

# 2016年熊本地震被害調査報告書 講習会

## 第9章 ライフラインの被害

千葉大学 丸山 喜久

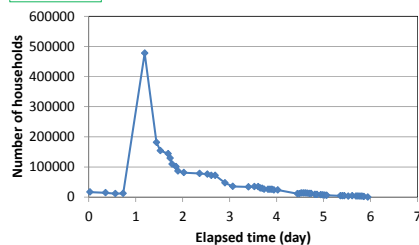
### 目次と執筆者

- 9.1 供給系ライフラインの被害および復旧の概要
  - 能島 暢呂(岐阜大学工学部)
  - 丸山 喜久(千葉大学大学院工学研究院)
- 9.2 熊本市内の上水道拠点施設の被害
  - 小長井一男(横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院)
  - 大角 恒雄(防災科学技術研究所)
- 9.3 上水道管路の被害
  - 宮島 昌克(金沢大学理工研究域)
- 9.4 下水道の被害
  - 庄司 学(筑波大学システム情報系)
  - 永田 茂(鹿島技術研究所)
- 9.5 電力の被害
  - 朱牟田善治(電力中央研究所)
  - 松野 隆(九州電力株式会社)
- 9.6 都市ガスの被害
  - 猪股 渉(日本ガス協会)
  - 谷本 篤史(西部ガス株式会社)
  - 安永 和憲(西部ガス株式会社)
- 9.7 通信施設の被害
  - 鈴木 崇伸(東洋大学理工学部)
  - 田中 宏司(NTTアクセスサービスシステム研究所)
  - 若竹 雅人(NTTアクセスサービスシステム研究所)

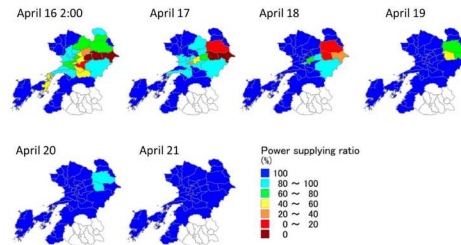
### 9.1 供給系ライフラインの被害および復旧の概要

本節では、2016年4月に発生した一連の熊本地震の際の供給系ライフライン(電力, 上水道, 都市ガス)の被害および復旧の概要をまとめる。また、熊本地震の際のライフラインの供給支障状況, 復旧過程などを阪神・淡路大震災, 東日本大震災の場合と比較する。

#### 電力



停電戸数の解消課程

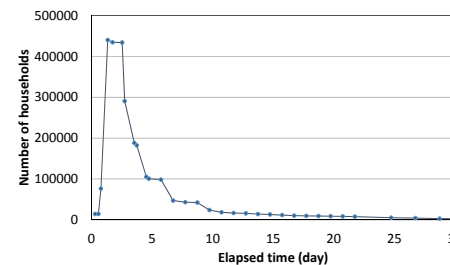


熊本県内の市町村別の電力供給率

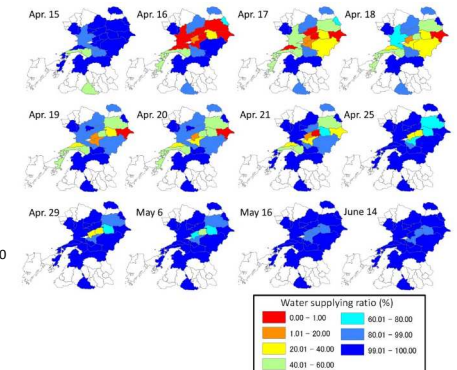
最大停電戸数は47.66万戸(4/16 2時現在)。約6時間半経過した4月16日8時現在の停電戸数は18.1万戸で、99%熊本県内で発生。

### 9.1 供給系ライフラインの被害および復旧の概要

#### 上水道



断水戸数の解消過程

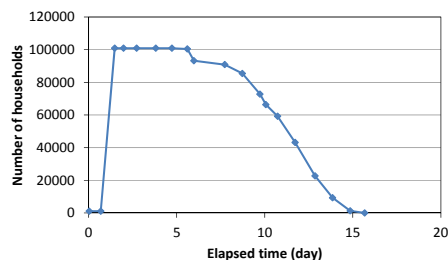


熊本県内の市町村別の水供給率

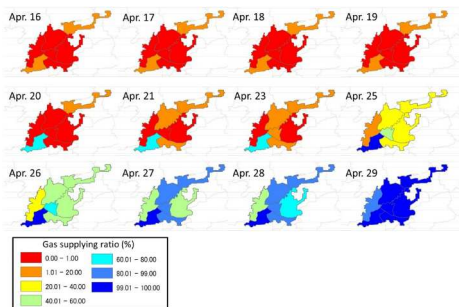
最大断水戸数は44.5万戸(熊本県内43.2万戸)。益城町, 西原村, 御船町, 南阿蘇村, 阿蘇市では、応急復旧に時間を要した。

## 9.1 供給系ライフラインの被害および復旧の概要

### 都市ガス



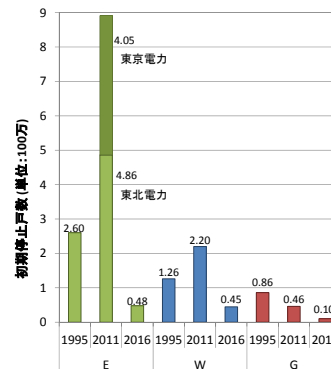
供給停止戸数の解消過程



供給エリア別の供給率

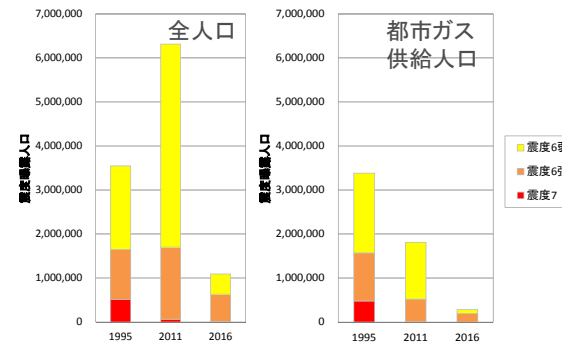
最大供給停止戸数は100,884戸。4月19日までに閉栓作業が完了し、4月20日から供給再開の作業が始まった。4月30日13時40分に復旧作業が完了した。

## 9.1 供給系ライフラインの被害および復旧の概要



初期停止戸数の比較

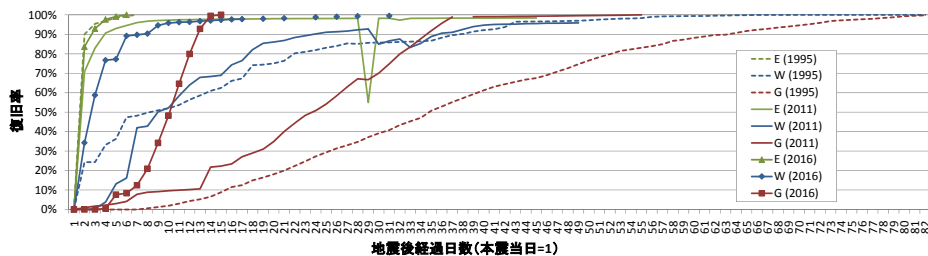
阪神・淡路大震災: 1995  
東日本大震災: 2011  
熊本地震: 2016



震度曝露人口の比較

停電に関しては震度5強以上、断水に関しては震度6弱以上、都市ガス停止に関しては震度6弱以上ないし6強以上の曝露人口が、それぞれの停止戸数との相関が高い

## 9.1 供給系ライフラインの被害および復旧の概要

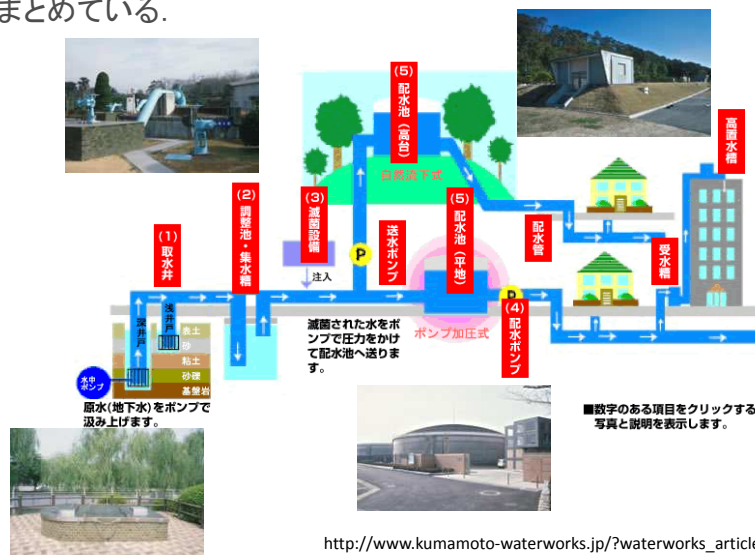


停電復旧: 作業困難地域が対象となる復旧過程の終盤を除くと、3地震で大きな違いはない

水道・ガス復旧: 熊本地震では两大震災と比較して、復旧期間が大幅に短縮されている。この原因には、震度曝露規模の違い、これまでの震災経験を踏まえた各種対策の効果などが挙げられる。

## 9.2 熊本市内の上水道拠点施設の被害

本節では、熊本市内の配水場および周辺の取水井(せい)の被害状況をまとめている。



## 9.2 熊本市内の上水道拠点施設の被害

### 健軍水源地



取水井



敷地内液状化



配水ポンプ

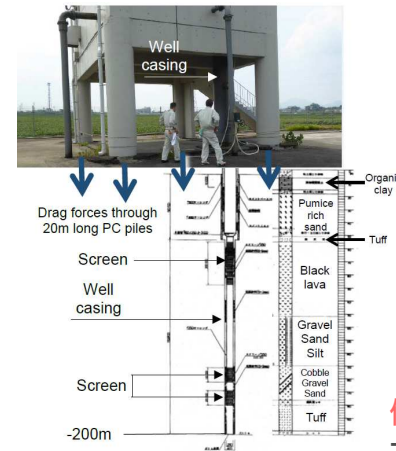
地震によるポンプ施設の損傷はなく、敷地内で部分的に液状化が生じた。

9

## 9.2 熊本市内の上水道拠点施設の被害

### 沼山津配水場, 秋田配水場周辺

複数の上水井戸ポンプのRC建屋が傾いた



秋田第二井戸ポンプ建屋の傾斜と直下の地質柱状図



鋼製井戸ケーシングが建屋床に接続する位置(赤印)と建屋傾斜方向, 傾斜角度

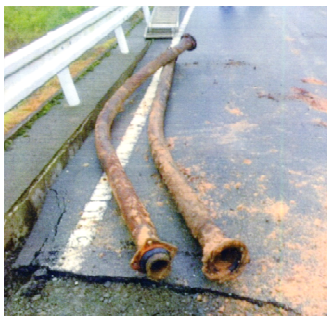
傾斜角はおおよそ1~2°の範囲

方位角には一見明確な規則性が認められない。

10

## 9.3 上水道管路の被害

本節では、被害写真を中心に導・送・配水管の被害および仕切弁や空気弁などの付属設備の被害の概略を紹介するとともに、被害データが既に公開された熊本市における被害分析の結果を報告する。



断層横断部に埋設されていたK形ダクタイル鉄管(Φ100, 益城町下陣)



断層横断部のK形継手ダクタイル鉄管の抜け(Φ150, Φ200, 益城町平田)

11

## 9.3 上水道管路の被害

熊本市における導・送・配水管の管主口径別被害数(単位:件)

口径	CIP	DIP(A)	DIP(K)	SP(溶接)	SP(その他)	VP	PP	その他	総計
40以下					13	16	1		30
50				1	31	18			50
75	3	23	4	2	5	23		2	63
100	21	19	4		8	8			60
150	5	11	4	1	4	6			31
200		2	1	1				1	5
250		4		4					8
300	1			1					2
350	6								6
400				1					1
450				1					1
700				2					2
800				3					3
1350				1					1
総計	36	59	13	18	62	71	1	3	263

被害率: 0.078件/km

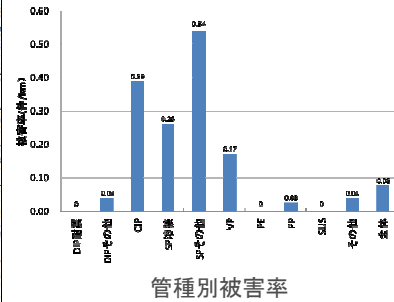
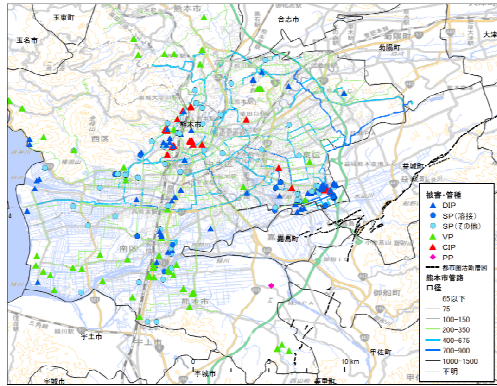
注) SP溶接は、添架部を除き、伸縮管・伸縮可とう管・フランジ被害の11件を含む。

神戸市(1995年): 0.32件/km, 長岡市(2004年): 0.30件/km, 仙台市(2011年): 0.07件/km  
管路の耐震化の程度が大きく影響している

12



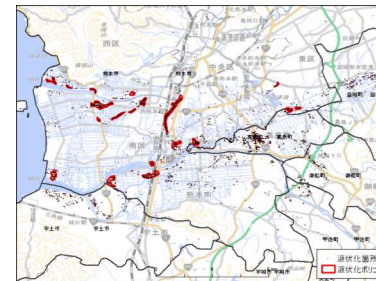
### 9.3 上水道管路の被害



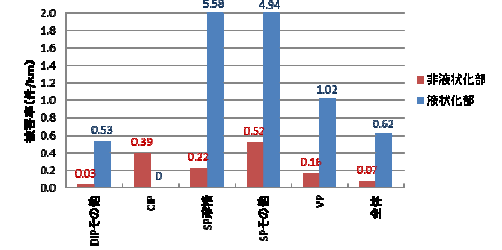
溶接以外の継手の鋼管の被害率が最も高く、**鋳鉄管**、**溶接継手の鋼管**、**塩化ビニル管**が続いている。溶接鋼管の被害は、伸縮管、伸縮可撓管、フランジ被害を含み、管体部の経年劣化によるもの以外は被害は発生していない。

管路網図と管路被害発生地点

### 9.3 上水道管路の被害



液状化発生地点と液状化ポリゴン



液状化領域と非液状化領域における被害率

液状化領域の管路被害率は非液状化領域の**約10倍**

### 9.4 下水道の被害

本節では、熊本市上下水道局からご提供いただいた基礎データ(2016年10月中旬時点)をもとに、熊本市下水道管渠の被害の特徴を報告するとともに、地震動強さと被害率の関係について考察を行なう。

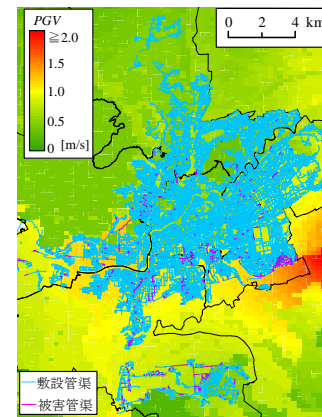
被害率( $R_p$ )の定義

$$R_p = \frac{L_d}{L} \quad L: \text{管渠の敷設延長}, L_d: \text{管渠の被害延長}$$

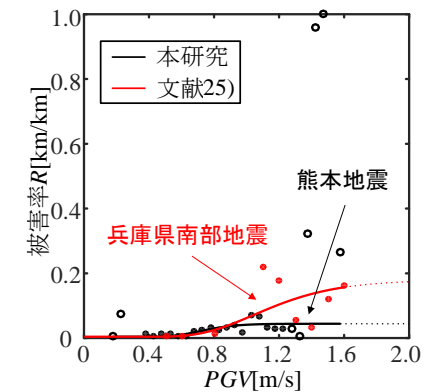
・**VU**(薄肉塩ビパイプ)、**HP**(コンクリート管)、**PE**(ポリエチレン管)の3タイプの管種については2%前後以上の高い被害率

・**後背湿地**(0.047)、**自然堤防**(0.029)、**ローム台地と谷底低地**(0.017)で高い被害率

### 9.4 下水道の被害



PGVと熊本市下水道管渠網の分布




地震動強さと被害率の関係

$PGV < 1.10 \text{ m/s}$ では兵庫県南部地震の被害率と同程度であるが、 $PGV \geq 1.10 \text{ m/s}$ では兵庫県南部地震の被害率と比較して**1/6から1/8程度**と低くなっている

## 9.5 電力の被害

本節では、電力供給施設の設備被害の概要、復旧状況の概要についてまとめている。

### 震度別の送電設備の被害数

被害内容	項目	震度					計	備考
		5弱	5強	6弱	6強	7		
支持物 (鉄塔)	被害数	0	0	1	13	2	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>被害数: 早期復旧を要する被害数</li> <li>前震(4/14)・本震(4/16)両方の影響を受けた設備については、震度の大きい方で計上</li> <li>被害率: 被害数/設備数</li> </ul>
	設備数	2,673	1,633	907	1,137	149	6,499	
	被害率(%)	0	0	0.11	1.14	1.34	0.25	
がいし	被害数	2	0	0	1	0	3	
	設備数	2,673	1,633	907	1,137	149	6,499	
	被害率(%)	0.07	0	0	0.09	0	0.05	
電線	被害数	0	0	0	1	0	1	
	設備数	2,673	1,633	907	1,137	149	6,499	
	被害率(%)	0	0	0	0.09	0	0.02	

がいし: 電線と鉄塔・電柱とを絶縁するためのもの

## 9.5 電力の被害



鉄塔の被害については、地震動により倒壊に至った事例はないが、おもに阿蘇地域において、大規模な土砂崩れにより傾斜し送電不可となった鉄塔が1基、地盤変状(不同変位)による部材損傷のため建替等の改修が必要となった鉄塔が15基であった。

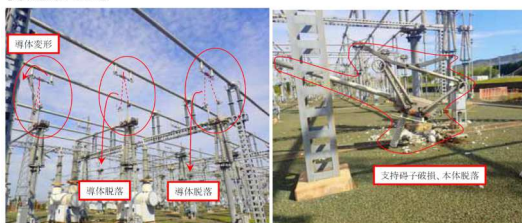
18

## 9.5 電力の被害

### 震度別の変電設備の被害数

被害内容	項目	震度					計	備考
		5弱	5強	6弱	6強	7		
変圧器	被害数	0	0	2	2	1	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>被害数: 運転継続不可となる主要設備の被害数</li> <li>前震(4/14)・本震(4/16)両方の影響を受けた設備については、震度の大きい方で計上</li> <li>被害率: 被害数/設備数</li> </ul>
	設備数	137	47	49	70	14	317	
	被害率(%)	0	0	4.1	2.9	7.1	1.6	
断路器	被害数	0	0	17	2	0	19	
	設備数	731	215	289	455	114	1,804	
	被害率(%)	0	0	5.9	0.4	0	1.1	

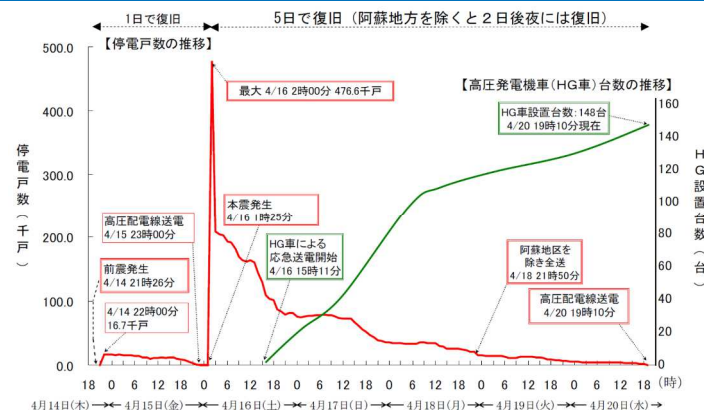
【導体脱落、変形】



ブッシングのずれやそれに伴う漏油、ラジエータの破損、導体脱落、および支持がいしの破損、基礎ボルトの破断など、典型的な変電設備の地震被害モード

19

## 9.5 電力の被害



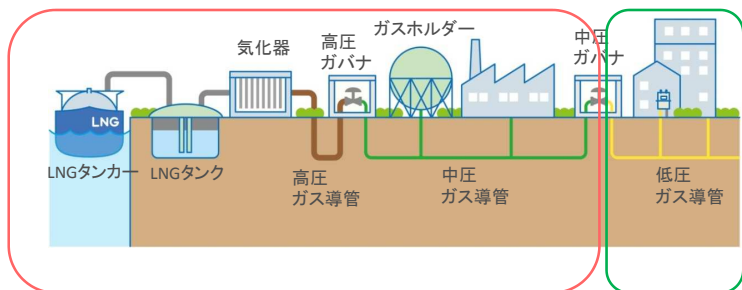
熊本地震における停電戸数の推移

- 送変電設備の被害が限定的であったこともあり、比較的狭い範囲で停電が発生
- 電力系統の切りかえにより、地震発生から3時間程度で停電戸数が半減
- 阿蘇地区については、6万ボルト黒川一の宮線の仮復旧まで停電が長期化すると判断し、重要負荷への148台の高圧発電機車によるスポット送電を順次実施

20

## 9.6 都市ガスの被害

本節では都市ガス事業者が阪神・淡路大震災以降、過去の大地震の教訓を踏まえて取り組んできた地震防災対策の概要を紹介するとともに、熊本地震における都市ガス事業者の初動・復旧対応状況、供給設備の被害概要について紹介する。

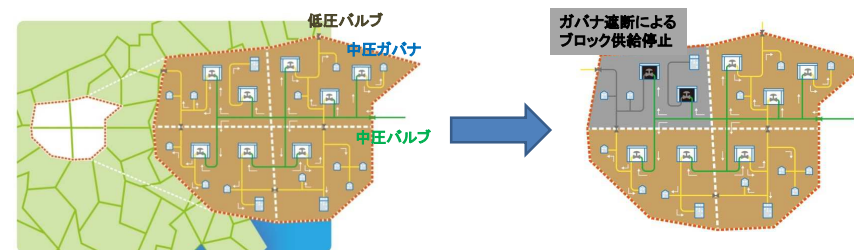


レベル2(供用期間中に発生する確率は低い、非常に強い地震動)地震動を想定して設計・建設  
→熊本地震でも被害なし

耐震性の高いポリエチレン管を採用  
→一部には耐震性の低い材料が残り、大地震発生の際には一定程度の被害を受けることが想定される

## 9.6 都市ガスの被害

地震防災対策: 単位ブロック形成

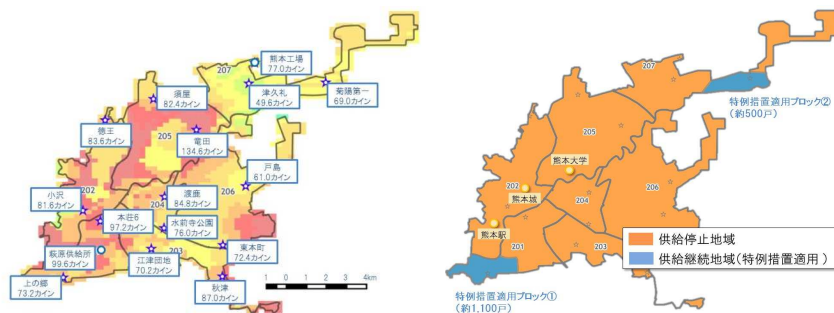


低圧ガス導管のネットワークに対して、2次災害防止と供給継続を両立させるためには、被害が大きい地域に限定して供給を止める必要があるため、ネットワークを分割して単位ブロックを形成している。

単位ブロック内には地震計を設置し、第1次緊急停止判断基準(SI値60カイン(cm/s)以上)に達したブロックに対して、地震計と連動した地区ガバナの自動遮断、また遠隔や現地での遮断操作等により地震発生後速やかに供給停止を確立する。

## 9.6 都市ガスの被害

熊本地震への対応: 観測SI値と供給停止地域



- ・広範でSI値60カイン以上を観測し、第1次緊急停止判断基準に基づき10万844戸の供給停止(耐震性の高い特例措置適用ブロック(基準値: 80カイン)で供給を継続)
- ・2次災害なし

## 9.6 都市ガスの被害

供給設備の被害状況

ガス工作物	被害箇所	被害状況
製造設備	被害なし	
球形ガスホルダー	被害なし(耐圧部)	タイロッドブレース・アンカーボルトが伸び、基礎の一部が損傷(いずれも耐震設計上許容される範囲)
ガス導管	被害なし	
中圧A	被害なし	
中圧B	9箇所	機械的接合(9) : 全て継手緩み、継手破断無し
本支管	79箇所	機械的接合(33) : 全て継手緩み、継手破断無し
		ねじ接合(46) : 亀裂・折損等による継手破断含む
供給管	41箇所	機械的接合(14) : 全て継手緩み、継手破断無し ねじ接合(27) : 亀裂・折損等による継手破断含む
低圧		
灯外内管	416箇所	機械的接合(87) : 全て継手緩み、継手破断無し ねじ接合(185) : 亀裂・折損等による継手破断含む メーターガス栓等(144) : 全て緩み、破断無し
灯内内管	375箇所	(地震時遮断機能を有するマイコンメーター下流側)



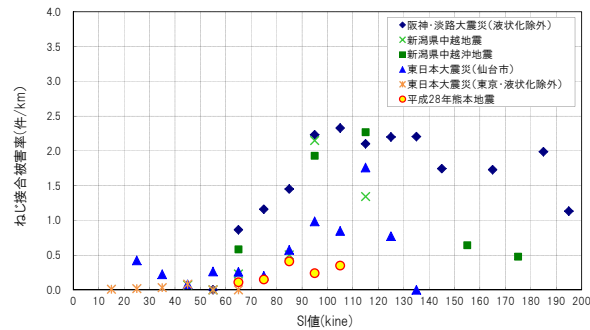
## 9.6 都市ガスの被害



中圧Bガス導管の継手緩み



低圧ねじ接合鋼管の破断

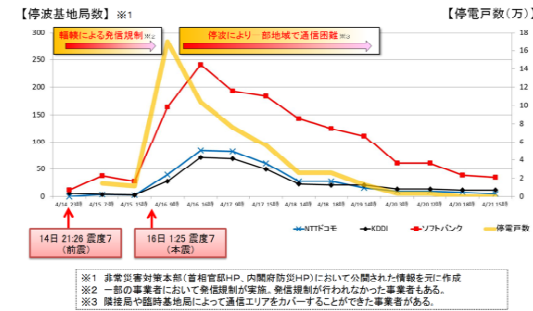


主要な大地震の被害データに基づくSI値とねじ接合鋼管の被害率

25

## 9.7 通信施設の被害

本節では、熊本地震による携帯電話基地局の停波状況、固定通信の不通状況についてまとめ、管路および橋梁添架設備の被害状況を報告する。



携帯電話基地局の停波の推移

- ・停電から半日程度の時間差で、停波した基地局数が増加しピーク
- ・停波原因は、基地局までの伝送路の断が25.5%、停電によるバッテリー枯渇が74.5%
- ・東日本大震災を教訓に停電対策、伝送路断対策、エリアカバー対策を実施してきた結果、影響は最小限に抑えられた

26

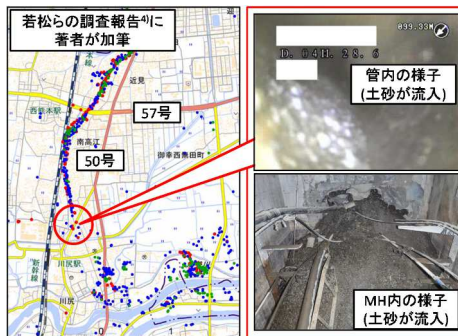
## 9.7 通信施設の被害

### 管路設備の被害



- ・県道28号の南側から秋津川に広がるエリアに被害が集中(建物被害が集中するエリアと整合)
- ・地下管路も建築物と同様に地盤条件や揺れの大きさ、地表の変状が影響

### 熊本市川尻駅周辺



- ・液状化による被害
- ・管路の継手部が離脱し、土砂が流入。またマンホール内は、管とマンホールの接続部が破損し、破損した箇所から土砂が流入

27

## 9.7 通信施設の被害

### 橋梁添架設備の被害

点検対象: 815橋 目視確認で40橋に被害有り(4.9%)



- ・添架管路の継手部に被害
- ・橋桁が軸方向に変位したことにより、圧縮方向の外力が作用し、手すり部分に変形が発生

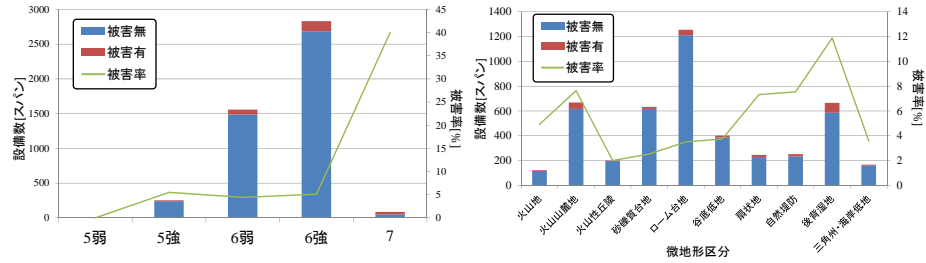
約20cmの地盤沈下



- ・管路の突出し部と添架部で段差が生じて管路が破損
- ・管軸方向に関しては伸縮性能を有する構造になっているが、管軸直角方向に対する変位性能は小さい

28

## 9.7通信施設の被害



- ・震度7の領域の被害率が非常に高い
- ・計測震度6.3以上になると、被害率が高くなる。

- ・軟弱地盤と思われる後背湿地で被害率が高い。
- ・火山山麓地や扇状地、自然堤防でも被害率が高いが、これらは益城町、阿蘇地方で被害が多かったことが反映されている

ご清聴ありがとうございました