# ライフラインに係わる都市減災対策技術の高度化に関する研究小委員会・活動報告

2015.5 start 2017.5現在, 28名の体制

委員長: 庄司学(筑波大) → 2017年度より, 鈴木 崇伸(東洋大)

副委員長: 片岡 正次郎(国総研) / 鈴木 崇伸(東洋大) / 永田 茂(鹿島)

幹事長: 丸山 喜久(千葉大)

幹事: 長山智則(東大) / 沼田宗純(東大)

委員: 猪股 渉(東京ガス) / 岩田 直泰・上半 文昭(鉄道総研)

鬼塚 信弘(木更津高専) / 小野 祐輔(鳥取大)

梶田 幸秀(九大) / 金子 正吾(クボタ) / 北野 哲司(東邦ガス)

清野 純史(京大) / 鍬田 泰子(神戸大) / 朱牟田 善治(電中研)

鈴木 博人(JR東日本) / 高浜 勉(構造計画研究所)

塚本 博之(エイト日技) / 西岡 昌樹(高速道路総研)

能島 暢呂(岐阜大, 第11期委員長:2011.5-2015.3)

宮島 昌克(金沢大) / 山崎 文雄(千葉大, 第1期委員長:2008.9-2011.3)

山田岳峰(鹿島)/横田敏宏(国総研)/若竹雅人(NTT)

### | 活動概要 小委員会・活動報告書および活動計画書より

東日本大震災では広域で生じたライフライン被害の把握と復旧に甚大な労力を要し、都市機能の回復に大きな支障が生じた結果、ライフラインの被害把握やレジリエンス向上に資する減災対策技術の高度化が強く求められている.

- □ 研究内容 H28年度:委員会3回,シンポ1回,旧TCLEE熊本地震調査対応 首都直下地震や南海トラフ巨大地震津波を主な検討対象として,
- (1) 東日本大震災後のライフライン施設に関わる減災対策技術の 最新動向調査(見学会等の企画)
- (2) 経年劣化するライフライン施設の脆弱性評価技術及び更新技術 の高度化(WG1)
- (3) ライフラインの被害把握及びレジリエンス向上に資する センシング情報技術の体系化(WG2)
- (4) コンパクトでスマートな都市再生に関与できるライフライン減災 対策技術のあり方(WG3)
- (5) 最新の研究成果に関するシンポジウムの開催, ASCE/旧TCLEE等との国際的な情報交換

### H28年度活動内容: 熊本地震災害調査分析

- □ 委員会3回,旧TCLEE熊本地震調査対応
- ASCE/旧TCLEE熊本地震調査チームとの打ち合わせ: 6/30@±木学会 12名参加
- ASCE/旧TCLEE熊本地震調査チームと熊本県内の合同調査: 7/3-7/5 熊本県庁ヒアリング, 都市ガス導管被害の調査など 委員長/幹事長/猪股委員
- 第1回委員会: 7/29@キャンパス・イノベーションセンター東京 20名参加 熊本地震に関する情報交換, インフラ・ライフラインシンポジウムの企画調整
- 第2回委員会: 12/5@熊本大学工学部百周年記念館→熊大·葛西昭先生に謝意 25名参加 インフラ・ライフラインシンポジウムにおける発表
- 第3回委員会:3/27@±木学会 19名参加 上半委員·西岡委員による話題提供,次年度の体制·活動計画について
- ロ 行事並びに出版物等
- 第7回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウムの開催 72名参加 第7回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム講演集の発刊
- ASCE/旧TCLEE熊本地震調査チームの報告書作成に関する助言 丸山幹事長

### 第7回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム

鈴木崇伸 2016年熊本地震の強震動の特徴の分析

秦吉弥 高密度臨時地震観測に基づく2016年熊本地震の本震における益城町役場周辺の造成宅地を対象とした強震動の広域推定

佐川由季2016年熊本地震における2時期の航空レーザーデータの比較による地殻変動と地盤変状の抽出

山内政輝 臨時余震観測および常時微動計測の高密度実施に基づく2016年鳥取県中部の地震によって被災した白壁土蔵群におけるサイト増幅特性の評価

古川昭太 共分散構造分析とサポートベクターマシンによる地すべり発生地点の予測

山田岳峰 既設岸壁・護岸の液状化対策を対象とした格子状固化と段階的な地震対策に関する考察

清野純史 平成28年熊本地震における人的被害特性と断層近傍の建物・自動車の地震応答挙動

宇佐美勉 地震外力のゆらぎに対する耐性を有する履歴型制震ダンパーの開発研究

前川広基 単柱 RC 橋脚の経年劣化を考慮した多自由度系における損傷部推定に関する一考察

有尾一郎 モバイルブリッジによるライフライン復旧法

安達光太郎 モバイルブリッジの架橋後の補剛・補強化手法

Muge Kuleli Seismic responses of road bridges captured by densely deployed wireless sensors

小山天城 地震後の道路交通状況を考慮した自動車による津波避難実験

湊文博 強震動予測と歩行実験によるハイブリッド評価に基づく地域特性を考慮した津波避難困難区域の抽出手法の適用性に関する基礎的研究

菊地俊紀 粒子法を用いた津波による橋梁への作用力の推定に関する基礎検討

北野哲司 東海地方における津波観測情報等を用いたリアルタイム津波・浸水予測システムの開発

澤可那子 TerraSAR-X 画像を用いた橋梁把握の基礎的検討

瀬崎陸 車載カメラ画像を用いた道路の地震被害抽出に向けた基礎検討

鳴海智博 合成開口レーダー衛星による熊本地震変動解析およびインフラモニタリングの可能性検討

中西慶 GPS搬送波相対測位における標準偏差とFix率向上のための基礎的検討

沼田宗純2016年熊本地震におけるプッシュ型物資支援の考察とコンテナを用いた緊急支援物資の提案

松田泰治 平成28年熊本地震による構造物の被害と今後の課題

柿本竜治 ライフラインと避難行動

五十嵐翼 地震による高速道路復旧時間の予測手法の改善

庄司学 2016年熊本地震における道路ネットワークの渋滞状況の定量的評価

石井洋輔 2016 年態本地震の被害を踏まえた道路橋被災状況把握システム改良の検討

梶尾辰史 既往地震と熊本地震における河川特殊堤の被災事例の分析

河井大地 スマートフォンを利用した道路路面診断に関する基礎的検討

杉本腎二 能本地震による失ったストックの推計

平野廣和 既存貯水槽の耐震性能向上のための制振装置の開発

常井友也 液状化による地震リスクを考慮した下水道管路施設のアセットマネジメント手法による維持管理計画に関する研究

近藤卓 熊本地震の作用を受けた橋梁に添架された通信用橋梁管路設備の被害の特徴について

若竹雅人 熊本地震による被害を受けた通信用地下管路設備の概況について

朱牟田善治 電力流通設備の災害復旧 一熊本地震での事例検討ー

猪股渉 低圧ガス導管の地震時被害モードを考慮した被害分析

塚本博之 地中埋設管被害が発生しやすい地盤変状地域の抽出

坂口拓馬 道路網の GIS データに基づく低圧ガス導管の分布推定

乾太一朗 2016年熊本地震における上水道の空気弁被害に関するアンケート調査

金子正吾 2016年熊本地震におけるダクタイル鉄管の挙動に関する研究

石関宏真水道管路における管路更新工法の耐震性能検証

平田明寿 水供給システムの地震被害予測手法と減災対策の比較分析

丸山喜久 平成28年熊本地震における熊本市の上水道管路施設の被害概要

永田茂平成28年熊本地震を対象とした上水道管路被害予測精度に関する検討

熊本大学•松田先生(構造系)

柿本先生(計画系)に基調講演

□ 全体像をおさえる : 能島委員

ロ 詳細分析の段階

- 上水道 : 宮島委員・丸山幹事長

- 下水道 : 永田副委員長•庄司委員長

- 電力 : 朱牟田委員

- 都市ガス : 丸山幹事長・猪股委員

- 通信 : 若竹委員

□ 減災対策につなげる - 被害把握・センシング・災害情報/対応

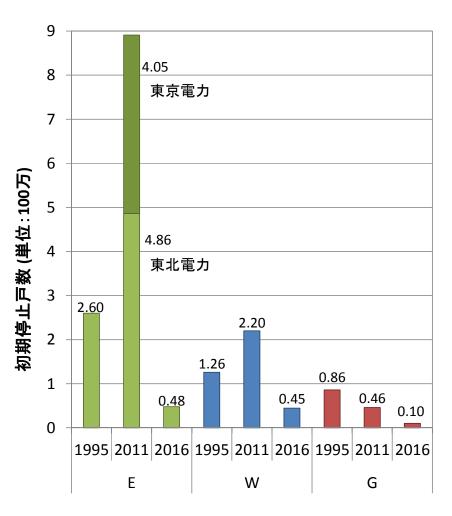
- 道路インフラ : 片岡副委員長

- 航空写真 : 鈴木副委員長

- 震後モニタリング : 長山幹事

### ライフライン停止規模と震度曝露人口

7,000,000



■ 震度6弱 6,000,000 000 ■ 震度6強 5,000,000 000 ■ 震度7 雲度 曝露人口 4,000,000 000 3,000,000 000 2,000,000 000 1,000,000 000

2016

000

全人口の

震度曝露

断水:震度6弱以上

2011

停電:震度5強以上

ガス停止: 震度6弱~強以上

1995

0

の曝露人口にそれぞれ比例的

2011

2016

1995

都市ガス供給人口

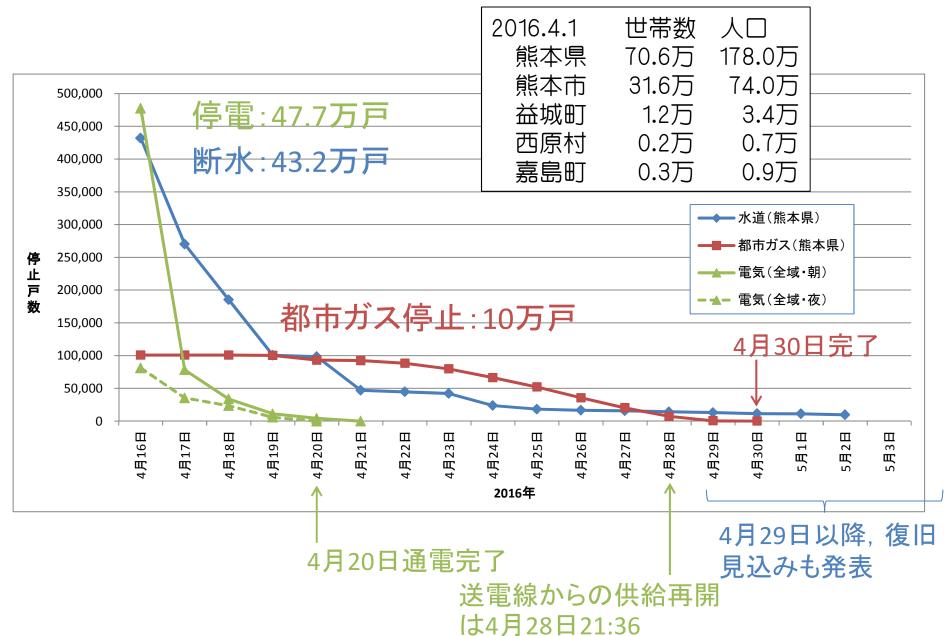
の震度曝露

1995:阪神・淡路大震災

2011:東日本大震災

2016:熊本地震

### 供給系ライフライン停止戸数の解消過程



7

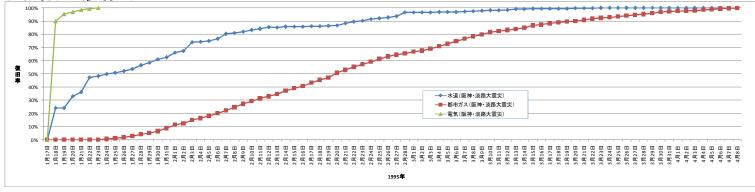
### 供給系ライフラインの復旧率の比較

■1995年阪神・淡路大震災

停電:260万戸

断水:126万戸

ガス停止:86万戸

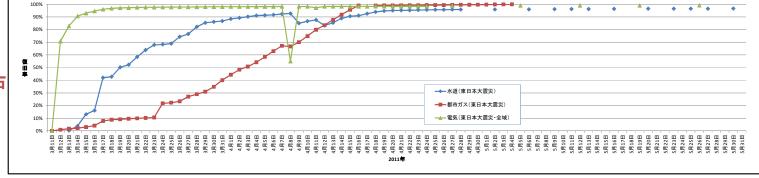


■2011年東日本大震災

停電:891万戸

断水:220万戸

ガス停止:46万戸

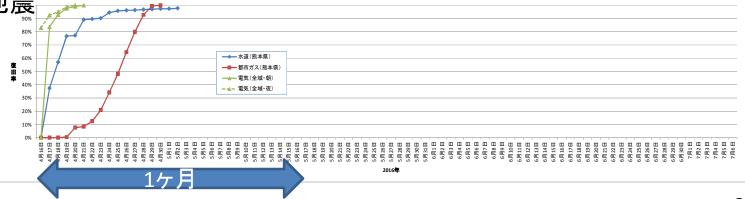


■2016年熊本地震

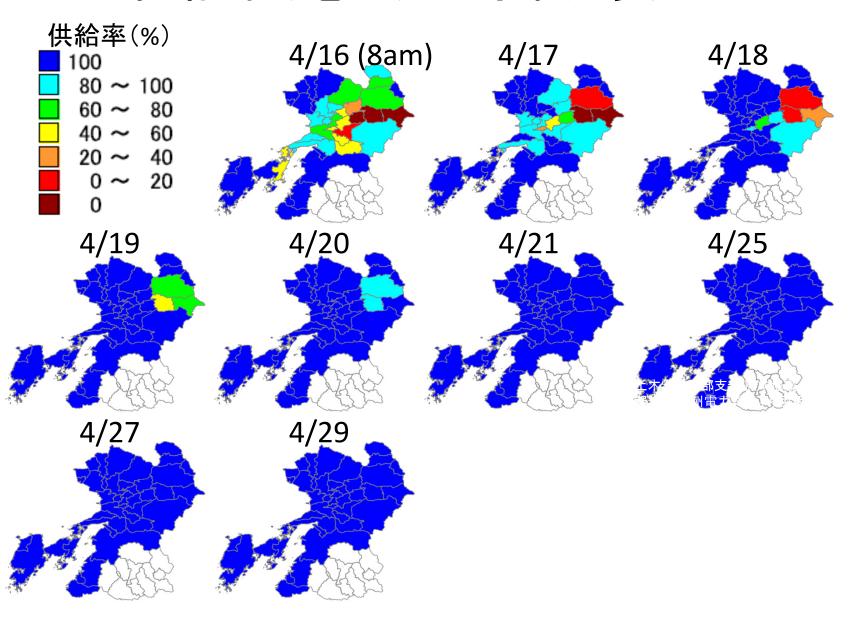
停電:48万戸

断水:43万戸

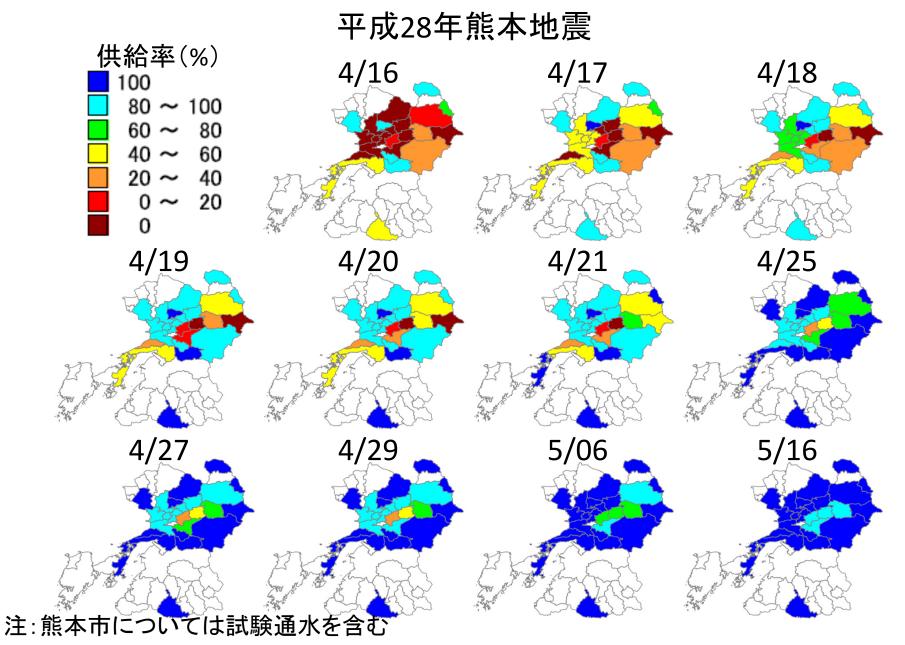
ガス停止:10万戸



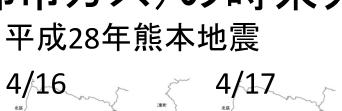
### 供給率(電力)の時系列変化

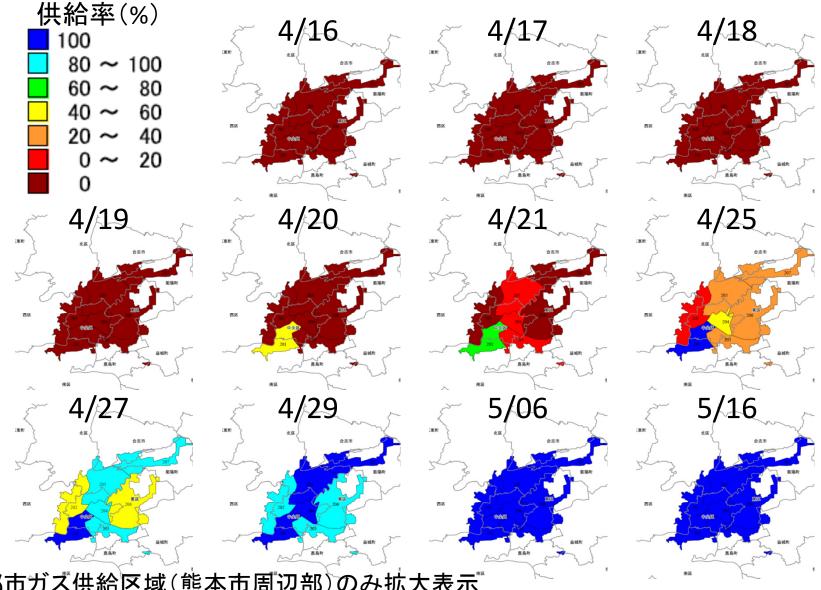


### 供給率(水道)の時系列変化



### 供給率(都市ガス)の時系列変化





注:都市ガズ供給区域(熊本市周辺部)のみ拡大表示

ロ 全体像をおさえる : 能島委員

ロ 詳細分析の段階

- 上水道 : 宮島委員 • 丸山幹事長

- 下水道 : 永田副委員長•庄司委員長

- 電力 : 朱牟田委員

- 都市ガス : 丸山幹事長・猪股委員

- 通信 : 若竹委員

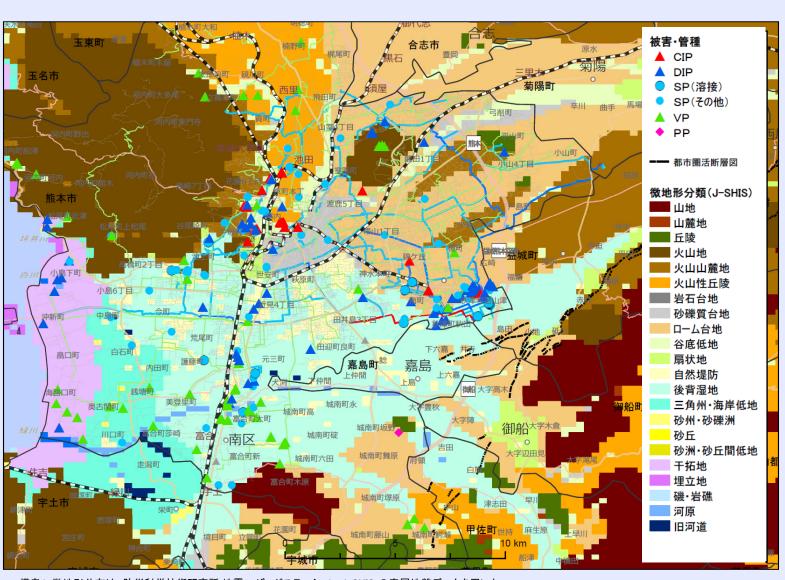
□ 減災対策につなげる - 被害把握・センシング・災害情報/対応

- 道路インフラ : 片岡副委員長

- 航空写真 : 鈴木副委員長

- 震後モニタリング : 長山幹事

# 微地形分布と管路被害地点



備考1:微地形分布は、防災科学技術研究所 地震ハザードステーション J-SHIS の表層地盤データを用いた。

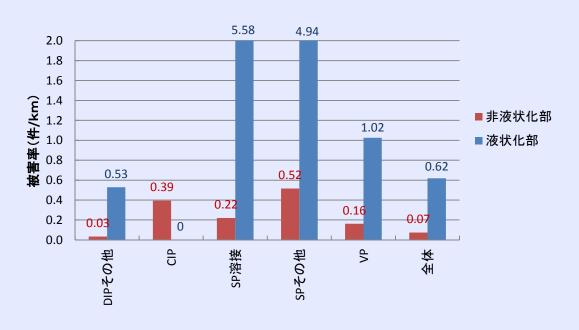
備考2: 断層位置は、国土地理院都市圏活断層図の断層位置を転記した。

# 液状化範囲内の管路延長と被害薬

#### 表. 液状化ポリゴン内の管路延長と被害率

管種	DIP耐震	DIPその他	CIP	SP	SPその他	VP	PE	PP	SUS	その他	計
管路延長(km)	5.3	15.1	1.1	0.5	0.6	3.0	0.5	0.1	0.0	1.2	27.5
被害件数(件)		8		3	3	3					17
被害率(件/km)*	0.00	0.53	0.00	5.58	4.94	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62

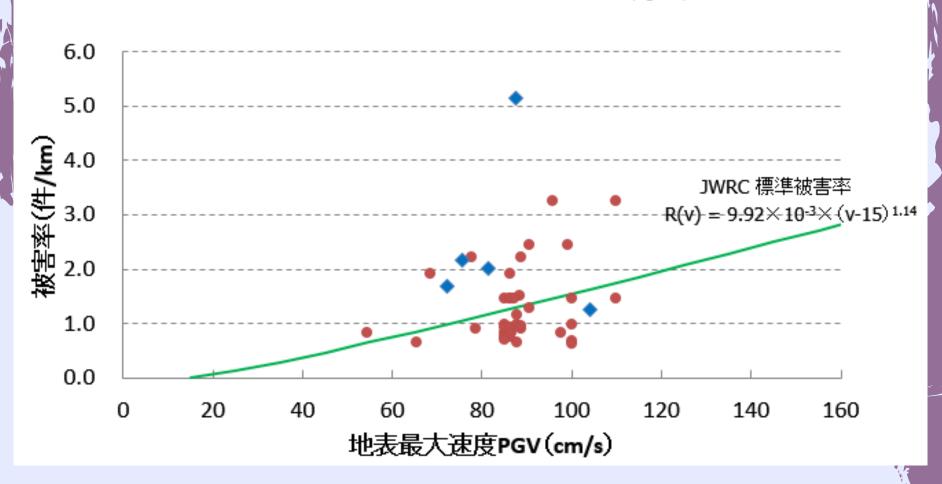
※ 管路延長が短いため被害率は参考値として算出した。



液状化部の管路全体の被害率は非液状化部の約10倍

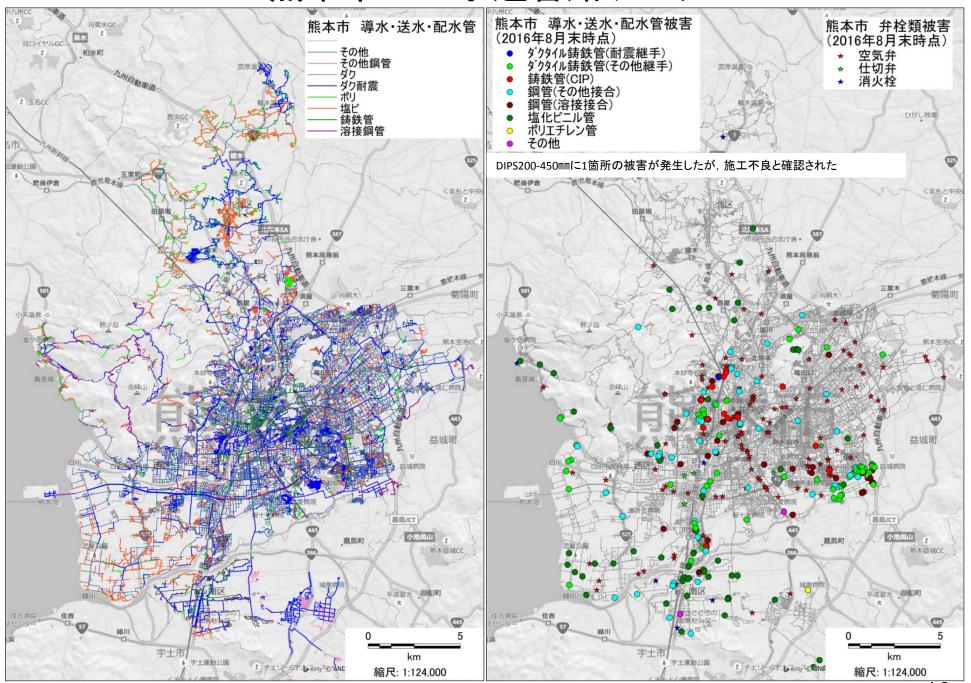
### 標準被害率と熊本地震の比較(メッシュ単位)

- JWRC H22分析(兵庫県,新潟県,被害発生メッシュ,Cg=1.0,延長1km以上)
- ◆ H28熊本市 DIP-A 100-150(被害発生メッシュ,Cg=1.0,延長制限なし)

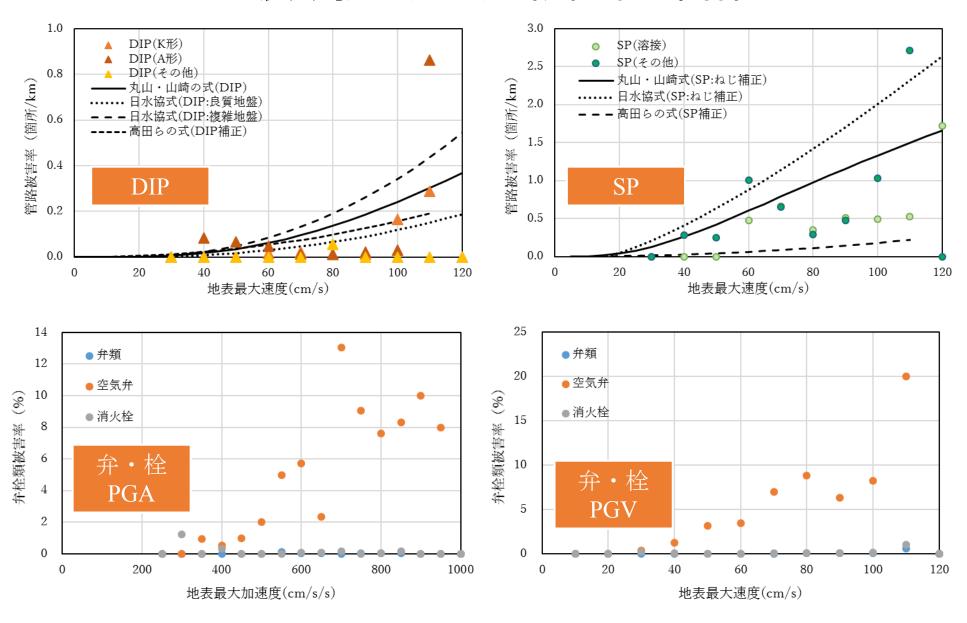


#### 熊本市の上水道管路データ

#### 熊本市上下水道局提供



#### 地震動強さ(PGV)と被害率の関係



□ 全体像をおさえる :能島委員

ロ 詳細分析の段階

- 上水道 : 宮島委員・丸山幹事長

- 下水道 : 永田副委員長•庄司委員長

- 電力 : 朱牟田委員

- 都市ガス : 丸山幹事長・猪股委員

- 通信 : 若竹委員

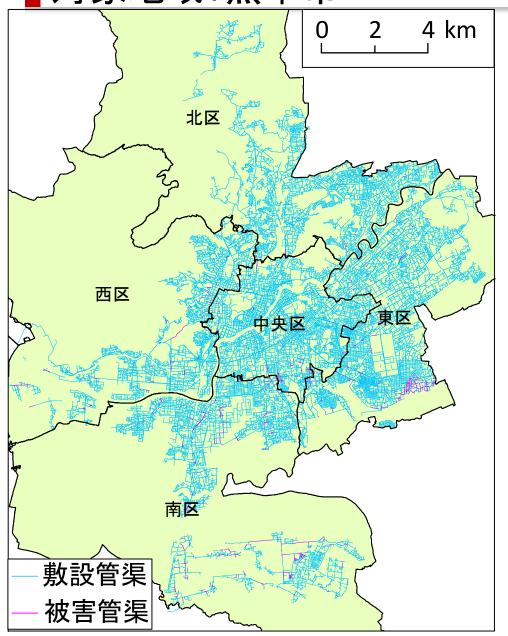
□ 減災対策につなげる - 被害把握・センシング・災害情報/対応

- 道路インフラ : 片岡副委員長

- 航空写真 : 鈴木副委員長

- 震後モニタリング : 長山幹事

### 対象地域:熊本市



#### 対象地域における下水道被害

総敷設延長 L = 2,422.3 km

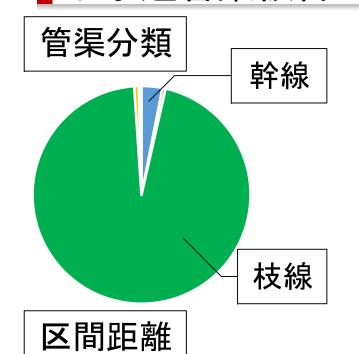
総被害延長 $L_d$  = 52.7 km

#### 被害率の定義

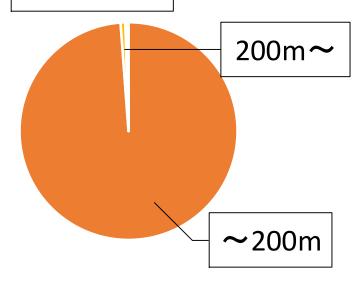
被害率
$$R_{\rho}$$
=  $\frac{被害延長 L_{d}}{$ 數設延長  $L$ 

→被害率*R<sub>p</sub>*=0.0217

### 下水道管渠被害



管渠分類	敷設延長 [km]	被害延長 [km]	被害率 $R_{\rho}$
	[KIII]	[KIII]	
枝線	2,310	45.2	0.0196
幹線	74.35	7.2	0.0963
枝線(圧送管)	16.63	0.0	0.0000
幹線(圧送管)	11.72	0.2	0.0204
その他	9.478	0.1	0.0086



区間距離[m]	敷設延長 [km]	被害延長 [km]	被害率Rp
0-200	2,390	50.2	0.0210
200-400	17.4	1.2	0.0666
400-600	6.55	0.4	0.0565
600-800	1.98	0	0.0000
800-1000	2.64	0.9	0.3475

### 下水道管渠被害

#### 管種

- •VU管の被害率がやや高い
- DCIP管は被害なし

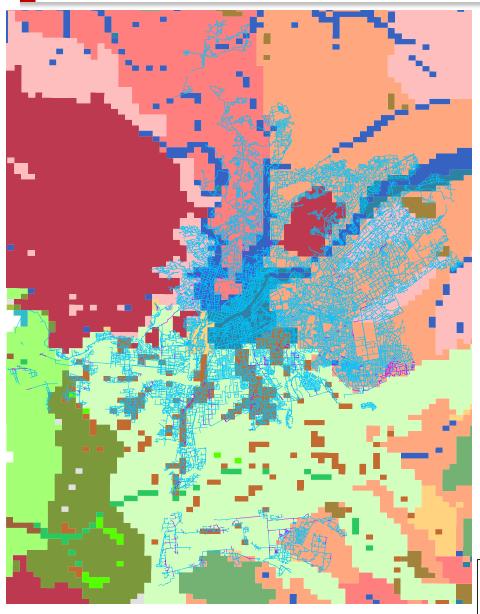
管種	敷設延長 [km]	被害延長 [km]	被害率R <sub>p</sub>
VU	662.6	16.1	0.0243
HP	306.5	6.0	0.0196
VP	71.74	1.1	0.0154
PE	11.43	0.2	0.0210
DCIP	10.09	0.0	0.0000

口径

•口径大で被害率大

口径	敷設延長 [km]	被害延長 [km]	被害率R <sub>p</sub>
ф≦300	920.0	17.3	0.0188
300<φ≦1000	140.3	4.9	0.0349
φ≧1000	30.5	1.0	0.0313

### 下水道管渠被害



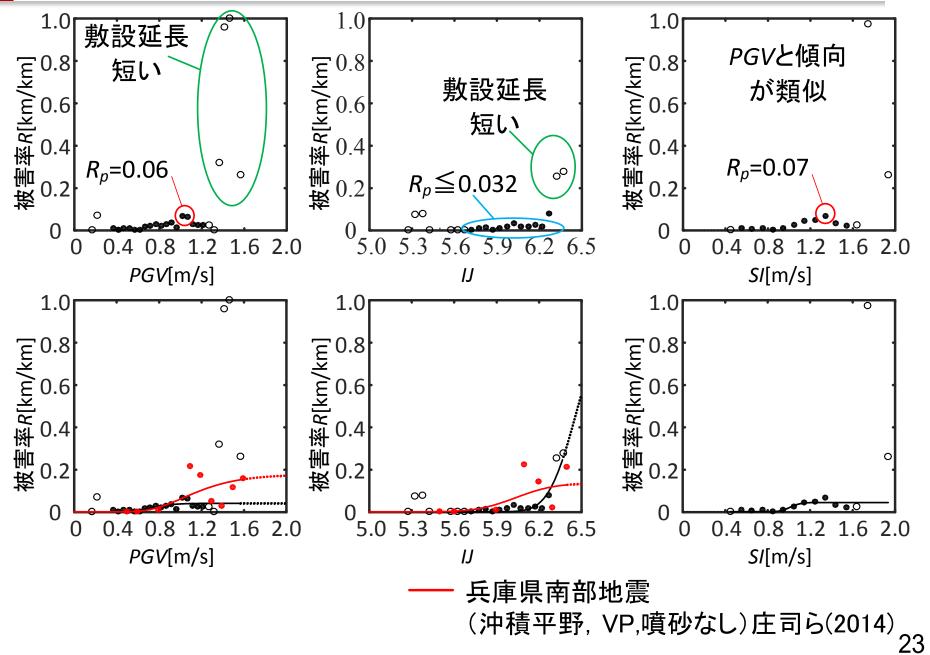
#### 微地形区分

微地形区分	敷設延長 [km]	被害延長 [km]	被害率Rp
ローム台地	839	14.6	0.0173
後背湿地	507	23.8	0.0469
自然堤防	231	6.8	0.0294
砂礫質台地	197	0.3	0.0013
火山山麓地	196	1.4	0.0073
火山性丘陵	196	0.6	0.0031
谷底低地	141	2.4	0.0171
火山地	43.0	0.3	0.0077
扇状地	40.3	0.3	0.0064
干拓地	18.0	1.6	0.0884
三角州・海岸低地	5.23	0.0	0.0032
丘陵	2.81	0.0	0.0000
旧河道	2.76	0.4	0.1555
山地	2.33	0.2	0.0787
埋立地	0.00	0.0	0.0000

敷設管渠 被害管渠

液状化被害の可能性

### 地震動強さと被害率の関係



□ 全体像をおさえる :能島委員

ロ 詳細分析の段階

- 上水道 : 宮島委員・丸山幹事長

- 下水道 : 永田副委員長•庄司委員長

- 電力 : 朱牟田委員

- 都市ガス : 丸山幹事長・猪股委員

- 通信 : 若竹委員

□ 減災対策につなげる - 被害把握・センシング・災害情報/対応

- 道路インフラ : 片岡副委員長

- 航空写真 : 鈴木副委員長

- 震後モニタリング : 長山幹事

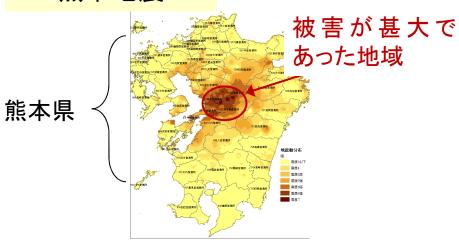
# 土木学会掲載用資料

#### 参考文献

- 1) 九州電力(株):電気設備被害の状況分析と地震対応の評価について,産業構造審議会保安分科会 電力安全小委員会,第9回電気設備自然災害等対策WG資料2,議事録,2016.
- 2) 朱牟田善治:電力流通設備の災害復旧一熊本地震での事例検討一,第7回インフラ・ライフライン 減災対策シンポジウム講演集,土木学会,pp. 194-199, 2016.
- 3) 東北電力株式会社:東日本大震災復旧記録, 2012.
- 4) 東京電力株式会社:東北地方太平洋沖地震に伴う電気設備の停電復旧記録, 2013.
- 5) 東日本大震災合同調査報告書編集委員会:東日本大震災合同調査報告, 土木編3, ライフライン施設の被害と復旧, 2014.

### 地震力の比較(熊本地震と東日本大震災)

#### 熊本地震



#### 直下型地震(内陸型地震)

影響範囲:局所的

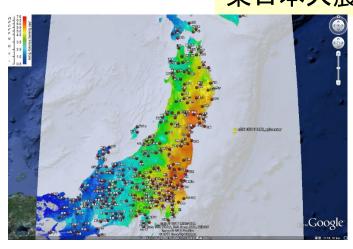
停電戸数:

九州電力47.6万戸

影響地域:1県

熊本県中心

#### 東日本大震災



海溝型地震(海洋型地震)

影響範囲:広域(供給支障を伴う余震多発)

停電戸数:

東京電力405万戸

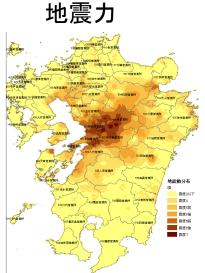
東北電力466万戸

影響地域:1都、13県

(東京電力)東京、神奈川、千葉、

埼玉、群馬、茨城、山梨、静岡

(東北電力)青森、岩手、秋田、宮城、山形、福島



地震概要

発生日時:平成28年4月14日 21時26分

震央地名:熊本県熊本地方(北緯32.7

度、東経130.8度) 震源の深さ:約10km

規模:マグニチュード6.5(暫定値)

最大震度:7熊本県益城町

発生日時: 平成28年4月16日 1時25分

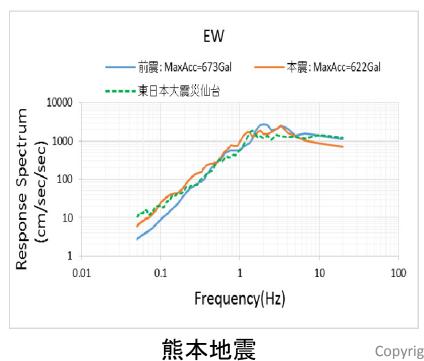
頃

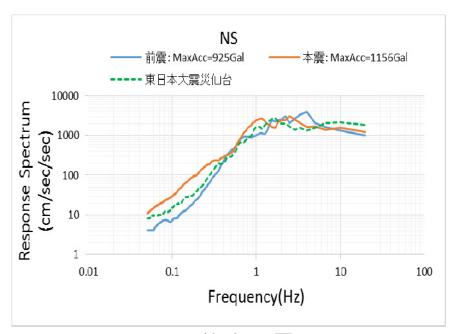
震央地名:熊本県熊本地方(北緯32.8

度、東経130.8度) 震源の深さ:約10km

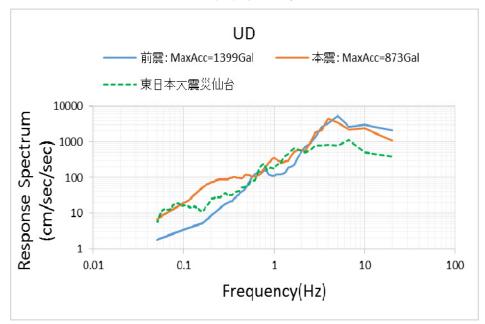
規模:マグニチュード7.3(暫定値) 最大震度:7熊本県西原村、益城町

#### 東日本大震災





#### 熊本地震



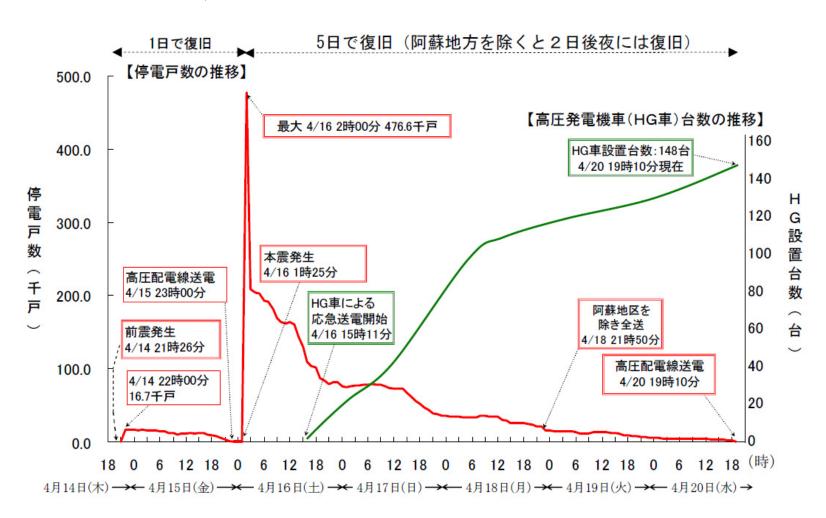
Copyright © CRIEPI 2015

熊本地震

#### 熊本地震による配電設備被害の比較2),3),4),5)

	地震		東日本大震災 (津波被害除く)	
	管轄エリア	九州電力	東北電力	東京電力
	総支持物数(本)	2,479,872	3,038,915	5,818,237
	総電線数(径間)	2,069,402	2,151,329	6,416,762
	総変圧器数(台)	1,001,284	1,154,192	2,147,289
	倒壊・折損 (供給支障あり)	35	56	4
支持物	流出(供給支障あり)	56		
	傾斜・沈下・ひび割れ (供給支障なし)	3060	8469	14,576
電線	断線(供給支障あり)	322	86	36
	混線(供給支障なし)	542	1370	102
変圧器	ブッシング等破損 (供給あり)	316	507	6
	傾斜(供給支障なし)	1119	3381	509

# 熊本地震の停電戸数の推移り



ロ 全体像をおさえる :能島委員

ロ 詳細分析の段階

- 上水道 : 宮島委員・丸山幹事長

- 下水道 : 永田副委員長•庄司委員長

- 電力 : 朱牟田委員

- 都市ガス : 丸山幹事長・猪股委員

- 通信 : 若竹委員

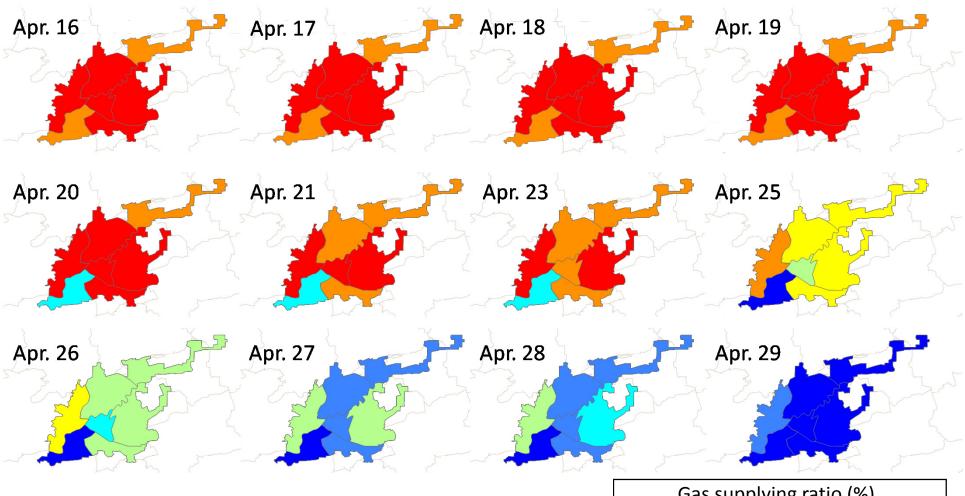
□ 減災対策につなげる - 被害把握・センシング・災害情報/対応

- 道路インフラ : 片岡副委員長

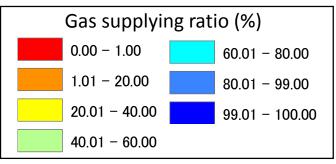
- 航空写真 : 鈴木副委員長

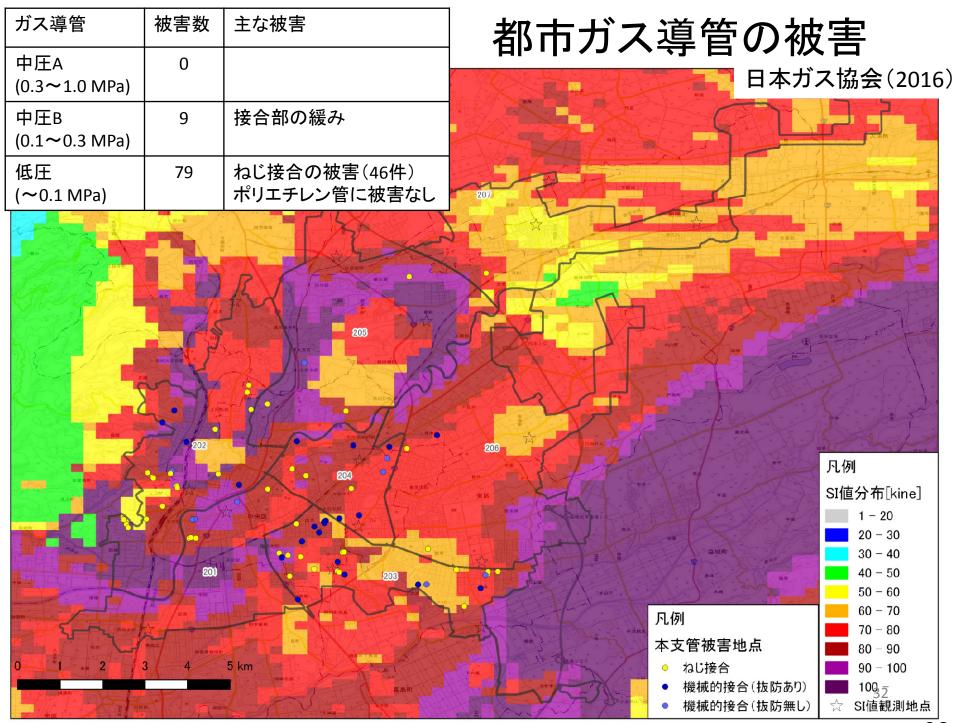
- 震後モニタリング : 長山幹事

### 熊本地震後の都市ガス供給率の推移



The number of disrupted households decreased rapidly after Apr. 23, and the gas supply was totally recovered on April 30.





ロ 全体像をおさえる : 能島委員

ロ 詳細分析の段階

- 上水道 : 宮島委員・丸山幹事長

- 下水道 : 永田副委員長•庄司委員長

- 電力 : 朱牟田委員

- 都市ガス : 丸山幹事長・猪股委員

- 通信 : 若竹委員

□ 減災対策につなげる - 被害把握・センシング・災害情報/対応

- 道路インフラ : 片岡副委員長

- 航空写真 : 鈴木副委員長

- 震後モニタリング : 長山幹事

# 通信設備(土木設備)の代表的な被害事例









# NTTの土木設備被害の概要

管路やマンホールを中心に土木設備の被害が発生。 通信ケーブルに影響しない軽微な被害が大半。

設備区分	被害状況			
地工签项	303箇所	鋼管ねじ継手 : 171箇 所		
地下管路	(同一区間は重複して集計)	ビニル管接着 : 90箇所		
		その他 : 42箇所		
		ダクト部:365箇所		
	856箇所 (同一MHは重複して集計)	首部 : 259箇 所		
マンホール		側壁 : 117箇 所		
		その他 : 115箇 所		
橋梁区間	41箇所			
参考:	熊本市街 : 3区間(NTT西日本HPより[1])			
中継ケーブル区間の被害	阿蘇エリア : 6区間(NTT西日本HPより[1])			

[1]: https://www.ntt-west.co.jp/universal/torikumi/torikumi08-05.html

ロ 全体像をおさえる : 能島委員

ロ 詳細分析の段階

- 上水道 : 宮島委員・丸山幹事長

- 下水道 : 永田副委員長•庄司委員長

- 電力 : 朱牟田委員

- 都市ガス : 丸山幹事長・猪股委員

- 通信 : 若竹委員

□ 減災対策につなげる - 被害把握・センシング・災害情報/対応

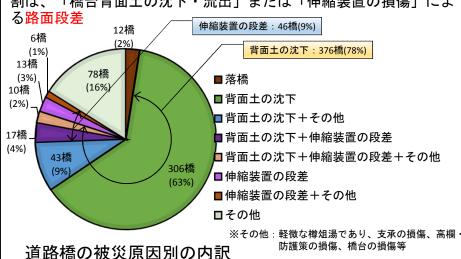
- 道路インフラ : 片岡副委員長

- 航空写真 : 鈴木副委員長

- 震後モニタリング : 長山幹事

### ◆道路橋被災状況把握システム

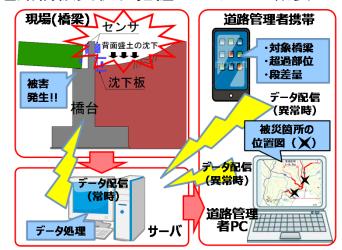
東北地方太平洋沖地震により道路橋に通行障害が生じた要因の約8 割は、「橋台背面土の沈下・流出」または「伸縮装置の損傷」によ る路面段差 伸縮装置の段差:46橋(9%) 12橋



大規模地震後に緊急輸送道路の早急な交通確保のための迅 速かつ効率的な道路啓開を可能にするための対策として、 地震後の道路橋の早急な被災状況把握が重要

- ・東北地方太平洋沖地震での道路橋の被災状況の分析を基 に、地震後の道路橋の被災状況把握手法を検討
- ・ 平成25年度までに計測装置の試作や構造物に応じた計 測手法の検討を実施。計測技術に関するフィールド実験 や長期観測を通じ、その具体的な仕様及び手法を検討
- ・ 平成26年度より実橋に計測装置を設置。試験観測を行 うとともに取得データを分析し、計測技術の信頼性を検 証

#### 道路橋被災状況把握システムの概要



#### 試験フィールド設置状況写真











### ◆熊本地震の被害と対応

・熊本地震による道路橋被害は、東北地方太平洋沖地 震とは異なる傾向。本システムでは把握できない被 害も多く発生。

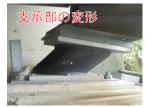
		主な被害	被災把握の可否
1	(土	落 橋 :砂災害によるものも含	?(不明)
2		橋台背面土被災	〇(可能)
3	部材	桁のずれ	?(不明)
4		支承部の変状	×(不可)
<b>(5)</b>		橋台の損傷等	× (不可)
6		橋脚の損傷等	×(不可)
7		ダンパー取付部の破損	×(不可)
8		ケーブルの損傷	×(不可)

対応方針を決定し実橋に新たな計測装置を設置 → 本格運用を目指し、計測技術の信頼性を検証中

	対応方針
1	ウェブカメラなどのモニタリング技術との併用
2	
3	_
4	ウェブカメラなどのモニタリング技術との併用
<b>⑤</b>	傾斜計、振動センサー
6	傾斜計、振動センサー
7	ウェブカメラなどのモニタリング技術との併用
8	ウェブカメラなどのモニタリング技術との併用

#### 熊本地震における道路橋被災事例







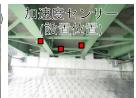




実橋への試験設置状況









道路技術小委員会の資料より引用 http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s204\_dourogijyutsu01.html

# 2016年熊本地震災害調査分析

ロ 全体像をおさえる : 能島委員

ロ 詳細分析の段階

- 上水道 : 宮島委員・丸山幹事長

- 下水道 : 永田副委員長•庄司委員長

- 電力 : 朱牟田委員

- 都市ガス : 丸山幹事長・猪股委員

- 通信 : 若竹委員

□ 減災対策につなげる - 被害把握・センシング・災害情報/対応

- 道路インフラ : 片岡副委員長

- 航空写真 : 鈴木副委員長

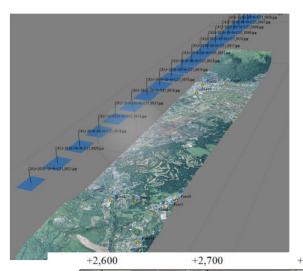
- 震後モニタリング : 長山幹事

- 災害対応システム: 沼田幹事

# 航空写真を用いたライフラインの被害分析

### 研究の目的

航空写真の高精度化,画像処理 ソフトの高度化を受けて,地表の 変状を効率よく定量化する技術 を確立する



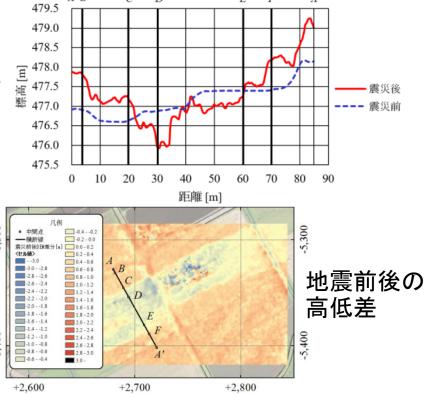
縦断線の標高

が判明

### 事例1 阿蘇市内の鉛直変状

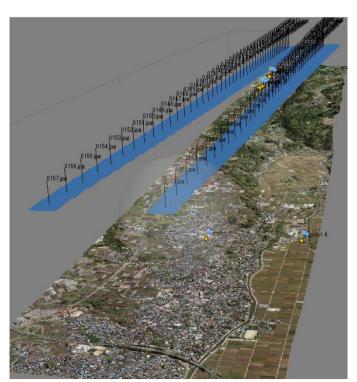
- ①撮影位置情報のある航空写真に地上の GCP座標を追加して、対象地域の地表の座標 を計算
- ②地理院の標高データ(旧座標)と比較
- ③全体に隆起した中で陥没が起きていること

Y[m]



# 事例2 益城町における 水平変状

- ①撮影位置情報のある航空写真に 地上のGCP座標を追加して、対象地 域の地表の座標を計算
- ②震災前の街区多角点の座標を用 いて震災前の座標を計算



航空写真



③震災後オルソフォト モザイクの水平位置 は標準偏差0.117 m の精度であることを確 認

④震災前後の写真に 写ったマンホール・マ スの移動量を計算 ⑤北西1m程度の移 動が判明



Y[m]

# 2016年熊本地震災害調査分析

ロ 全体像をおさえる : 能島委員

ロ 詳細分析の段階

- 上水道 : 宮島委員・丸山幹事長

- 下水道 : 永田副委員長•庄司委員長

- 電力 : 朱牟田委員

- 都市ガス : 丸山幹事長・猪股委員

- 通信 : 若竹委員

□ 減災対策につなげる - 被害把握・センシング・災害情報/対応

- 道路インフラ : 片岡副委員長

- 航空写真 : 鈴木副委員長

- 震後モニタリング : 長山幹事

- 災害対応システム: 沼田幹事

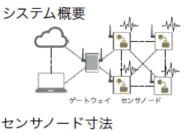
### 構造モニタリング 無線振動計測システム

#### 最大1kHzの同期サンプリング

ルーティングレスマルチホップによる高効率・頑健・大規模ネットワーク 震度 1 未満の微弱振動から巨大地震まで計測可能 単3電池二本で3日間の連続計測、1年間の無線トリガ待機

#### センサノード (防水)





アノート寸法 H D D W 7. D 12 H 5

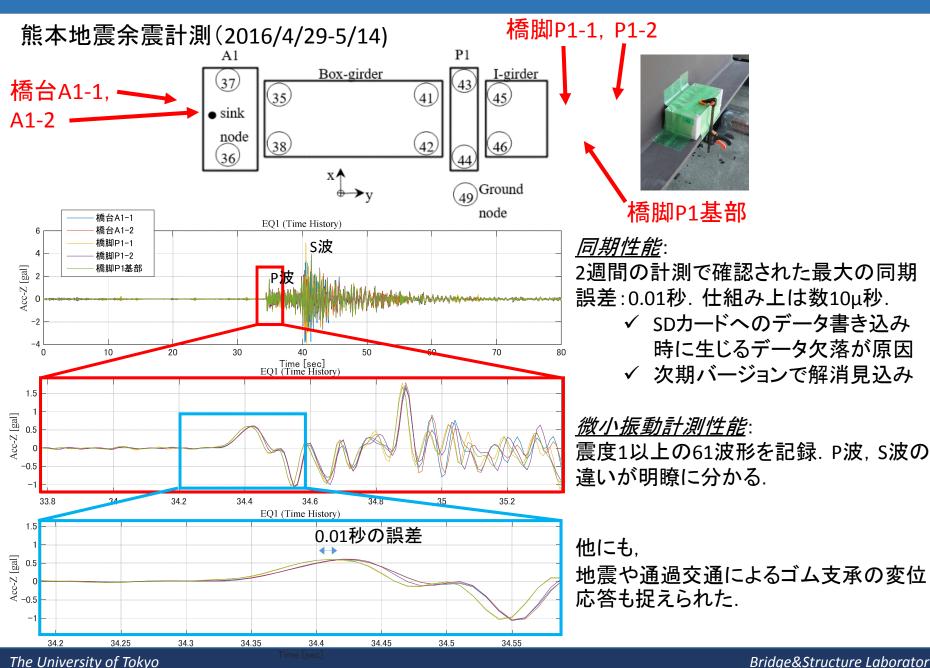
#### 製品ラインナップ

		Sign-Full	Sign-Light
		M-A351AU (EPSON)	ADXL355 ( Analog Devices )
使用センサ		(別売り)	
ノイズ		0.5μg/√Hz	25μg/√Hz
サンプリング周期		$\sim$ 1kHz	$\sim$ 1kHz
最大計測可能加速度		± 5G	±2G / ±4G / ±8G
	単3×2	連続計測 3日	連続計測 6ヶ月
バッテリ持続	(内蔵)	トリガ待機 1年	
ハックラが	単1×4	連続計測 2ヶ月	連続計測 6年
	(外付け)	トリガ待	機 20年

# 無線センサを利用した地震応答モニタリング

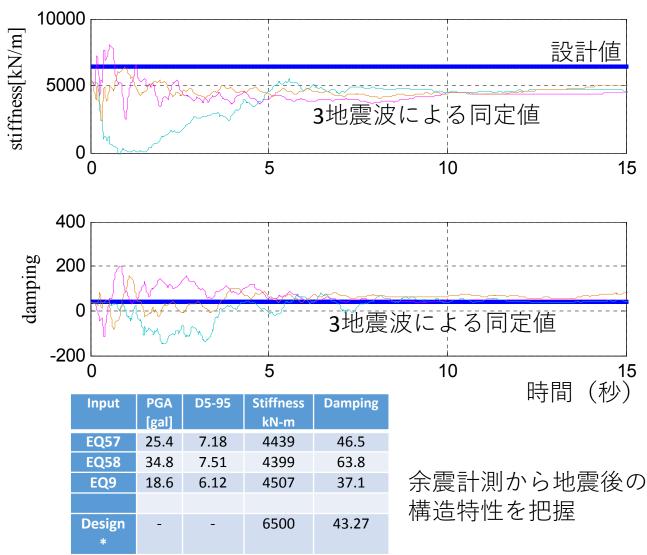
- ▶ 地震計に匹敵する高精度
- |• 乾電池駆動で2ヶ月連続計測
- ▶ 無線マルチホップ通信 1 km程度まで実績有

### 開発ノードを利用した熊本地震余震の観測



### 地震後のゴム支承剛性の同定

カルマンフィルタを利用してゴム支承上下の加速度応答から,ゴム支承の剛性・減衰を同定



The University of Tokyo

# 2016年熊本地震災害調査分析

ロ 全体像をおさえる : 能島委員

ロ 詳細分析の段階

- 上水道 : 宮島委員・丸山幹事長

- 下水道 : 永田副委員長•庄司委員長

- 電力 : 朱牟田委員

- 都市ガス : 丸山幹事長・猪股委員

- 通信 : 若竹委員

□ 減災対策につなげる - 被害把握・センシング・災害情報/対応

- 道路インフラ : 片岡副委員長

- 航空写真 : 鈴木副委員長

- 震後モニタリング : 長山幹事

- 災害対応システム : 沼田幹事

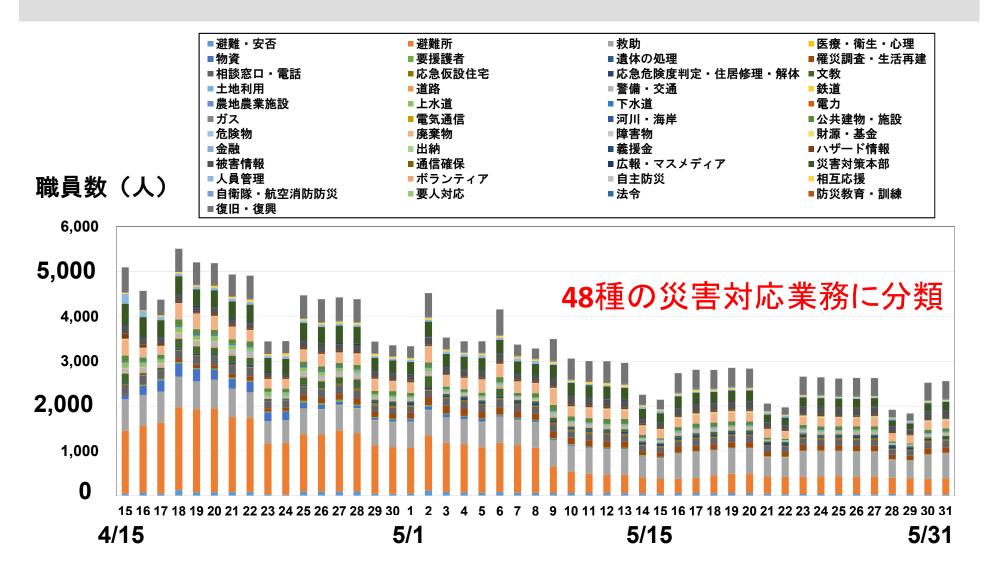
### 地方自治体の災害対応の現状

いつ,誰が,どこで,何をやっているのか? 災害対応の全体工程が不明



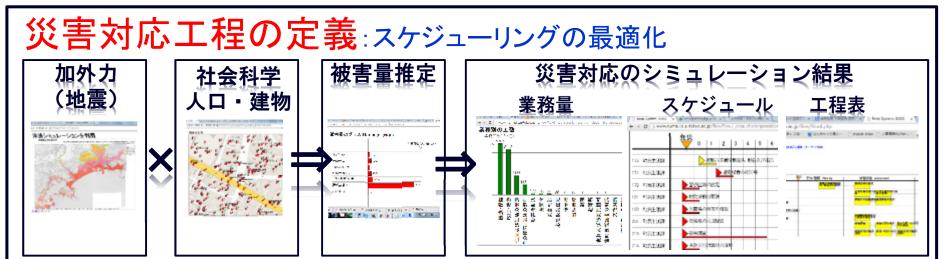
# 熊本県,熊本市,嘉島町,西原村を中心に調査

### 熊本市の災害対応業務の内訳



### 災害対応のシミュレーションとオペレーション

災害対応工程 × 情報 × 機能配置 ⇒ 効果的な災害対応



### 情報管理:最適な意思決定

- ■情報項目とプロセスの関係定義: ハザード情報,被害情報,対応情報
- ■情報収集システム: 避難所情報共有システムCOCOA
- ■情報収集端末:
  タブレット端末,PC,モニター



## H29年度活動計画:引き続き、熊本地震災害調査分析を中心として

- □ 研究内容 委員会3回程度 首都直下地震や南海トラフ巨大地震津波を主な検討対象として,
- (1) 東日本大震災後のライフライン施設に関わる減災対策技術の 最新動向調査(見学会等の企画)
- (2) 経年劣化するライフライン施設の脆弱性評価技術及び更新技術 の高度化(WG1)
- (3) ライフラインの被害把握及びレジリエンス向上に資する センシング情報技術の体系化(WG2)
- (4) コンパクトでスマートな都市再生に関与できるライフライン減災 対策技術のあり方(WG3)
- (5) 最新の研究成果に関するシンポジウムの開催, ASCE/旧TCLEE等との国際的な情報交換
  - 第8回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウムの開催 第8回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム講演集の発刊
  - → 2007年新潟県中越沖地震10年を踏まえ, 新潟県内での開催を計画中