

2018年6月18日大阪府北部の地震の調査報告会
土木学会 地震工学委員会
平成30年7月23日

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 鋤田泰子

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。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
新幹線	山陽・東海道線で一時運休・運転見合わせ	
飛行機	日本航空・全日空で18日発着予定の計74便が欠航	

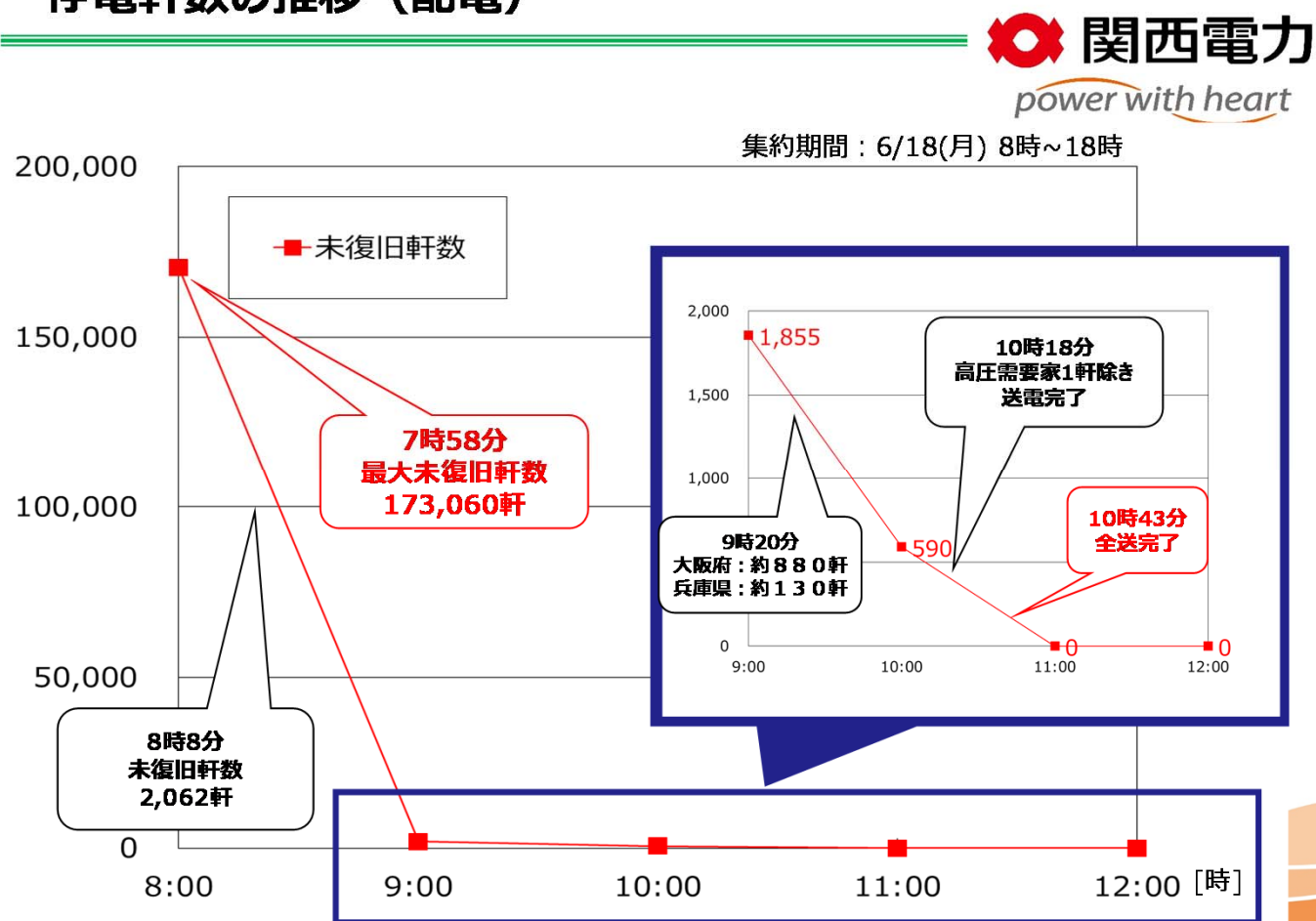
新聞記事より

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）

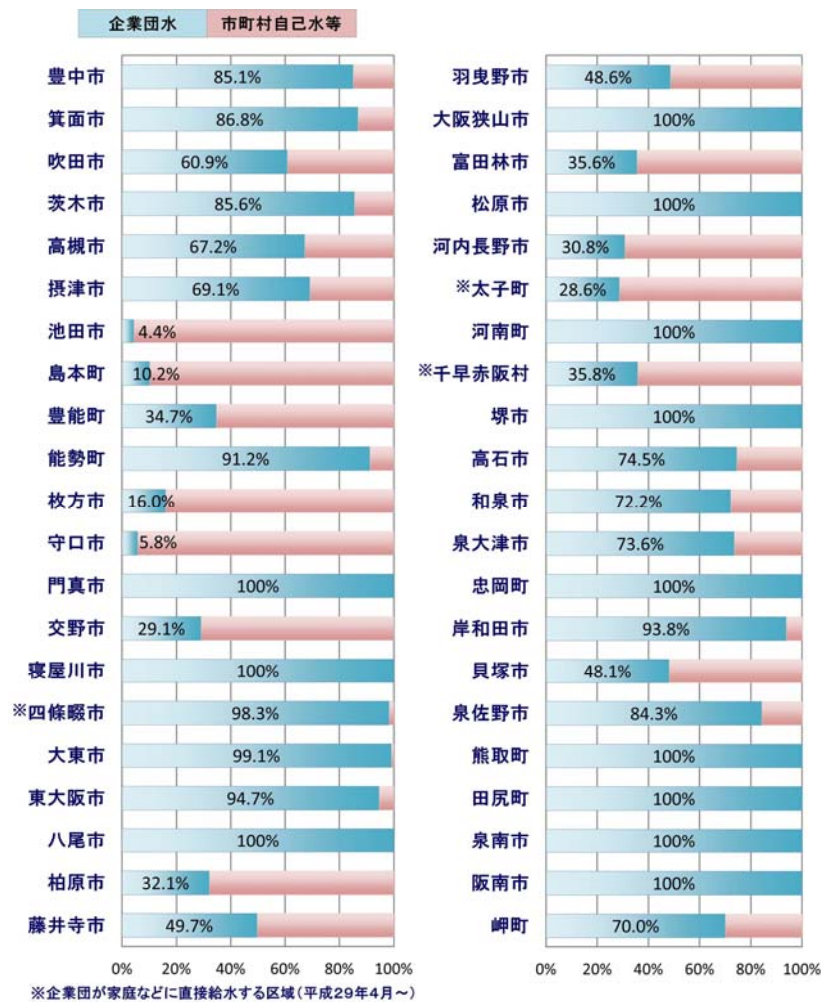
4



(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



32市9町1村への用水供給
導送水管^{琵琶湖}約570km



(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】

高槻市 村野浄→枚方大橋→受水
 茨木市 村野浄→枚方大橋→群家P→受水
 →高槻P→受水
 三島浄→受水



(引用:大阪広域水道企業団HP)

企業団の送水管路被害

	件数	完了件数	保留状態 (6/29時点)	(21日以降に 確認)
弁・量水器	15 (上9/工6)	9 (上7/工2)	5 (上2/工3)	1 (工1)
配管	7 (上2/工6)	5 (上2/工3)		2 (工2)
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 (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) $\Phi 900$



4 拡幹線。S38の敷設

隣接する管路は高槻市の $\Phi 500$ 幹線 被害無
18日11時 バルブ手動閉栓
1万6千 m^3 漏水(プール50杯分)



6/18 15時頃



6/19 3時頃



6m直管。流下方向に対して2-3時方向

(写真:大阪広域水道企業団提供資料)

上水・工水のDIP被害

吹田 工水DIP(A)Φ200 S42 (道路啓開まで35.5H)



吹田 工水DIP(A)Φ400 S41
(道路啓開まで22H)



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

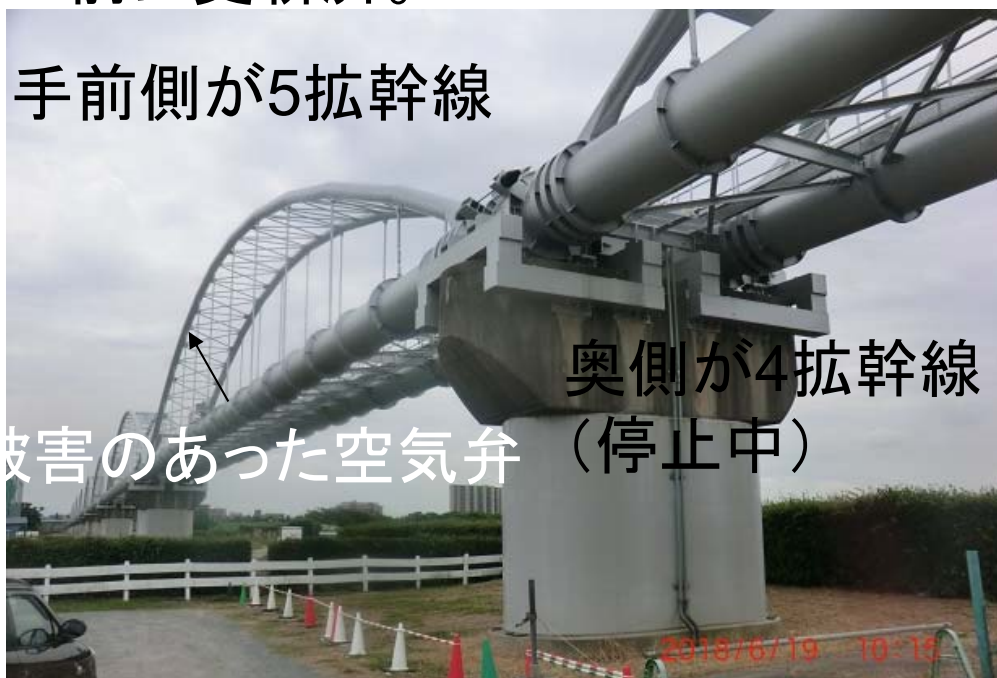
- 竣工S39
- 10支間ランガー橋(Φ1200の2条)
- 5拵幹線の2箇所/5空気弁に被害
- 4拵幹線は工事により地震時停止中
- 2箇所ともFC製空気弁箱の脆性的破壊
- 被害の無かった3つの空気弁は地震以前に更新済。



手前側が5拵幹線

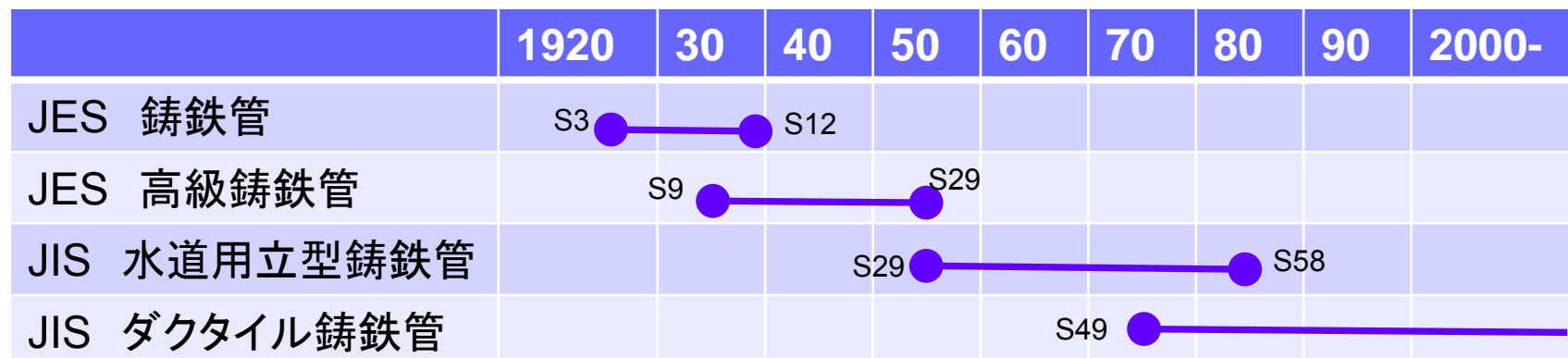
被害のあった空気弁

奥側が4拵幹線
(停止中)



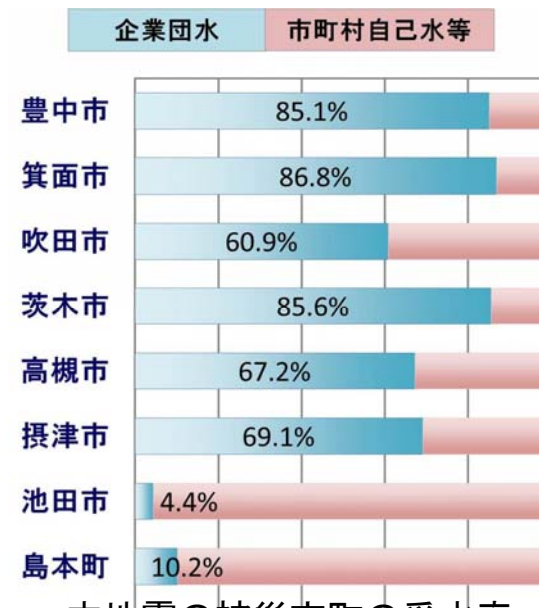
ダクティル鑄鉄管の脆性的な破壊

- 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)
- 鑄鉄管(FC)からダクティル鑄鉄管(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/立型鑄鉄管 伸び3%以上
 - S49(1974)のJIS規格 球状黒鉛鑄鉄管 伸び5%以上
 - S57(1982)のJIS規格 ダクティル鑄鉄管 伸び10%以上

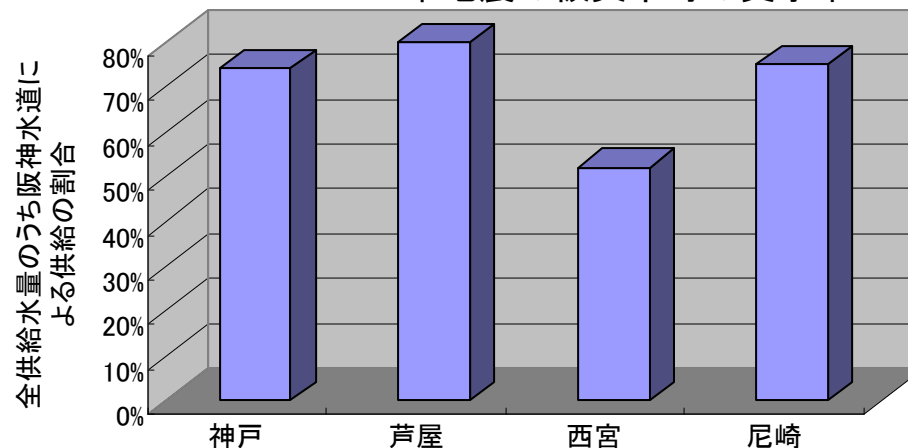


広域水道高依存の供給システムの課題

- ❑ 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の課題
- ❑ 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



本地震の被災市町の受水率



*芦屋では、前年の渇水のため、震災当時は90%以上
阪神水道企業団からの受水率(兵庫県南部当時)

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
工水 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

□ 奈佐原受水場系統

企業団水100% 受水池は空にならず

□ 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

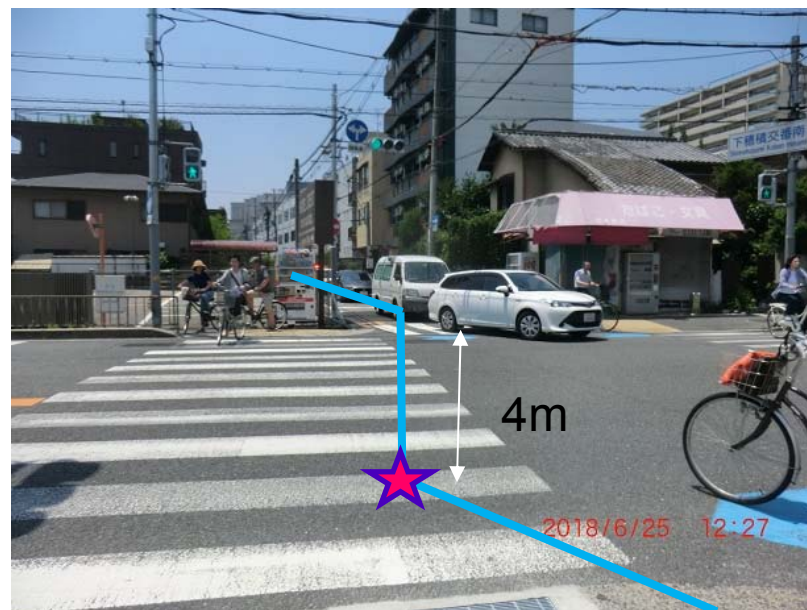
企業団から受水停止で18日19時より
給水制限、未明に送水再開



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

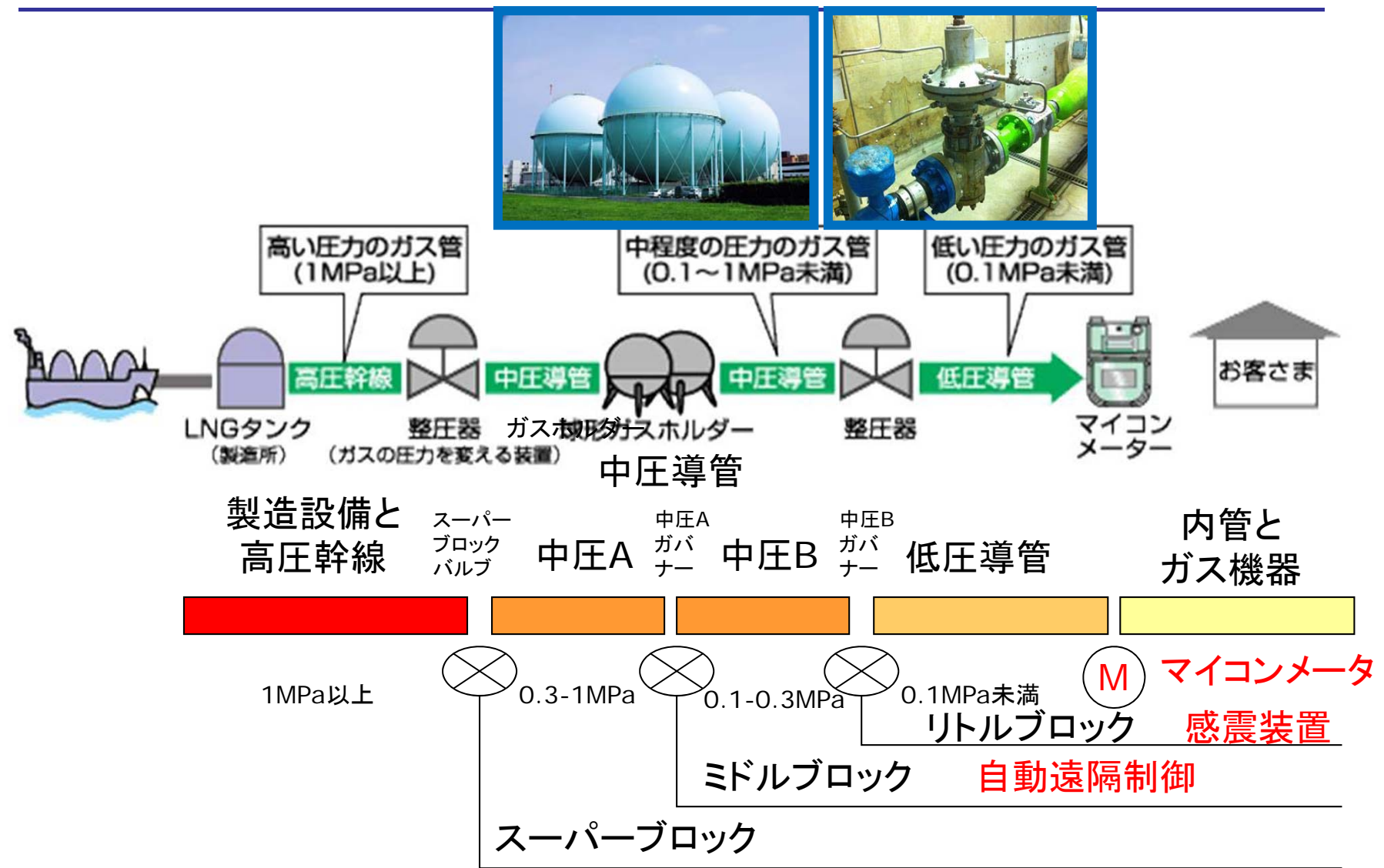


水道の課題

- 管路継手の抜け被害は無い→地盤変状小
- ダクタイト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、初期ダクタイトを他のダクタイト管と差別化(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/L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

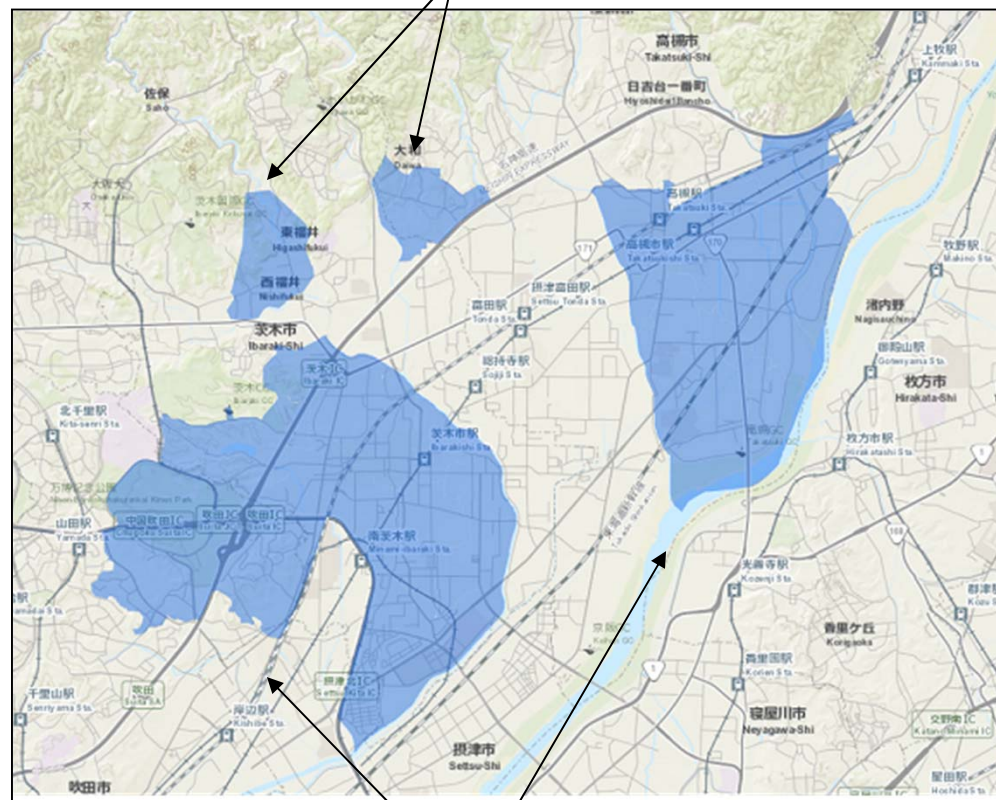
□ 2-3地震計/Lブロック

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)

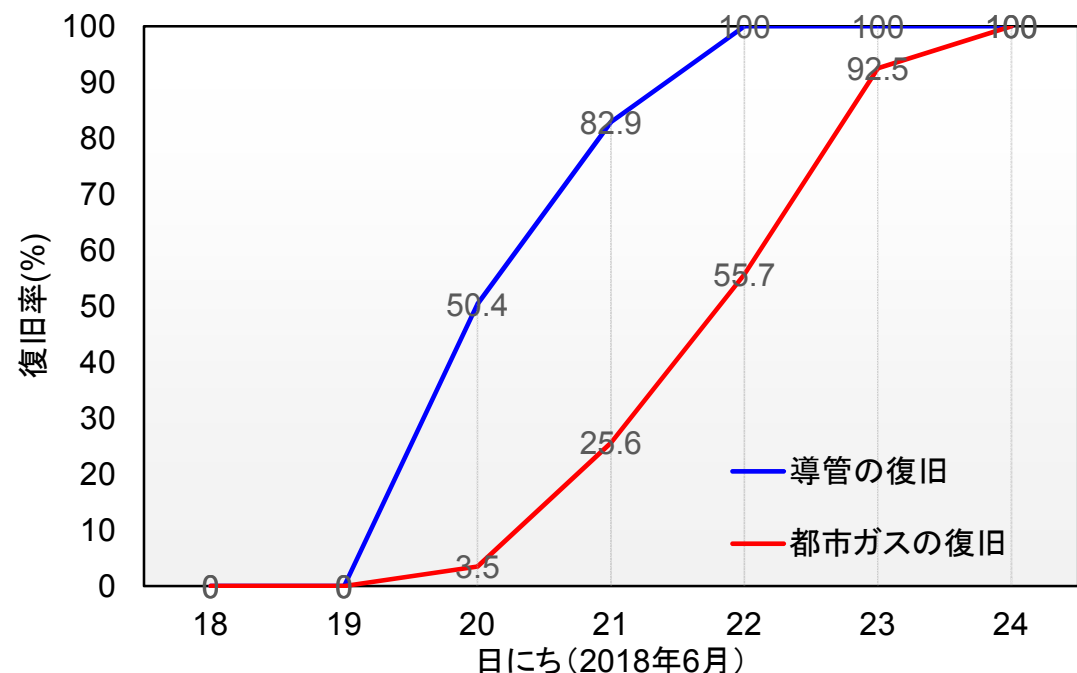


(写真：大阪ガスHP)

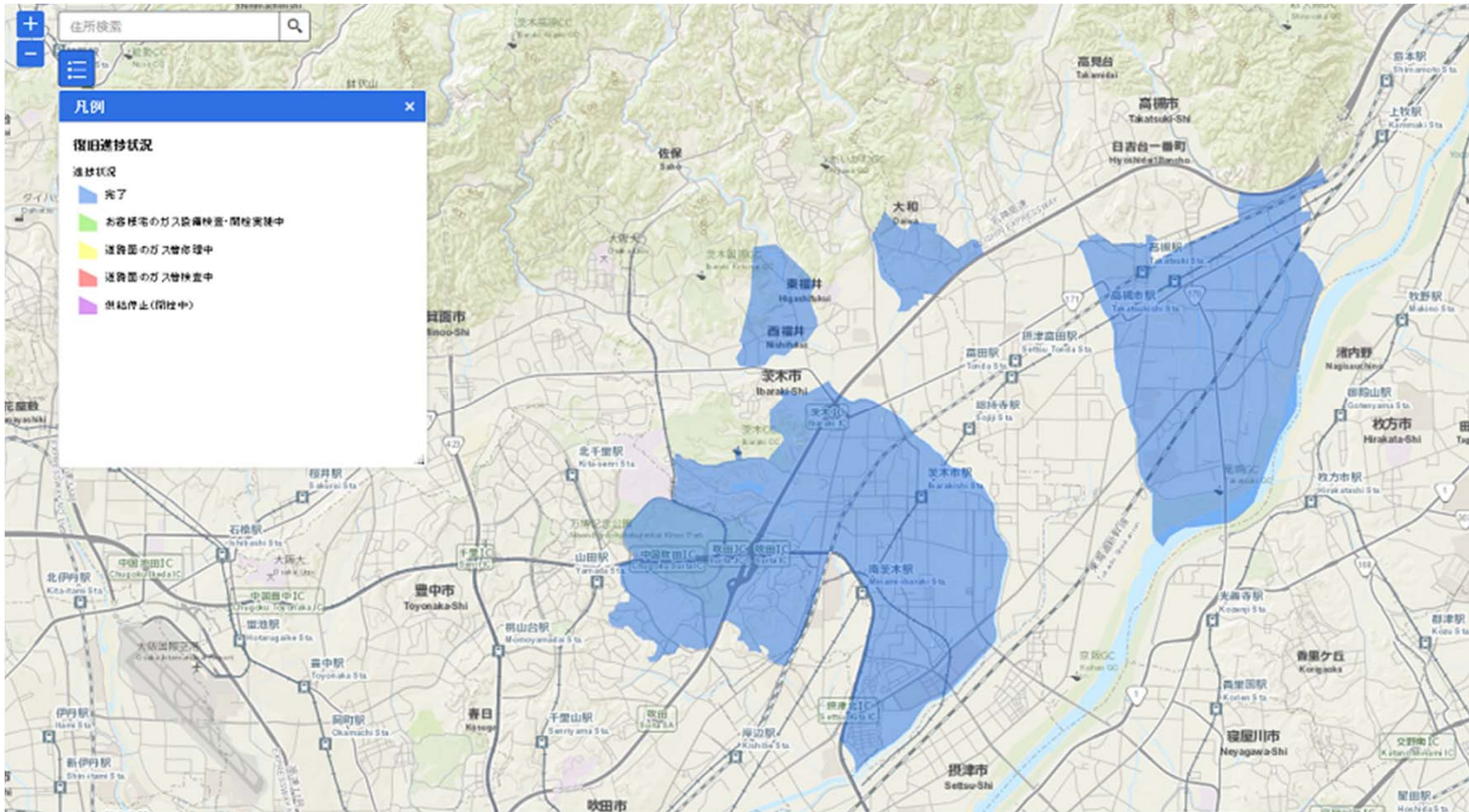
被害と復旧

- 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 (2018)	兵庫県南部 (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



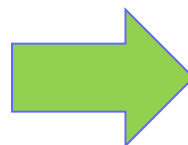
- Webでマッピングを表示
- 1日2回更新
- 一定の回線数を準備していたが、アクセス数が集中し、途中で回線数を増やした。

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



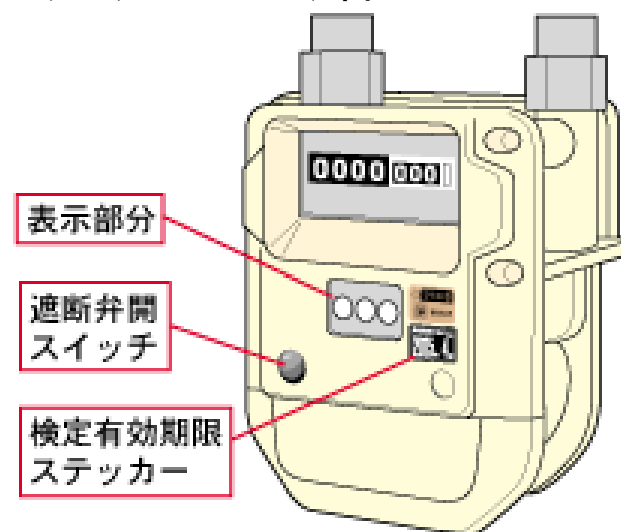
PE(ポリエチレン)管

- マイコンメータの普及

75%(1995) → 100%(2018)

- 導管の耐震化率

68%(1995) → 87%(2018)



200galで停止

兵庫県南部地震以降の取り組み

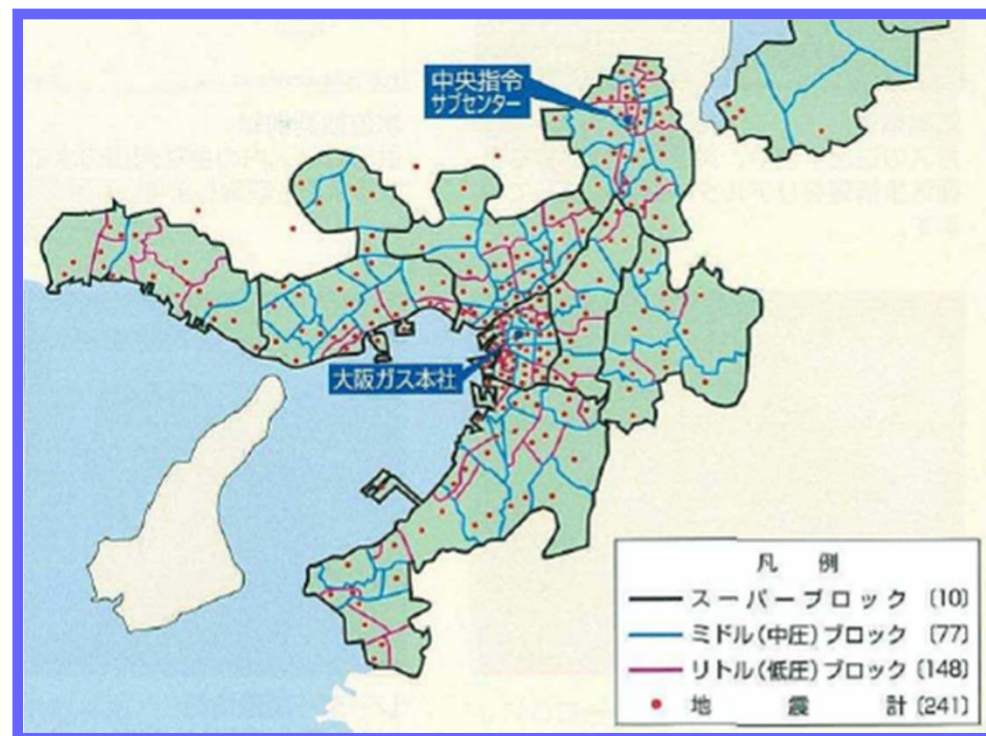
□ 導管網のブロック化

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

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

- 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
(NTTインフラネット情報提供)

- 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

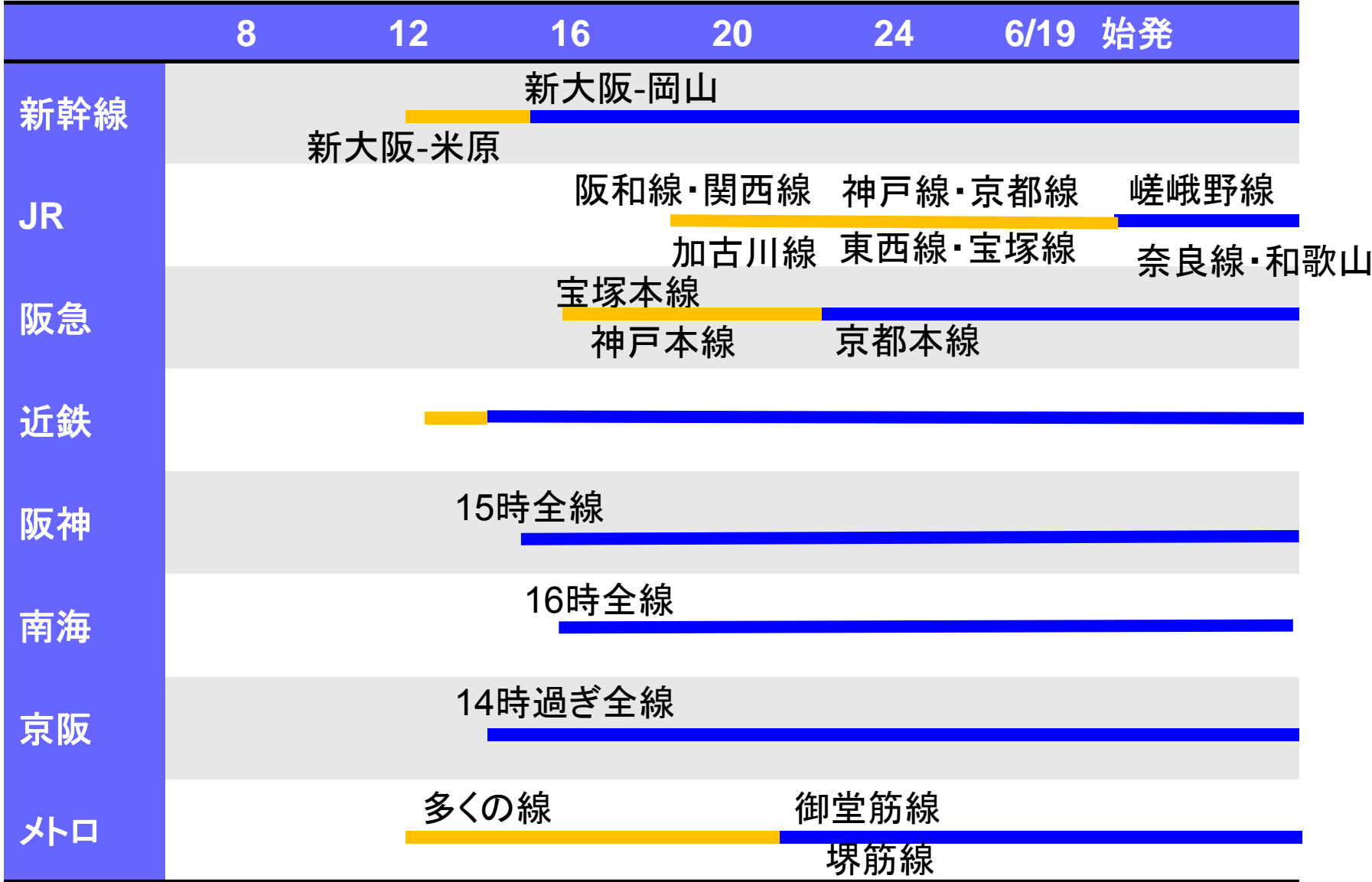


JR在来線と主な鉄道への影響 各社推計

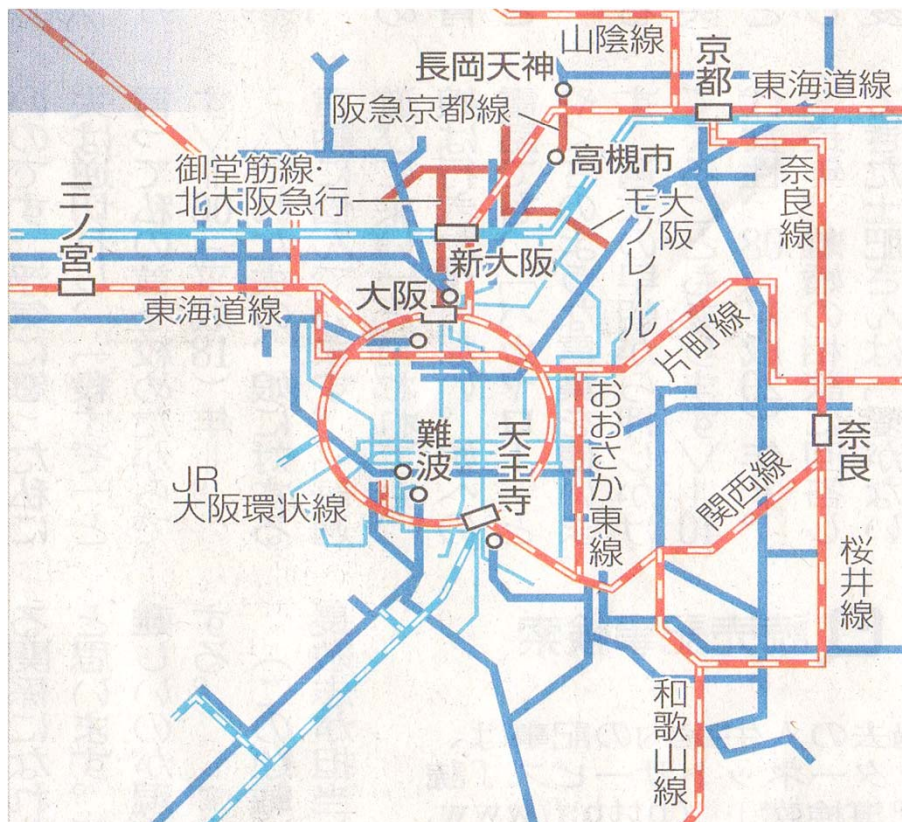


(朝日新聞より)

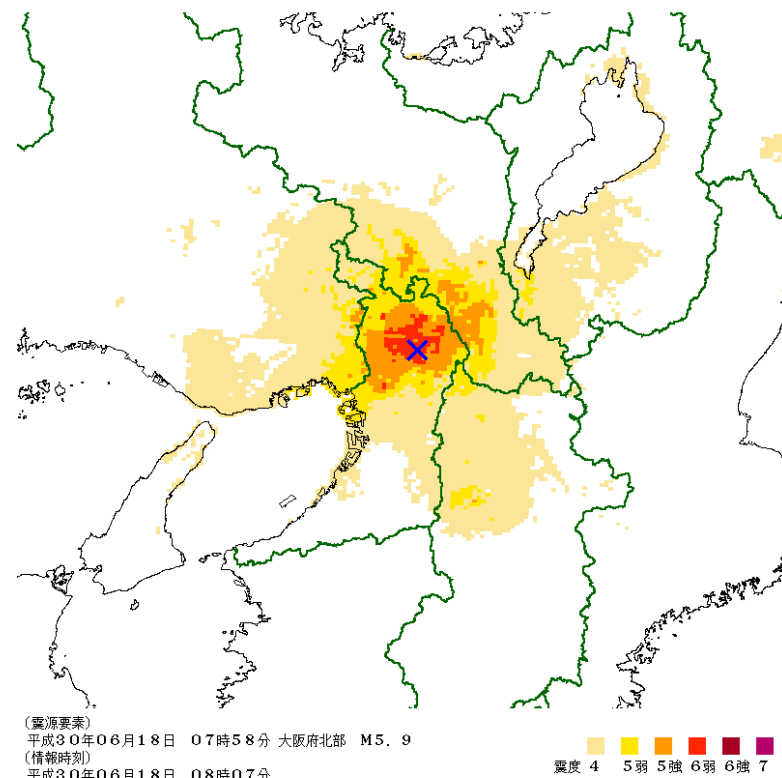
大阪周辺の運転再開状況



震度分布と影響範囲



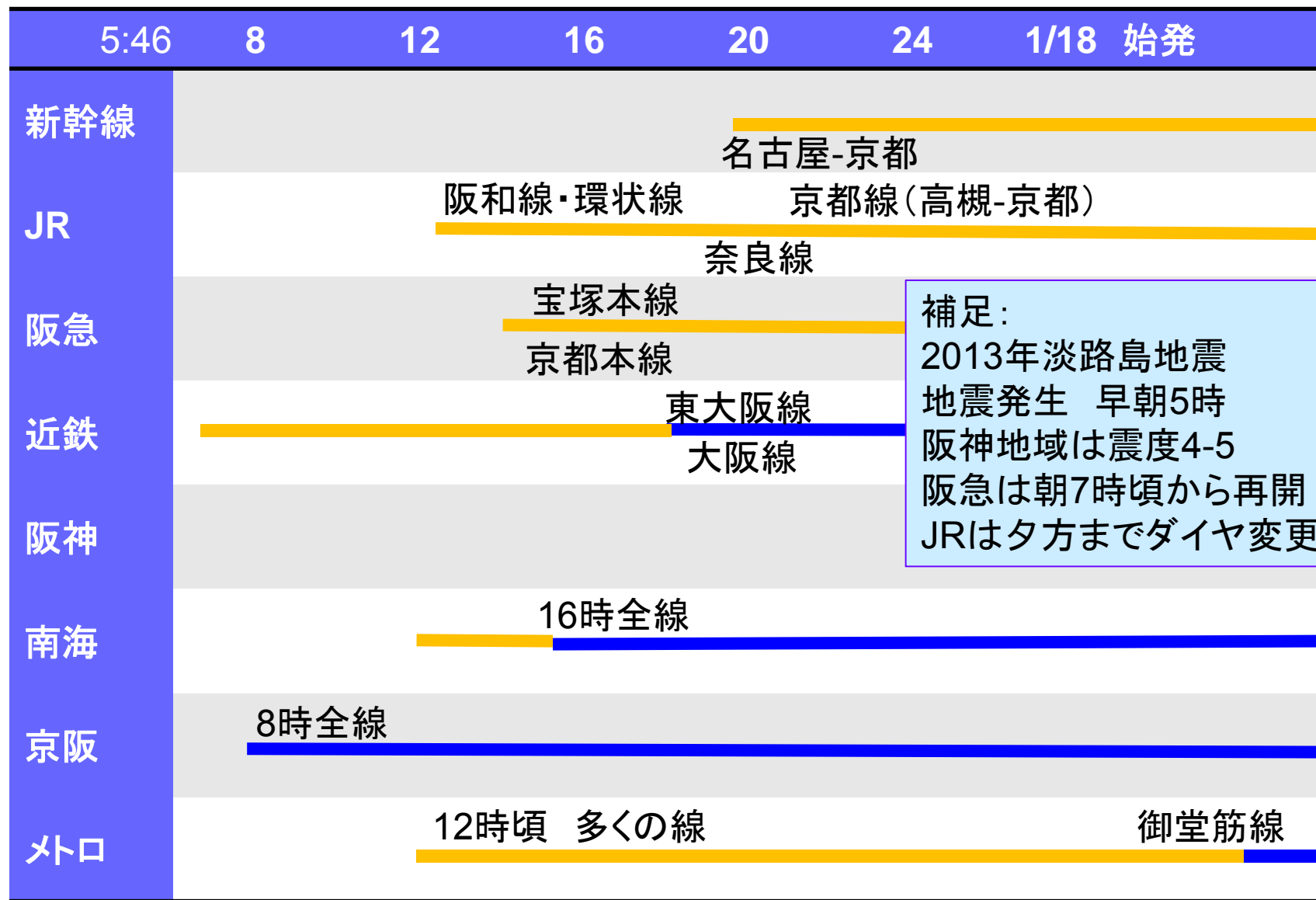
大阪北部地震の18日午後8時の停止
交通機関(新聞より)



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)



補足:
 2013年淡路島地震
 地震発生 早朝5時
 阪神地域は震度4-5
 阪急は朝7時頃から再開
 JRは夕方までダイヤ変更

神戸大生への帰宅困難調査

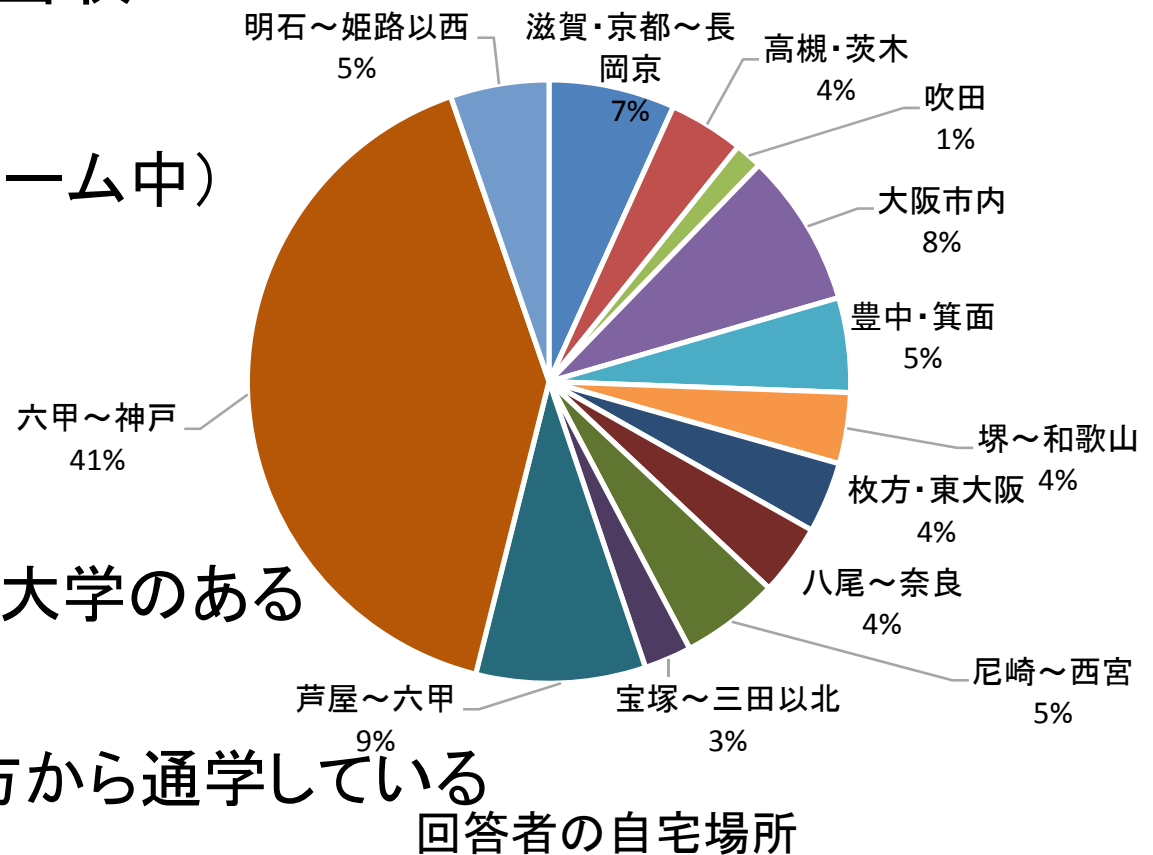
謝辞: アンケートに協力していただいた教員・学生に感謝します。

- 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
- 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

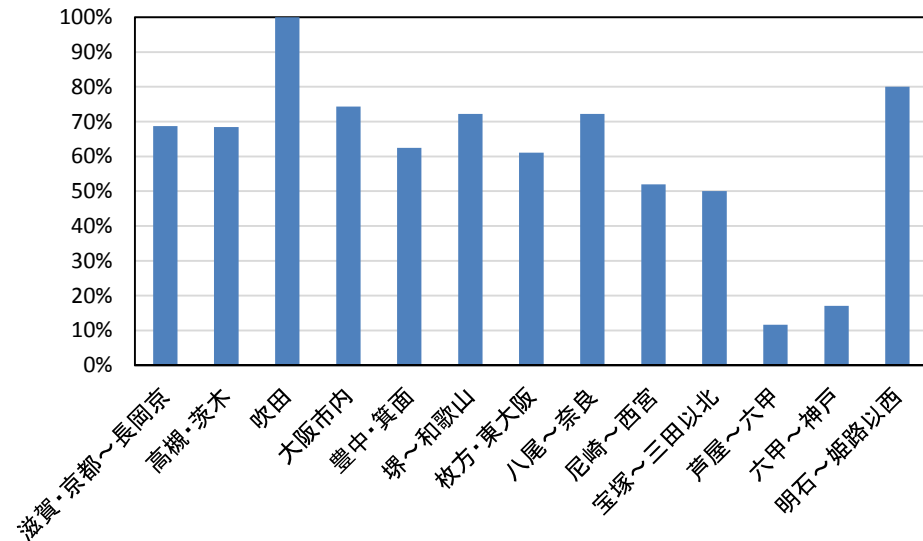
- 回答者の半数は大学のある六甲周辺
- 自宅生も多く遠方から通学している



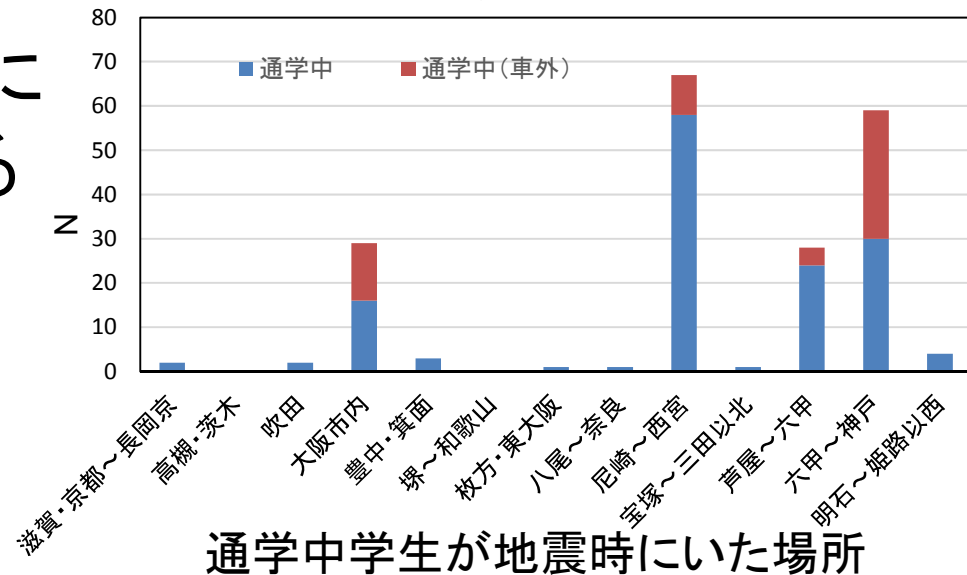
地震時の通学中学生の状況

- 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つた。



自宅の場所と地震時に通学していた割合



通学中学生が地震時にいた場所

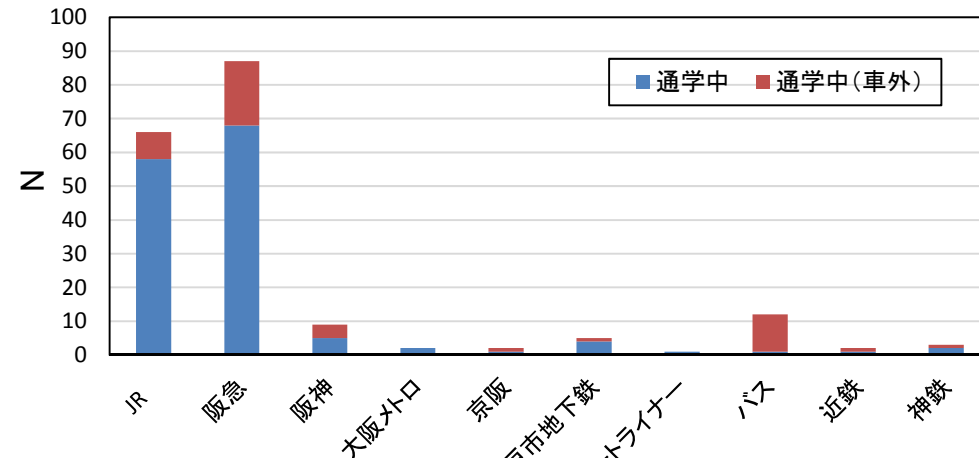
地震時通学中中学生の利用交通機関

□ 地震時車内にいた学生 N=145

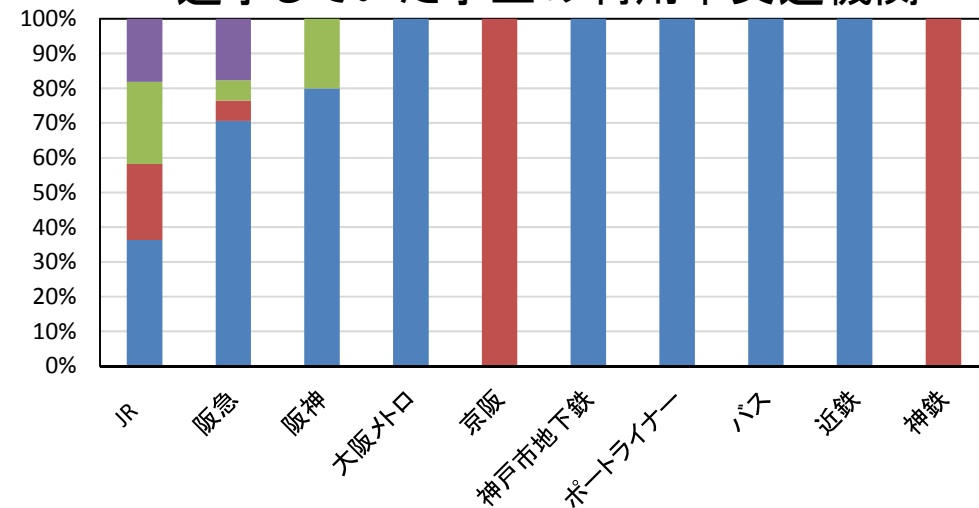
■ 内、94%はJRと阪急

□ 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%



通学していた学生の利用中交通機関

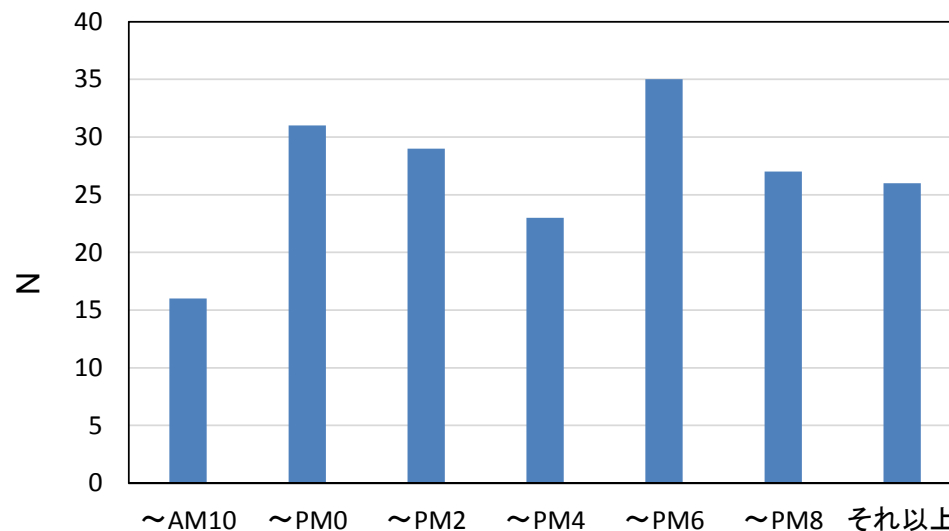


車内にいた学生の閉じ込め時間

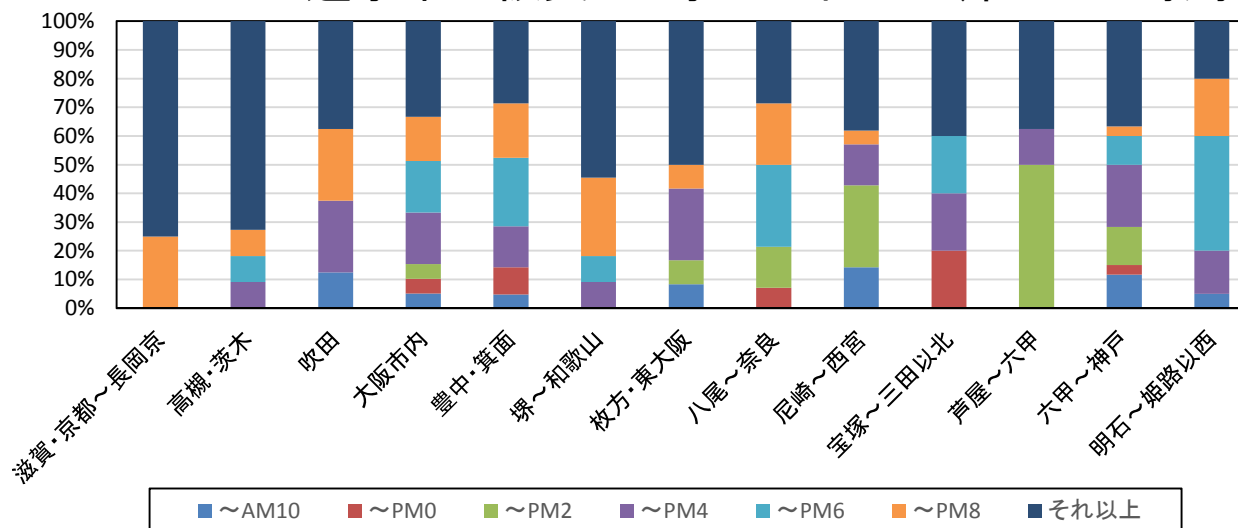
帰宅時間

- 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学生

94/200=47%



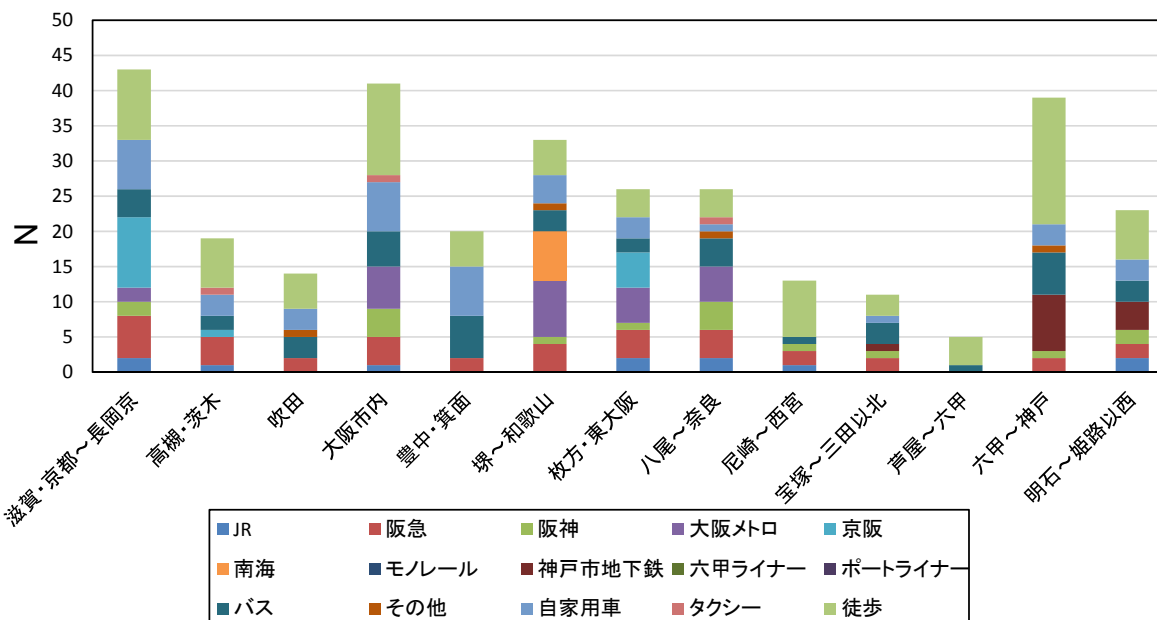
通学中に被災した学生が自宅に帰宅した時刻



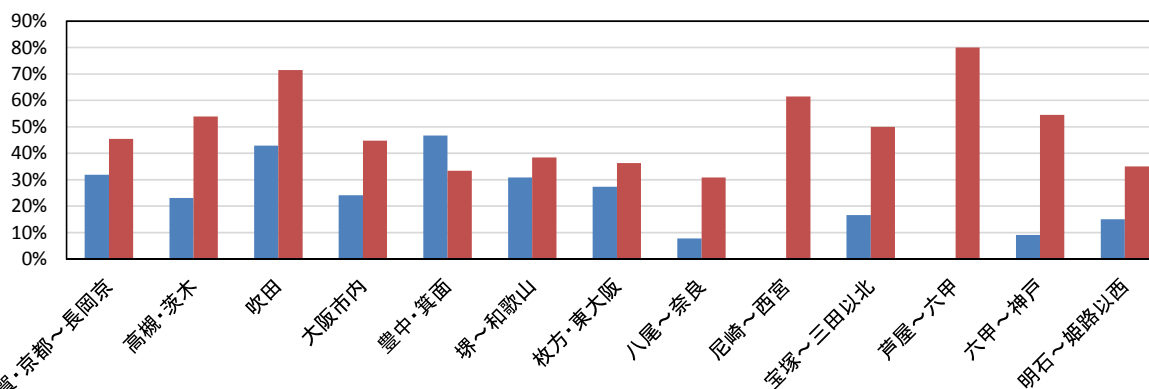
自宅の場所別、通学中被災学生の帰宅時刻

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・受水事業者でのリスク管理
 - 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

