における管路の被害率が算定されたことになる。これらを沿岸部5市町と内陸部4市町に分けて集計し直して被害率を算定した。

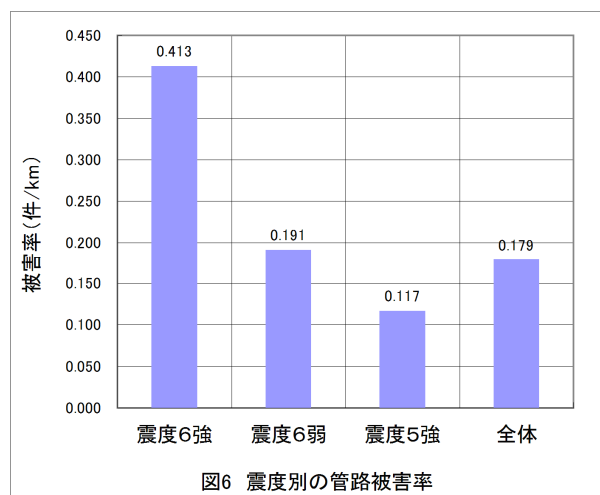
その結果、全管種の合計で沿岸部の被害率が0.255件/km、内陸部で0.148件/kmと沿岸部における被害率の方が大きくなった。これは、調査対象区域の半分以上の管路延長を占める石巻地方広域水道企業団における被害率が大きかった(0.337件/km)ことが影響している。管種別では、内陸部よりも沿岸部で被害率が高くなっている管種が多いが、ACP管とCIP管では内陸部における被害率の方が高くなっている。



## 6. 管路被害と震度

当該区域では、震度は6強、6弱、5強の3段階に分けることができ、震度6強は涌谷町、震度6弱は岩沼市及び七ヶ浜町、震度5強は気仙沼市及び南三陸町であった。(市町ごとに被害位置に卓越して分布している震度を採用しているため、各市町の最大震度と必ずしも一致しない。)

震度ごとの管路被害率については、震度6強では0.413件/km、震度6弱では0.191件/km、震度5強では0.117件/kmと、震度が大きくなるにつれて管路被害率も大きくなっている。なお、石巻地方広域水道企業団では広範囲にわたって被害件数が多く、調査時点において詳細が特定できていないため除いている。

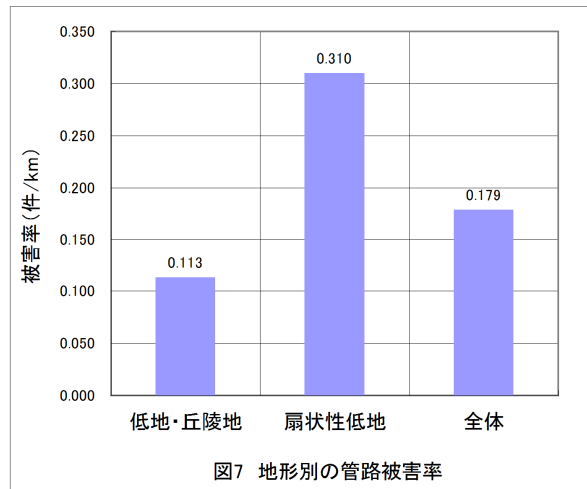


## 7. 管路被害と地形・地質

当該区域では、扇状地性低地や三角州性低地等といった岩沼市や涌谷町など平野部に分布する低地と、気仙沼市、南三陸町、七ヶ浜町に見られるような低地と台地や丘陵地が入り混じる地形に分けることができる。

図7に示すように低地における管路の被害率は0.310件/km、低地と丘陵地等の混在する地形では0.113件/kmと、低地の方が管路の被害率が大きくなっている。これらの傾向は兵庫県南部地震でも同様であり、低地では軟弱地盤が多いことが原因と考えられる。

また、管路被害の多くが新生代・第四紀・完新世以降の比較的新しい軟弱な堆積層上か、これと他の地質構成との境界部で発生している。なお、石巻地方広域水道企業団については前項と同じ理由により除いている。



## 8. 速度スペクトルと管被害率との関係

表4及び図8は、3成分合成の最大スペクトル値と市町毎の管被害率の関係を示したものであり、スペクトル値が大きい程、管の被害率が高くなっていることが分かる。図9のとおりに、DIP、VP、PEの主要な3管種の被害率においても概ねその傾向となっているが、PE管はスペクトル値が大きくなっても被害率が他管種ほど高くなっていない。

表4 最大スペクトルと管被害率

	南三陸	七ヶ浜	岩沼	気仙沼	涌谷	石巻	登米	栗原	大崎
スペクトル値	100	130	140	90	130	280	48	95	170
被害率	0.135	0.086	0.236	0.111	0.413	0.337	0.116	0.158	0.128

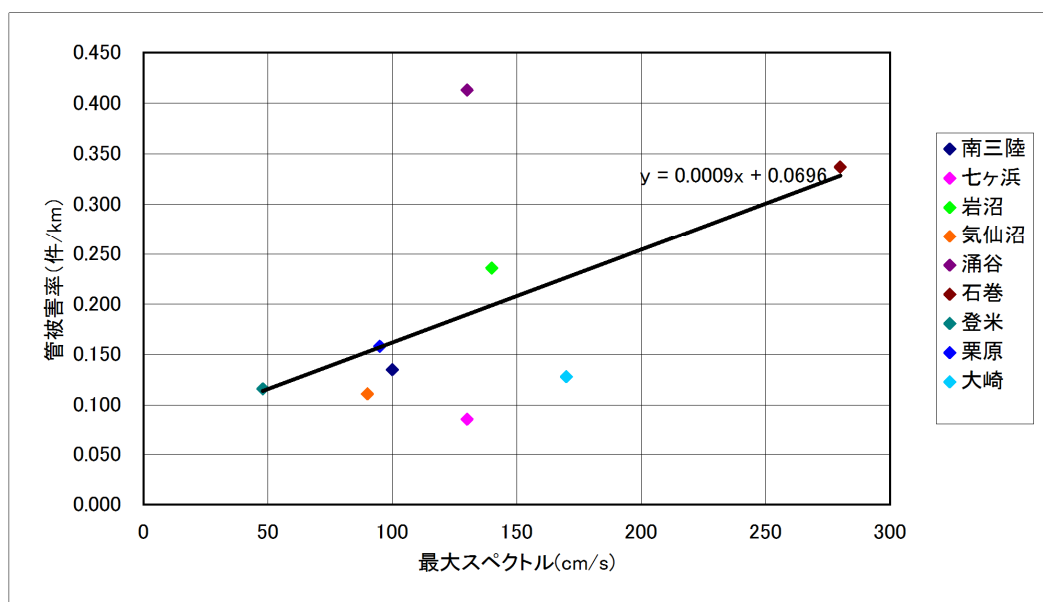


図8 最大スペクトルと管被害率



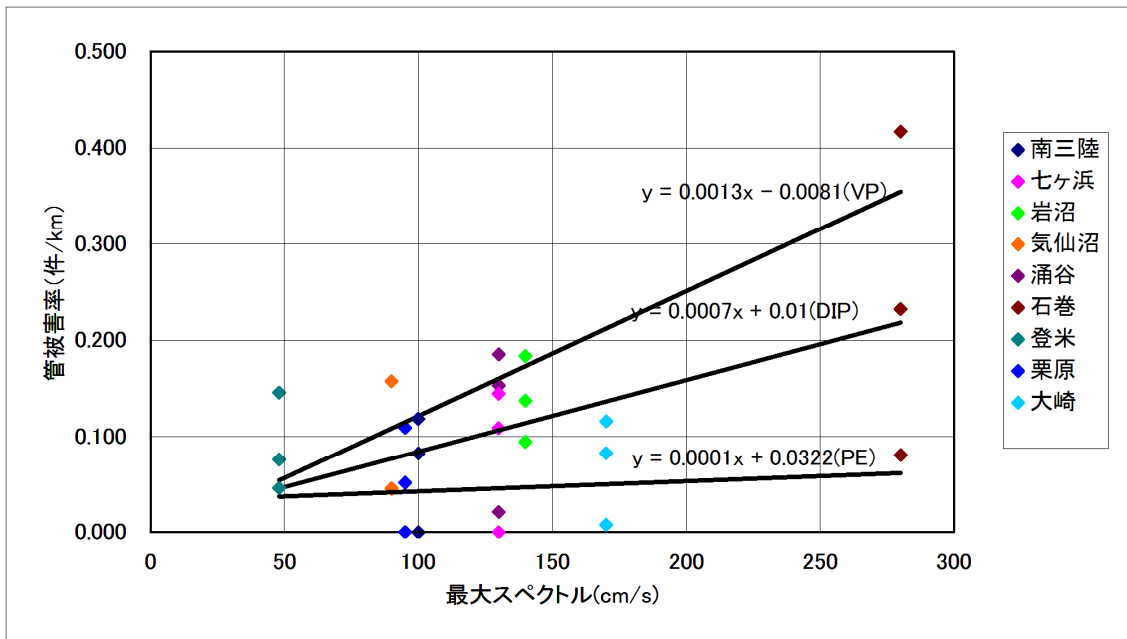


図9 主要3管種の被害率と最大スペクトル

## まとめ

今回、4月に実施した1次調査(栗原市、登米市、大崎市)に引き続き、宮城県南三陸町、七ヶ浜町、岩沼市、気仙沼市、涌谷町及び石巻地方広域水道企業団において2次調査を実施した。2つの調査を合わせて総管路延長約6,900kmのうち、延長780kmに及ぶPE管が東北地方太平洋沖地震による最大2,000galを超える地震動を経験したが、現地調査及び水道事業者へのヒアリング調査等の結果、PE管の被害発生は極めて少なく、特に融着式PE管の被害は津波被害によるものを除きほとんど無く、最も被害率の低い管種となった。

検討を通じて、PE管路の埋設位置の詳細が特定できていないもの等が課題として残されたものの、管路延長が780kmに及ぶことから、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VP管や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ことから、配水用PE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
- ・ 厚生労働省 HP
- ・ 宮城県 HP
- ・ 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ HP