#### 大阪府北部の地震における ライフラインの被害

#### 神戸大学大学院工学研究科 鍬田泰子

大阪広域水道企業団、高槻市水道部、茨木市水道部、大阪ガス、関西電力、NTT西日本、NTTインフラネット様には、ヒアリングのご協力、情報提供を頂きました。ここにお礼申し上げます。

## ライフラインの被害状況

|         | 被害•機能損傷                        | 復旧                     |
|---------|--------------------------------|------------------------|
| 電力      | 大阪府·兵庫県内で最大約17<br>万戸が停電        | 当日3時間後には復旧             |
| 水道      | 大阪府高槻市・吹田市で断水。<br>近畿各地で漏水。約9万戸 | 翌日19日未明に復旧(ただし、数日濁水続く) |
| ガス      | 大阪ガス管内で約11万戸供給<br>停止           | 4日後の24日に復旧             |
| NTT     | 1万5000回線                       | 翌日19日復旧                |
| 新幹<br>線 | 山陽・東海道線で一時運休・運<br>転見合わせ        |                        |
| 飛行<br>機 | 日本航空・全日空で18日発着<br>予定の計74便が欠航   |                        |

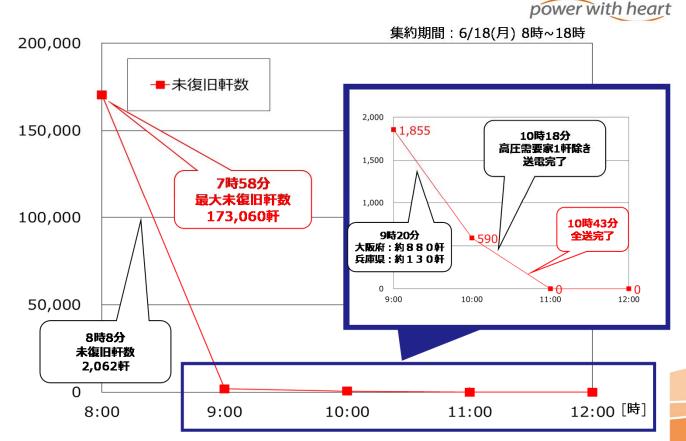
新聞記事より

### 電力の被害と復旧

□土木施設に甚大な被害はなし

停電軒数の推移(配電)

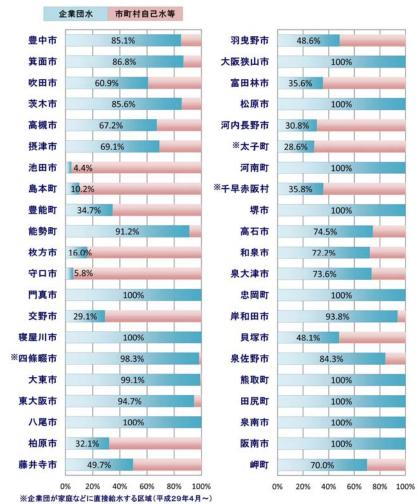
₩ 関西電力



(関西電力提供)

#### 大阪広域水道企業団と市町の水道

前身:大阪府水道部 平成23年4月から大阪広域水道企業団





(引用:大阪広域水道企業団HP)

#### 送水システム



【今回の被災エリア】

三島浄→受水

(引用:大阪広域水道企業団HP)

千里 昨水治 万博公園浄水施設 高板ポンプ場 村野浄水場

一津屋 取水場 庭屋浄水場 回信報ポンプ場

富田林ポンプ場

● 枚筒ポンプ語

## 企業団の送水管路被害

|       | 件数            | 完了件数         | 保留状態<br>(6/29時点) | (21日以降に<br>確認)     |
|-------|---------------|--------------|------------------|--------------------|
| 弁∙量水器 | 15<br>(上9/工6) | 9<br>(上7/工2) | 5<br>(上2/工3)     | 1<br>(工1)          |
| 配管    | 7<br>(上2/工6)  | 5<br>(上2/工3) |                  | 2<br>( <b>エ2</b> ) |
| 不明    | 2(上1/工1)      | 1(工1)        | 1(上1)            |                    |

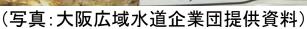
|                          | 上水       | 工業用水     |
|--------------------------|----------|----------|
| 延長                       | 113km    | 102km    |
| 管路の被害率<br>(被害件数/北部送水管延長) | 0.10件/km | 0.12件/km |

参考として、東日本大震災時の仙南・仙塩広域水道の送水管被害率0.10件/km、大崎広域水道の送水管被害率0.64件/km (ただし、空気弁の軽微な被害も含む)

### 上水DIP(AII)Ф900









## 上水・工水のDIP被害

吹田 工水DIP(A)Φ200 S42 (道路啓開まで35.5H) 箕面 上水DIP(B)Φ800 S40 (道路啓開まで54.5H)



豊中 工水DIP(AII)Φ400 S42 (道路啓開まで32H)

(写真:大阪広域水道企業団提供資料)

### 枚方水管橋の空気弁被害

- □竣工S39
- 10支間ランガー橋(Φ1200の2条)
- □ 5拡幹線の2箇所/5空気弁に被害
- □4拡幹線は工事により地震時停止中
- □2箇所ともFC製空気弁箱の脆性的破壊
- □被害の無かった3つの空気弁は地震以

前に更新済。





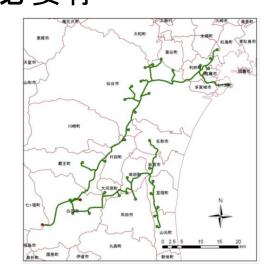
#### ダクタイル鋳鉄管の脆性的な破壊

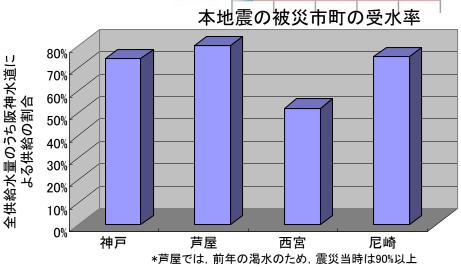
- □ 上水・工水の第4期拡張工事の幹線のみ損傷
  - 第4期拡張工事(S35-40)
  - 第5期拡張工事(S40-47)
- 鋳鉄管(FC)からダクタイル鋳鉄管(DIP)への過渡期 に建設されたDIP
  - S34(1959)協会仕様書 遠心力砂型/立型鋳鉄管 伸び3%
  - S49(1974)のJIS規格 球状黒鉛鋳鉄管 伸び5%以上
  - S57(1982)のJIS規格 ダクタイル鋳鉄管 伸び10%以上

|              | 1920 | 30 | 40  | 50  | 60 | 70 | 80 | 90 | 2000- |
|--------------|------|----|-----|-----|----|----|----|----|-------|
| JES 鋳鉄管      | S3   | _  | S12 |     |    |    |    |    |       |
| JES 高級鋳鉄管    | ;    | S9 |     | S29 |    |    |    |    |       |
| JIS 水道用立型鋳鉄管 |      |    | S   | 29  |    |    | S  | 58 |       |
| JIS ダクタイル鋳鉄管 |      |    |     |     | S4 | 9  |    |    |       |

#### 広域水道高依存の供給システムの課題

- □ 基幹管路は更新できず、バイパスしか 方策なし
- □ 単純な樹形構造のシステム的課題
- □ 広域水道に依存し、自己水源が僅か
  - (都市域で安定水源が少なく、用水供給を 開発してきた背景もある)
- □ 浄水池、配水池などで貯水機能を向上 させる必要有





阪神水道企業団からの受水率(兵庫県南部当時)

企業団水

豊中市

箕面市

吹田市

茨木市

高槻市

摂津市

池田市

島本町

市町村自己水等

85.1%

86.8%

85.6%

60.9%

67.2%

69.1%

4.4%

10.2%

仙南・仙塩広域 水道システム

### 今後の地震に向けて

- □企業団の「あんしん水道ライン」
- □ 第5拡以降のラインの確保と、浄水池やポンプ場の 耐震化で、分散的な貯水機能の向上
- □ 南海トラフ地震時の復旧目標 上水 1週間復旧 エ水 2週間復旧
- □ ただし、5拡ラインが漏水すれば、長期断水が必至。
- □ 送水管の布設と府道の整備を並行して行ってきたため、現時点では、幹線道路下での更新は難しく、 バイパス建設しか方策なし

#### 高槻市の水道の被害と対応

- □ 配水管 約1,000km(DIP大部分、VP(RR))
- □ 管路被害(20日時点)
  - 配水管 1件(水管橋 Φ300)
  - 配水管 空気弁 6件(Φ400-1100、道路3/水管橋3)
  - 給水管 7件(Φ20-50)
  - 不明 2件
- □ 18日10:00 日水協大阪府支部へ給水応援 府内11市町より 18日17台、19日27台 大冠配水池or水道部 ← → 小学校、上牧公園 1m³の仮設給水槽
- □ 20日朝復旧

#### 配水系統

□ 大冠浄水場系統 13.8万人 企業団水+自己水(深井戸30%) 上流に水管橋被害あるものの断水なし

□ 清水受水場系統 5.6万人 企業団水100% 配水池が空

□ 五領受水場系統 企業団からの直流+大冠からのプッシュ 断水なし

企業団から受水停止で18日19時より 給水制限、未明に送水再開

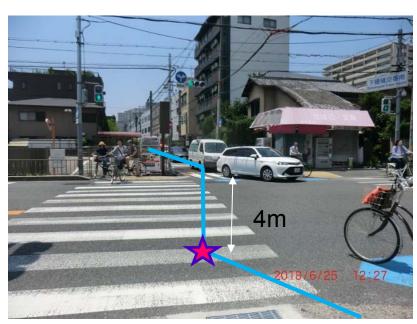


#### 茨木市の水道の被害と復旧

- □ 配水管 約800km
- □ 管路被害(25日時点)
  - 管路被害4件(SPΦ600の推進の屈曲部で漏水)
  - 空気弁9件 (旧型の空気弁の板パッキンで被害。対策としてフランジアダプターをつけている。現在はGF、RFを使用。それらに被害はなし。)

□断水なく、応援要請なし

被災した配水幹線については、復 旧できず閉栓し、他の耐震管の幹 線に載せ替えて供給。



#### 茨木市の配水系統

- □ 野々原・十日市(1万トン/日自己水あり)配水系統 企業団+自己水 断水しそうになる
- □ 群家・奈佐原→小野→彩都 断水しそうになる

→花園

□三島浄→万博→南春日

□ 企業団からの受水停止であったが、 翌日未明に送水再開

□朝一の地震であったため、受水槽は

ほぼ満水状態

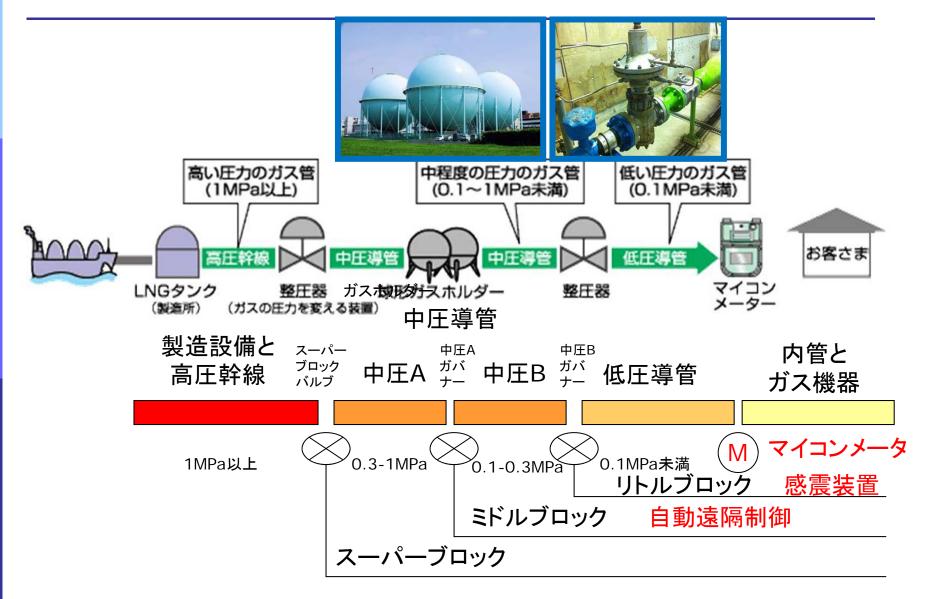


#### 水道の課題

- □管路継手の抜け被害は無い→地盤変状小
- □ ダクタイル管の脆性的な破壊のメカニズム 水柱分離か?地震動の整理、管の劣化状況、水理的な検 討が急務
  - 原因解明までは、初期ダクタイルを他のダクタイル管と差別化(耐震適合管→要注意・更新優先管路へ)
- □ 送水側と受水側との情報共有→市民に見える化
- □自治体レベルで配水池等でどの程度貯水機能に余

裕を持たせるのか、検討課題

#### 大阪ガスの供給システム



### ブロック化による供給停止

□ 約20ガバナルブロックLブロック内のガバナでSIセン

サーが60kineを感震

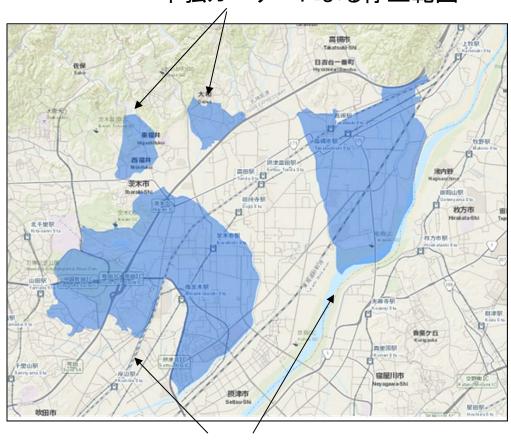
→ガバナ毎に自動遮断

□ 2-3地震計/Lブロック地震計で60kineを感震→ブロックで遠隔停止

約5万戸/Lブロック

#### 停止戸数 111,951戸

単独ガバナーによる停止範囲



L(リトル)ブロック

#### ガス復旧への兵站

- □ 大阪ガス関連2,400人 + 応援2,700人 →5,100人 (他ガス事業の他、関電も含む)
- □ 前線基地 8箇所 停止エリアの近隣の公園や駐車場を利用 応援隊の宿泊場所:大津(滋賀県)



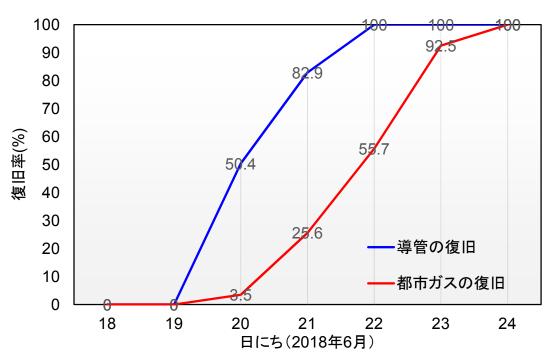




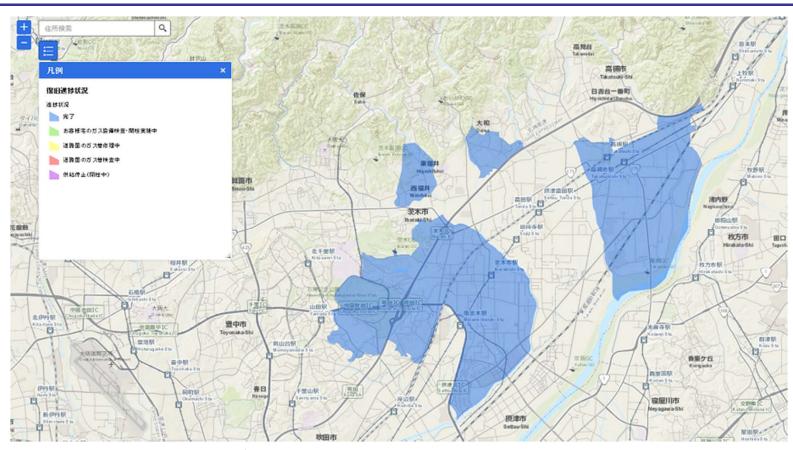
### 被害と復旧

- □ 中圧管以上には被害なし。低圧10箇所程度(暫定)
- □復旧方法
  - ■供給停止した顧客の閉栓
  - Lブロック内を複数のセクターに切り分け
  - ■管路被害の確認
  - ■顧客への開栓作業

|      | 大阪北部<br>(2018) | 兵庫県南部<br>(1995) |
|------|----------------|-----------------|
| 停止戸数 | 11.2万          | 85.7万           |
| 復旧日数 | 7日             | 85日             |
| 応援人数 | 5,100人         | 9,700人          |



### 大阪ガスの復旧見える化システム



- □ Webでマッピングを表示
- □ 1日2回更新
- □ 一定の回線数を準備していたが、アクセス数が集中し、途中で回線数を増やした。

#### 兵庫県南部地震以降の取り組み

□ ポリエチレン管の採用(1,200km→15,800km)







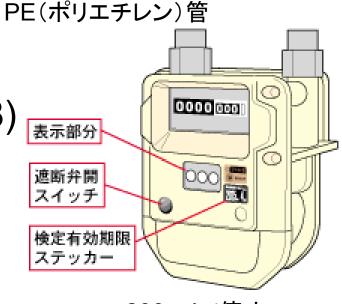
従来のガス管

□マイコンメータの普及

 $75\%(1995) \rightarrow 100\%(2018)$ 

□導管の耐震化率

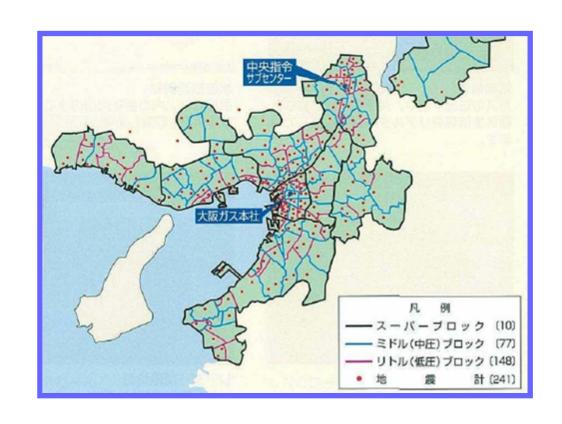
 $68\%(1995) \rightarrow 87\%(2018)$ 



200galで停止

#### 兵庫県南部地震以降の取り組み

- □ 導管網のブロック化55ブロック(1995)→164ブロック(2018)
- □ 地震計の設置箇所 34箇所(1995)→258箇所(2015)Lブロックに2-3台
- □ 供給停止範囲の 局所化



#### ガスの課題

- □ 60kine自動遮断の妥当性
  - 2007年新潟県中越沖地震以降、自動遮断ではなく事業 者判断で供給継続・遮断できるようになった。
- □ 2011年東日本大震災の古川ガスの事例
  - 大崎古川 震度6強 (地震計66cm/s、322gal)
  - ■被害 6箇所 中圧管 ガス漏洩 供給は継続 63箇所 低圧管 ガス漏洩
  - ポリエチレン管普及率約5割
  - ■事業者の判断で供給継続した
- □ 大阪ガスでは耐震化率も9割近く、マイコンメータも100%普及。日頃から地震計設置地点での地盤増幅について分析し、地域毎にきめ細やかな対応が求められる。



#### 通信の被害と復旧

□回線支障 1万5千回線 り障時間 1時間27分

過去の地震における通話規制時間

□基盤設備緊急点検

震度5強以上の地域の橋梁添架設備(479橋)、MH周辺 (4,957個)、とう道設備 (28.6km) →全設備以上無し

→宝設傭以上無し (NTTインフラネット情報提供)

|                 | 固定電話               | 携帯電話              |  |  |  |  |
|-----------------|--------------------|-------------------|--|--|--|--|
| 1995年<br>兵庫県南部  | 約1週間               |                   |  |  |  |  |
| 2004年<br>新潟県中越  | 約5時間(最大13.9<br>時間) | 約6時間(最大6.9<br>時間) |  |  |  |  |
|                 | 最大75%(NTT東日<br>本)  | 最大90%(au)         |  |  |  |  |
| 2007年           | 約4時間               | 約5時間              |  |  |  |  |
| 能登半島            | (NTT西日本)           | (NTTドコモ)          |  |  |  |  |
| 2007年<br>新潟県中越沖 | 約3時間               | 約12時間(KDDI)       |  |  |  |  |

- □ Web171 登録3,554件、閲覧17,359件
- □ 災害伝言ダイヤル 録音9,836件、再生13,497件

### 通勤困難•帰宅困難







(朝日新聞より)

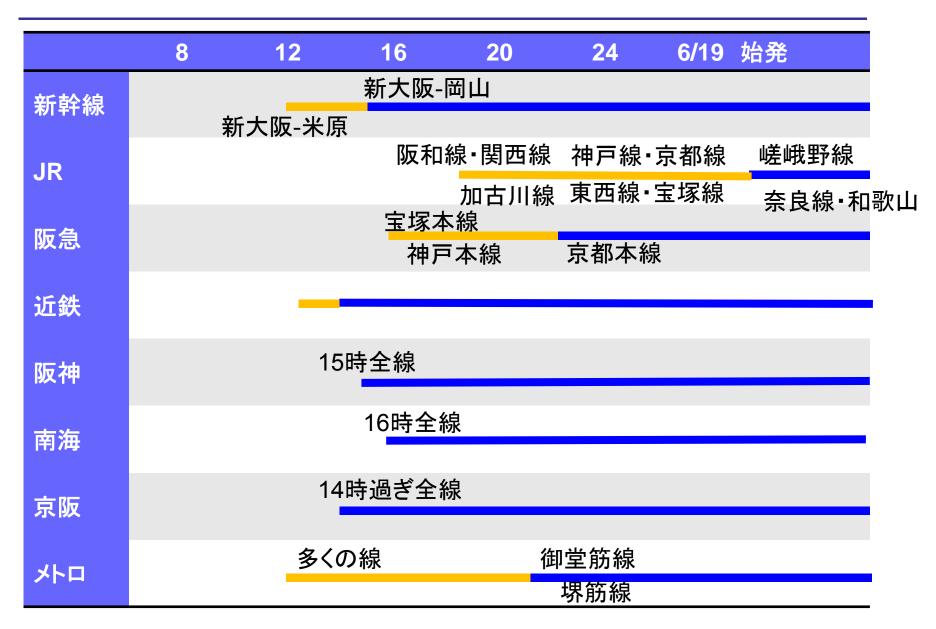
### 交通ライフラインへの影響



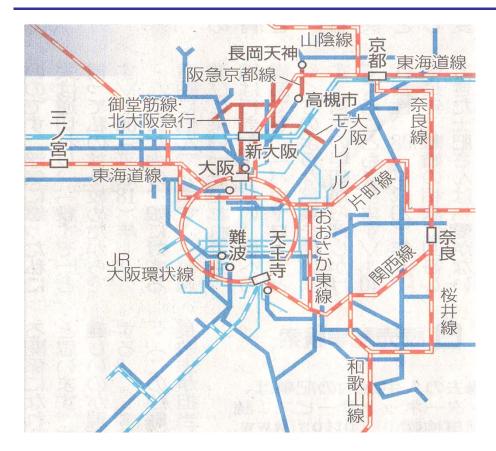


(朝日新聞より)

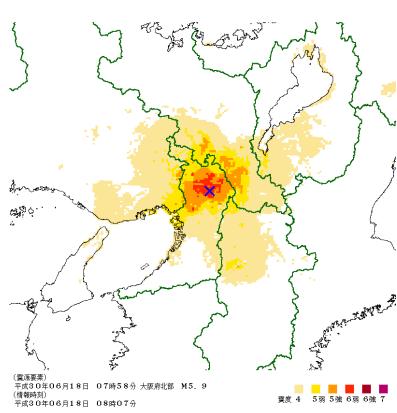
### 大阪周辺の運転再開状況



### 震度分布と影響範囲



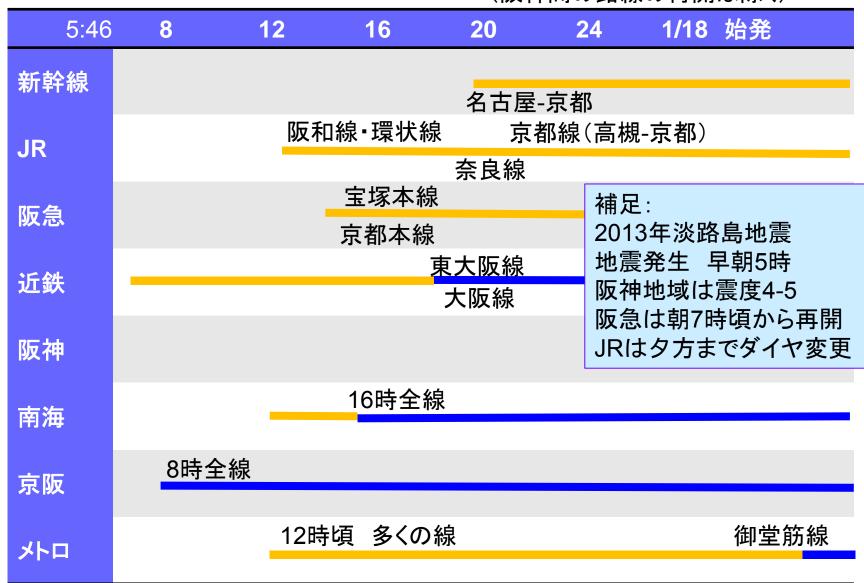
大阪北部地震の18日午後8時の停止 交通機関(新聞より)



大阪北部地震の震度マップ(気象庁)

### 大阪周辺の運転再開状況(兵庫県南部)

(阪神間の路線の再開は除く)



### 神戸大生への帰宅困難調査

謝辞:アンケートに協力していただいた教員・学生に感謝します。

- □神戸大学工学部学生を対象
- □ 実施期間:2018年7月27日から7月3日

六甲~神戸

41%

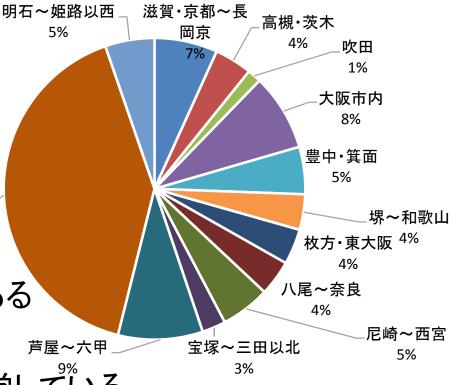
- □授業前後に配布回収
- □ 主に1,3年生 (2年生はギャップターム中)
- □回収回答数

N = 467

■ 回答者の半数は大学のある 六甲周辺

■ 自宅生も多く遠方から通学しでいる

回答者の自宅場所

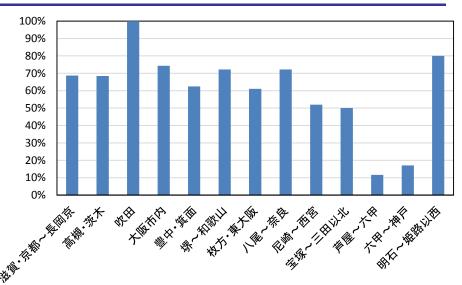


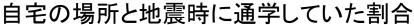
### 地震時の通学中学生の状況

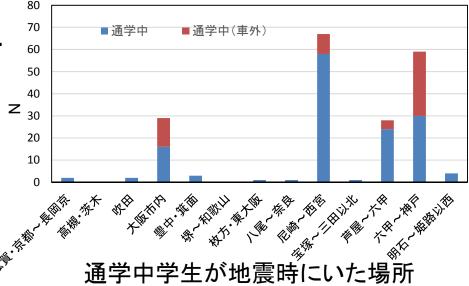
- □ 地震発生7:58
- □神戸大学の始業8:50

西宮より東、明石より西の学生はほとんどが通学時間。

大阪市内から神戸までに 学生が通学してきている 最中であった。

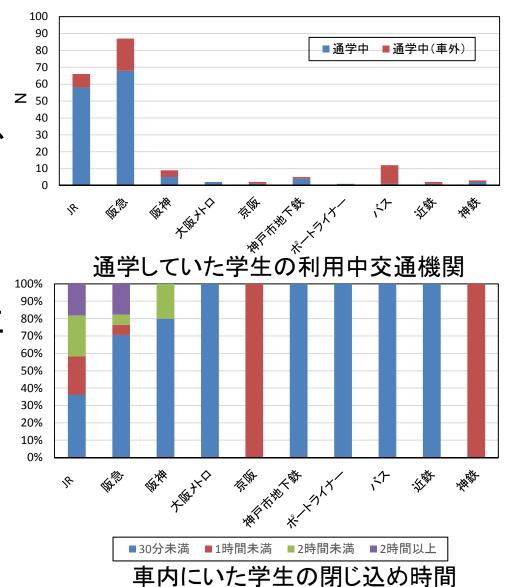






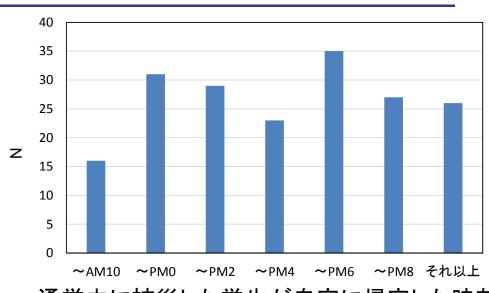
#### 地震時通学中学生の利用交通機関

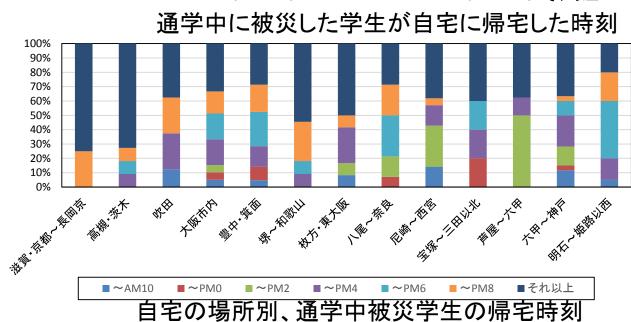
- □ 地震時車内にいた学生 N=145
  - ■内、94%はJRと阪急
- □ JRと阪急を除き、 その他の交通機関 は概ね30分以内に 車外に脱出
- □ 朝のラッシュ時に1 時間以上車内に閉 じ込められた学生 28%



#### 帰宅時間

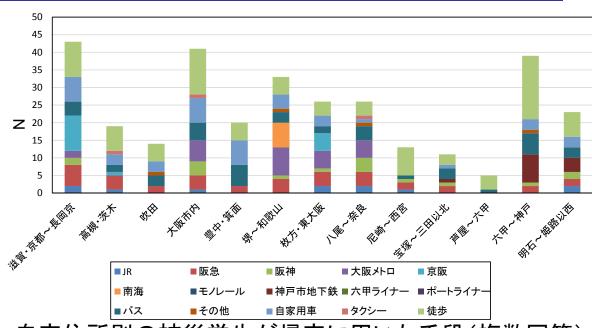
- □ 自宅が阪神間では、 半数程度は昼頃に は帰宅。
- □ 遠方では夕方以降に 帰宅。
- □ 地震から12時間以内に帰宅できなかったず生94/200=47%



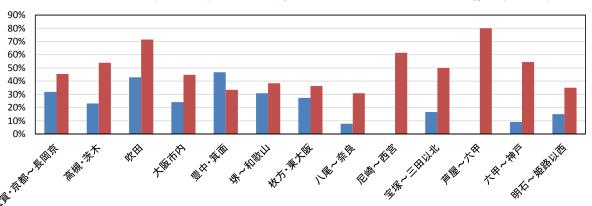


### 通学中に被災した学生の帰宅手段

- □JR利用が低い
- □ 京都方面 京阪が代替手段
- □ 姫路方面バスが代替手段
- □ 30-70%は徒歩 を手段に
- □ 遠方では20-40%が家族の車 で送迎
  - 二次的な交通渋滞



自宅住所別の被災学生が帰宅に用いた手段(複数回答)



自宅住所別の被災学生が自家用車or徒歩を手段とした比率

#### 大阪北部地震の課題

- □中規模地震の割に混乱した災害であった。
  - 送水管の被害:送水・受水事業体でのリスク管理
  - ガスの供給停止: 耐震化に見合った供給継続
  - 鉄道システム:駅間停車による乗客対応と運転再開の遅れ
- □ 南海トラフ巨大地震やさらに大きな直下地震に向けて
  - 阪神淡路や東日本の教訓は活かされているのか?
  - 被害が深刻で甚大なものになった場合に、直接的な被害だけでなく、復旧に相当時間がかかることも想定すべき
  - 大阪府・市の地震被害想定(H19)(冬夕方18時、早朝5時、 昼14時):都市災害では、今回のような通勤時も考慮すべき
  - 都市の交通機能(道路・鉄道)が麻痺した中で参集・災害対応できるのか?

# ご清聴ありがとうございました