

# 大都市水道事業体における 地震時職員参集モデルの構築

鋤田 泰子<sup>1</sup>・安井 裕一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>神戸大学大学院工学研究科准教授 (〒657-8501神戸市灘区六甲台町1)

E-mail: kuwata@kobe-u.ac.jp

<sup>2</sup>阪急不動産株式会社

(〒530-0017 大阪市北区角田町1番1号 東阪急ビルディング内)

近年、地震が多発する中、公共性の高い水道事業体においては事業規模を問わず地震後に安定した水供給を継続することが期待されている。そのためにも、地震後の迅速な職員参集と最適な人員配置が重要となる。本研究では、大都市水道事業体の地震時の事業継続のための職員参集モデルを提案している。大阪市水道局を対象に通勤状況に関するアンケート調査を実施し、その結果から、職員が参集できる可能性と職場までの参集時間の算出式を評価し、モデルに組み込んだ。とくに、交通機関の一部機能停止による遅延率を導入しており、大都市特有の参集モデルとして有効である。また、現在の職員についても本モデルを適用して参集シミュレーションを行い、事業所ごとに参集率を評価できることを示した。

**Key Words :** *Employee mobilization, water supply, earthquake emergency, transportation disruption*

## 1. はじめに

近年、日本各地で地震が発生している中、公共性の高い水道事業体においては事業規模を問わず地震後に安定した水供給を継続することが期待されている。水道事業体では、管路・施設の耐震化やシステムのモニタリング体制などの予防対策だけでなく、被災後の初動体制や連絡網の強化、地震時緊急対応マニュアルの整備などの事後対策を合わせた総合的な防災対策が実施されてきた。しかし、統計的にみれば、大規模水道事業体（本稿では、給水人口が100万人を超える大都市圏の水道事業を大規模として扱う。以下、大都市水道事業体と呼ぶ）では管路の耐震化がある程度進んでいる一方で、中小規模水道事業体では耐震化が不十分にも関わらず設備投資費が制限されるため十分な耐震化の効果が望めない<sup>1)</sup>。また、最近の地震における緊急対応事例から、小規模水道事業体では、緊急時に対応できる職員数が少ないことや応急給水車が整備されていないことなどの態勢の脆弱性が指摘されている<sup>2)</sup>。大都市水道事業体では、耐震化に合わせて遠隔監視システムや自動制御装置などの物理的な防災システムの構築が進められているが、地震後には被害・漏水調査や応急給水など、地震後の早い段階で人的資源も必要となる。それゆえ、迅速な職員参集とそれに基づい

た最適な人員配置は水道事業体において重要である。

江村・目黒<sup>3)</sup>は、阪神・淡路大震災時、自治体に突発的な災害に対応可能な人材運用計画がなかったため、職員参集の遅れによる人手不足により対応できなかったとして、災害対応業務の効率化と効果的な人材運用を可能とする修正タンクモデルを提案し、様々な条件下でのシミュレーションを行っている。また、西村ら<sup>4)</sup>は、事業継続計画策定の上で現実的な要員参集の重要性に着目し、参集時に想定される要因を考慮した参集想定手法を提案している。この他にも人的資源の運用に関して数多くの研究が行われているが、職員の迅速な参集が大前提となっている。しかし、大都市では千人以上の水道局職員が平常時、公共交通機関を多数利用して通勤しているため、地震時の参集状況は大都市事業体の方がより複雑となる。また、災害時に公共交通機関が機能停止した場合の職員参集への影響については、十分明らかにされておらず、検討の余地がある。

ちなみに、兵庫県南部地震当日における被災市職員の参集状況<sup>5), 6), 7), 8)</sup>を図-1に整理してみると、激震地である神戸市の参集率は4割程度と低いが、近隣都市である大阪市や尼崎市、宝塚市では6~8割程度あることがわかる。一方、神戸市水道局の参集率は神戸市全職員よりも高く、被災程度に関わらず大阪市とほぼ同じ参集率曲線を示している。このよう

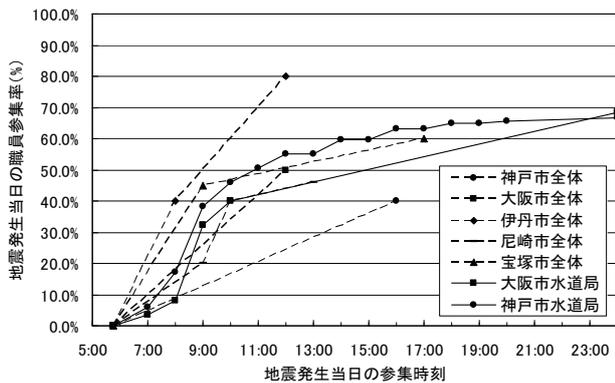


図-1 兵庫県南部地震当日の被災市職員参集状況

に一般事務職員と比べて水道局職員は参集が早く、緊急時の参集状況には職種が影響していると考えられる。

本研究では、大都市水道事業体の災害時の人的資源の最適運用に着目し、地震時水道事業継続のための職員参集モデルを提案することを目的としている。とくに、都市域では災害時に交通機関の機能損傷によって水道事業者への影響を明らかにするため、兵庫県南部地震時に一部の交通機関が機能していた大阪市を研究対象にした。大阪市水道局職員を対象に通勤状況に関するアンケート調査を実施し、その結果に基づいて職員参集状況を予測できるモデルを構築した。さらに、現在の職員を対象にして地震時の職員参集状況について検討を行った。

## 2. アンケート調査と基礎分析

### (1) アンケート実施概要

職員が地震時に職務に迅速に駆け付けられるポテンシャルと過去の災害時における出勤状況を明らかにすることを目的にアンケート調査を実施した。兵庫県南部地震で被害を受けた大都市水道事業体に着目し、公共交通機関の運行状況による影響を評価するために地震発生当日一部交通機関が運行できていた大阪市水道局を調査の対象とした。調査は2008年8月初旬に大阪市水道局の本庁舎(WTC)および4工事センター、8営業所、3浄水場、1配水場の全職員を対象に実施した(試験的に南部工事センターのみ7月初旬に実施)。アンケート内容は二部構成となっており、第一部は2008年時点における緊急対応時の参集に関する設問、第二部は兵庫県南部地震発生時(1995年1月17日)の参集状況に関する設問である。各部は、①職員の属性、②通勤状況、③家族状況、④防災訓練・災害対応経験状況に関する4項目の設問で構成されている。第二部には、通常時の通勤の他に、地震発生当日の参集状況に関する設問がある。約1週間の回答期間を設けて実施し、対象となる全職員数1,979名に対して1,522名の回答が得られた。回答率は76.9%と非常に高い。回答者の性別について、男性職員が1,372名、女性職員

表-1 回答者の兵庫県自宅被災状況

被災状況	全壊	半壊	一部損壊	被害なし	総計
参集職員数	0	3	56	509	573
未参集職員数	3	9	53	244	313
総計	3	12	109	753	886

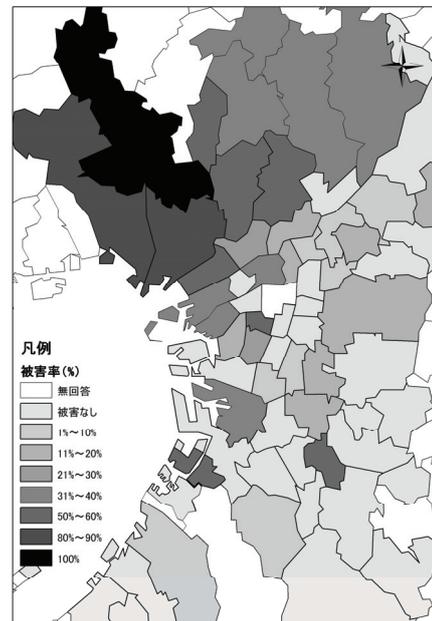


図-2 兵庫県南部地震による自宅被害分布

が135名である。また、1995年当時も水道局職員であった職員は886名であり、全回答数の58.2%に相当する。なお、地震発生当日に参集した職員は当時水道局職員の64.7%にあたる573名であった。以下に、調査の基礎分析結果を示すが、その他の詳細分析結果については文献9)で報告している。地震から13年経過した調査に対する回答の再現性について、回答者全体の参集率曲線は図-1の曲線と整合的であり十分検討できるものといえる。

### (2) 回答者の自宅被災状況

兵庫県南部地震時による大阪市水道局職員の自宅被災状況は全壊が3件、半壊が12件、一部損壊が109件、被害なしが753件であり、職員全体的では自宅の被害は大きくなかった(表-1参照)。しかし、自宅が全壊した職員は地震発生当日1人も参集できず、半壊ではわずか3名が参集した。さらに自宅が無被害であっても3分の2程度しか参集できていないことがわかった。参集の可否は自宅被災の影響が大きいものの、それ以外の要因もあると考えられる。

また、兵庫県南部地震による職員の自宅被災分布を図-2に示す。被害率は、市区町村別にその地域に在住していた職員に対する自宅被害を受けた(全壊、半壊、一部損壊を含む)職員の割合を示す。伊丹市や神戸市、尼崎市などの震源近くに居住していた職員の自宅被害率は高かった。

表-2 2008年現在 1995年当時の家族要因所有状況

	家族要因あり	家族要因なし	無回答	総計
2008年現在	508	1,003	11	1,522
1995年当時	351	526	9	886

表-3 動員基準表<sup>10)</sup>

種別	災害状況	動員人員
1号動員	大規模な被害が発生し、又は発生するおそれがあり、市の全力をあげて防災活動を実施する必要があるとき	全員
2号動員	相当規模の被害が発生し、又は発生するおそれがあり、被害の拡大するおそれがあるとき	職員の1/2以内
3号動員	被害拡大のおそれはないが、応急対策活動を実施する必要があるとき	職員の1/4以内
4号動員	被害発生のおそれがあり、被害状況の把握等初動活動を実施する必要があるとき	最小必要数の職員

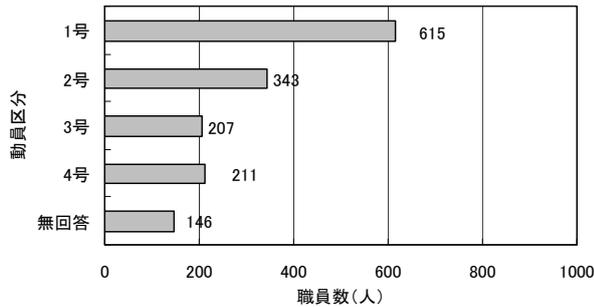


図-3 動員区分状況 (2008年現在)

### (3) 回答者の家族状況

地震等の災害時、①小学生以下の子供や②介護中の家族、③妊娠中の家族など、災害弱者となりうる家族と一緒に居住している場合、職員は自宅の片づけの他に家族の救護等に追われ自宅出発が遅れる可能性がある。本研究では、①、②、③のいずれかの家族と一緒に居住している場合を「家族要因あり」、それ以外の場合を「家族要因なし」と分類して、参集遅延要因として考慮した。2008年現在と1995年当時の水道局職員の家族要因状況を表-2に示す。家族要因を有する職員の割合は1995年当時では39.6%であるのに対して、2008年現在では33.3%と減少していることがわかる。

### (4) 回答者の動員区分

大阪市地域防災計画<震災対策編><sup>10)</sup>では、地震による被害が発生する場合、または被害が発生・拡大する恐れがある場合に応急対策活動を迅速かつ的確に行うために必要な職員の動員配備を定めている。この動員計画に基づいて指名された職員は災害応急対策職員と呼ばれ、定める任務分担に応じて速やかに応急対策活動を実施する。大阪市では、震災対策として、表-3に示すような動員基準が規定され、1号動員から4号動員まで災害状況に応じて動員区分が設定されている。2008年現在の大阪市水道局における動員区分別職員数を図-3に示す。上位の動員区分ほど職員数は減少することがわかる。

### (5) 回答者の災害への備え状況

地震等の緊急時に迅速に対応するためにも、事前に災害対策マニュアルを理解しておく必要がある。大阪市水道局全体における、災害対策マニュアルの理解度を図-4に示す。図より、災害対策マニユ

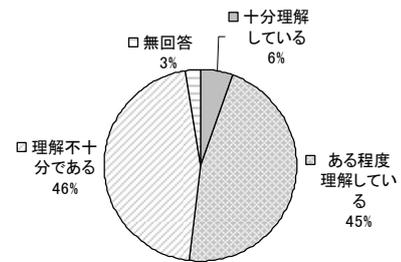


図-4 災害対策マニュアル理解度 (2008年現在)

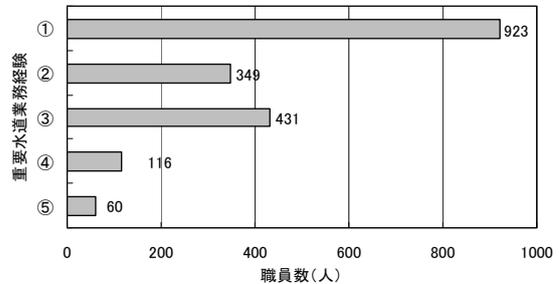


図-5 重要水道業務の経験状況 (2008年現在)

注：重要水道業務経験について、①：応急給水経験者、②：配水管の漏水修繕経験者、③：給水管・給水装置の漏水修繕経験者、④：取・浄・配水場施設の応急修繕経験者、⑤：建築物の応急修繕経験者（複数回答可）

ルの理解度は半数程度にとどまっていることが明らかになった。

### (6) 重要水道業務経験状況

地震直後、とくに重要とされる水道業務として、応急給水や、配水・給水管の漏水修繕、施設の応急修繕が挙げられる。これらの水道業務経験者の迅速な参集は効果的な復旧対応につながると考えられる。図-5は、2008年現在の重要水道業務の経験状況を示している。職員の6割近くが応急給水を経験している一方で、配水・給水管の漏水修繕については2割程度に留まり、施設・建築物の応急修繕経験者はごく一部であることがわかる。これは、施設の管理業務経験者は元々少なく、その応急修繕は特殊な技術を要するため経験職員が限られていると考えられる。

### (7) 回答者の通勤状況

図-6に1995年当時および2008年現在の水道局職員の通常通勤時間分布を示す。1995年当時の通常平均通勤時間は56.8分であり、2008年現在は60分であった。また、2時間以上も通勤に時間を要している職員もいる。図-7は1995年当時、2008年現在、地震発生当日における水道局職員の利用通勤手段状況を示している。現在と95年当時を比較すると、全体的に大きな違いは見られない。職員の半分近くが通勤に地下鉄を利用しており、8割強の職員が公共交通機関を利用している。95年当時と地震発生当日を比較すると、主な公共交通機関の利用は減少し、バイクや自家用車、自転車、徒歩など地震による影響を受けにくい通勤手段へと移行している。JRや地下鉄利用者は減少したが、京阪や近鉄利用者はそれほど変わらない。また、阪急・阪神は地震発生当日運行していなかった。

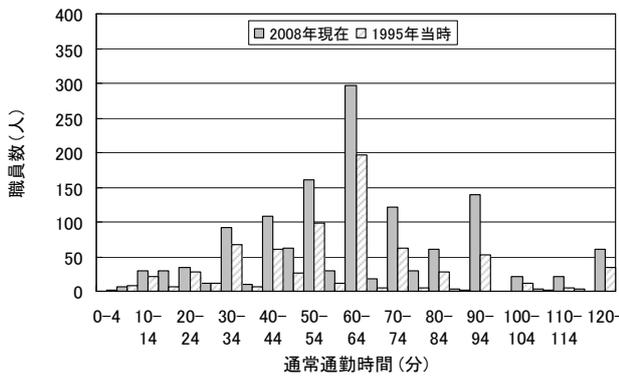


図-6 通常通勤時間の分布

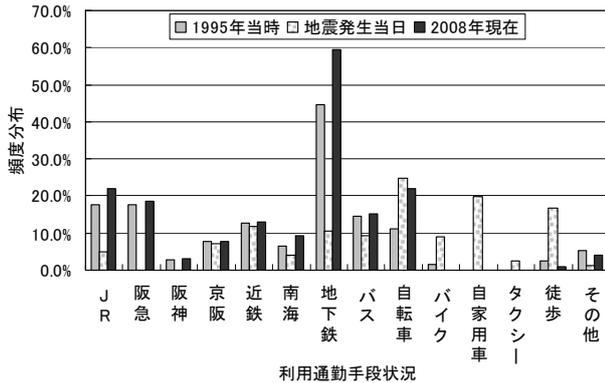


図-7 通勤利用手段の分布

( $N_{現在}=1,522$ ,  $N_{95年}=886$ ,  $N_{地震当日}=573$  複数回答含む)

### 3. 職員参集モデルの構築

#### (1) 地震時の職員参集のモデル設計

地震時、水道事業体として適切な緊急対応をとるためには迅速に参集し、かつ十分な人員を確保することが必要である。つまり、時間ごとに職場に参集できる職員数を算出できるモデルを構築する必要がある。参集の遅延要因には多くの要因があるが、本研究では極力簡易なモデルで評価することを試みた。図-8に職員参集率の算出モデルを示す。地震発生から自宅を出発するまでの時間（以下、出発時間）と自宅出発から職場到着までの時間（以下、通勤時間）の2種類の時間に分類し、これらの時間に影響を及ぼす要因とその影響程度について検討した。

出発時間に影響を及ぼす要因として6要因を挙げた。自宅被災による影響、家族要因による影響、動員区分による影響、災害対策マニュアルの理解度による影響、そして、重要水道業務の経験による影響である。また、通勤時間には通常の通勤時間の他、地震時の利用通勤手段で示した。さらに、時間遅延の他に、地震からの時間によって職員が参集するか否かの状態量（個人参集率）を表す参集関数を導入した。以上より、全事業所の地震後の職員参集率は出発・通勤時間と職員の参集関数によって下式で算出することができる。

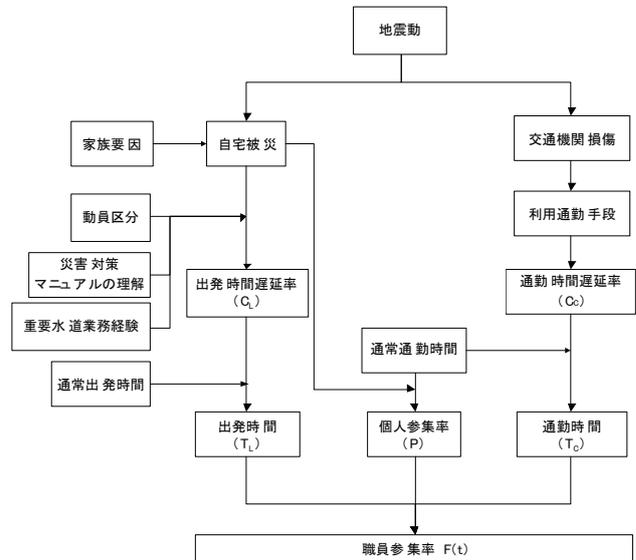


図-8 職員参集モデルの概要

$$F(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i(t) \quad (1)$$

$$f_i(t) = \begin{cases} 0 & t < T_{Li} + T_{Ci} \\ P_i & t \geq T_{Li} + T_{Ci} \end{cases}$$

ここで、 $F(t)$ ：地震発生からある時間 $t$ における職員参集率、 $N$ ：職員総数（人）、 $f_i(t)$ ：地震発生からある時間 $t$ における職員 $i$ の参集関数、 $P_i$ ：職員 $i$ の時間による個人参集率、 $T_{Li}$ ：職員 $i$ の出発時間（分）、 $T_{Ci}$ ：職員 $i$ の通勤時間（分）

以下に、出発・通勤時間と参集関数に関する各モデルとアンケートに基づく要因の分析結果を示す。

#### (2) 出発時間の算定式

地震発生から自宅を出発するまでの時間（出発時間）は、通常の出発時間に対して、その遅延に影響を及ぼす要因によって補正されるものとして実験式(2)を設定した。影響要因は表-4に示している自宅被災状況下での家族要因による影響（H）、動員区分による影響（G）、災害対策マニュアルの理解度による影響（U）、そして重要水道業務の経験による影響（E）の要因カテゴリである。

$$T_{Li} = T_{NLi} \cdot C_{Li} \quad (2)$$

$$C_{Li} = C_{Hj} \cdot C_{Gj} \cdot C_{Uj} \cdot C_{Ej}$$

ここで、 $T_{Li}$ ：職員 $i$ の出発時間（分）、 $T_{NLi}$ ：職員 $i$ の通常出発時間（分）、 $C_{Li}$ ：出発時間遅延率、 $C_{Nj}$ ：出発時間遅延要因による遅延率（ $N$ は要因カテゴリ、 $j$ は番号）

兵庫県南部地震発生当日に参集した水道局職員を対象に分析した。95年当時の通常出発時間 $T_{ML}$ に対

表-4 出発時間影響要因の設定

要因カテゴリ	番号	要因内容
自宅被災と家族要因	H1	自宅被災があり、家族要因もある
	H2	自宅被災があり、家族要因がない
	H3	自宅被災がなく、家族要因がある
	H4	自宅被災がなく、家族要因もない
地域防災計画における動員番号	G1	1号動員
	G2	2号動員
	G3	3号動員
	G4	4号動員
災害対策マニュアルの理解度	U1	十分理解している
	U2	ある程度理解している
	U3	あまり理解していない
経験したことがある水道重要業務	E1	応急給水
	E2	配水管の漏水修繕
	E3	給水管・給水装置の漏水修繕
	E4	取・浄・配水場施設の応急修繕
	E5	建築物の応急修繕

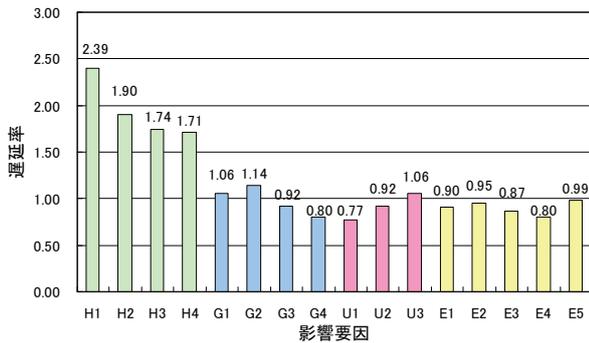


図-9 出発時間影響要因別影響度

する地震発生当日の出発時間  $T_L$  の比率に対して対数場での重回帰分析を行った。  $\log(T_L / T_{NL})$  を目的変数、上記の影響要因別出発時間遅延率のカテゴリスコアを説明変数として、式(3)に示す式で評価した。

$$\log(T_L / T_{NL}) = a_1 A_1 + a_2 A_2 + \dots + a_n A_n + A_0 \quad (3)$$

ここで、  $A_j$  : 要因  $j$  のカテゴリスコア (=0or1),  $a_j$  :  $a_j = \log C_j$

通常時 (95 年当時) の自宅出発時間  $T_{NL}$  はアンケート項目には含まれていないため、95 年当時の NHK 国民生活時間調査<sup>11)</sup> から平均的な通常自宅出発時間 (起床から自宅を出発するまでに要する通常時間) を算出し 56 分と設定した。

回帰分析から算定された各影響要因の出発時間に対する遅延率を図-9 に示す。とくに自宅被災状況下での家族要因所有による影響カテゴリ (H) が突出して大きいことがわかる。家族要因を有している職員が自宅被災した場合は通常時の約 2.4 倍時間を要している。また、H1 と H2 の差と H3 と H4 の差を比較すると、H1 と H2 との差の方が大きい。自宅被災がない場合は家族要因による影響はそれほど見られないが、自宅が被災すると家族要因所有による影響が軽視できないものとなる。つまり、家族要因は潜在的なものであり、自宅被災状況下で顕在化されることがわかる。また、H4 より、自宅被災も

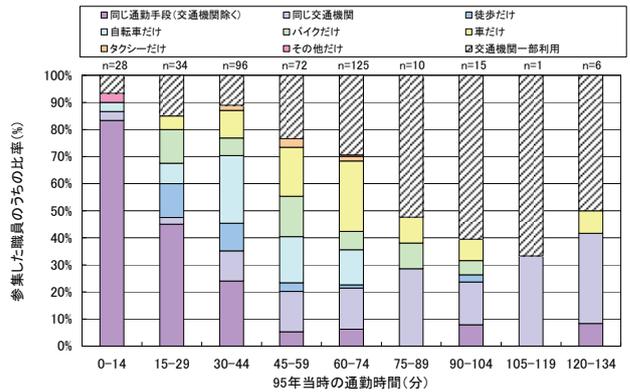


図-10 参集職員の利用通勤手段分布

なく家族要因も有していないにもかかわらず、通常時の約 1.7 倍時間を要することより、地震災害が発生すると通常時よりも時間を要することが明らかになった。次に、動員区分による影響カテゴリ (G) に着目すると、3 号動員や 4 号動員といった上位の動員区分職員は自宅を迅速に出発できている。管理職職員の責任感によるものと考えられる。災害対策マニュアルの理解度による影響カテゴリ (U) では、理解度を充実させることで迅速に出発することができることがわかった。また、重要水道業務の経験による影響 (E) は、全体的にこれらの業務を経験したことがある職員は通常よりも迅速に自宅を出発できることが示された。

### (3) 通勤時間の算定式

自宅を出発してから職場に到着するまでに要する時間 (通勤時間) に影響を及ぼす大きな要因として、利用通勤手段による影響が考えられる。しかし、地震当日の通勤手段は、出発時間の要因と異なり地震時の交通機関の機能停止状況や渋滞・運行遅延状況によって動的に変動するものである。

図-10 は地震当日に参集した職員の利用通勤手段状況を通常通勤時間別に分布したものである。横軸に 95 年当時の通常通勤時間をとることで、自宅から職場までの大まかな距離を表現しており、距離による利用通勤手段の選択変更状況を示したものである。通勤時間が 1 時間圏内の職員で、通常から公共交通機関を利用していない職員は多く、地震時でも同じ手段で通勤している。通常通勤時間が 60 分以上の職員は、ほぼ公共交通機関を利用しているが、通常と同じ手段で参集できたのは 3 割程度であった。次に、通常通勤手段を変更した職員について、60 分未満の通常通勤時間であれば、徒歩や自転車・バイクなど道路渋滞による影響を受けにくい手段に変更しており、距離が長くなるとこの利用程度も低下してくる。以上のように利用する通勤手段は自宅から職場までの距離によって変化することがわかる。

そこで、通勤時間の算定式に用いる利用通勤手段による影響カテゴリ (C) の要因を表-5 の通りに示す 7 パターンを設定し、式(4)で表した。

表-5 通勤時間影響要因の設定

番号	要因内容
C1	通常と同じ交通機関を利用(公共交通機関を利用しない)
C2	通常と同じ交通機関を利用(公共交通機関を利用)
C3	通勤手段を変更し、徒歩のみを利用
C4	通勤手段を変更し、自転車のみを利用
C5	通勤手段を変更し、バイクのみを利用
C6	通勤手段を変更し、自動車やバイクのみ利用
C7	通勤手段を一部変更し、公共交通機関を利用

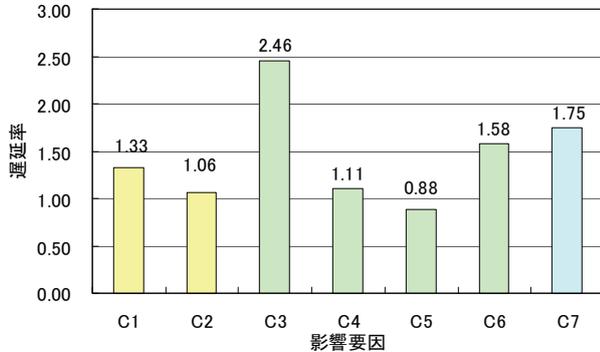


図-11 通勤時間影響要因別影響度

$$T_{Ci} = T_{NCi} \cdot C_{Ci} \quad (4)$$

ここで、 $T_{Ci}$ ：通勤時間（分）、 $T_{NCi}$ ：通常通勤時間（分）、 $C_{Ci}$ ：通勤時間影響要因による遅延率

通勤手段は独立であるため、式(4)のような通勤時間評価モデルを提案することができる。なお、評価モデルを構成する要素は兵庫県南部地震当時の通勤状況より評価する。地震当日に参集した水道局職員を対象に、95年当時の通常通勤時間や地震発生当日の通勤時間、利用通勤手段を用いて、出発時間の算定式と同じ手法で各影響要因の通勤時間遅延率を算出した。

交通機関の遅延に関して、一般には鉄道網や道路網のネットワーク解析を通じて遅延率が算定されるが、職員の利用交通機関の数が多く、本研究で実施したアンケート調査票はそれらの利用時間を算定できる形式にはなっていない。今後道路・鉄道の運行状況と利用状況が明らかになれば各交通機関の遅延率を算出することが可能であるが、地震当日は参集者の多くが公共交通機関を多く利用していないことと参集評価の簡便さから、ここでは通勤時間に比例する一定値として調査結果から遅延率を算出する。

利用通勤手段による遅延率を図-11に示す。C1およびC2とC7を比較すると、C1およびC2の遅延に対する遅延率が小さいことがわかる。通常時と変わらず同じ手段で通勤できると遅延が軽微であることが理解できる。また、C1よりもC2の遅延率の方が小さい。公共交通機関は地震による影響を大きく受ける一方で、自転車や徒歩、バイクなど公共交通機関以外の通勤手段は地震による影響を受けにくいからである。とくにC3からC6に着目すると、C3やC4の遅延率が小さい。自転車やバイクの利用

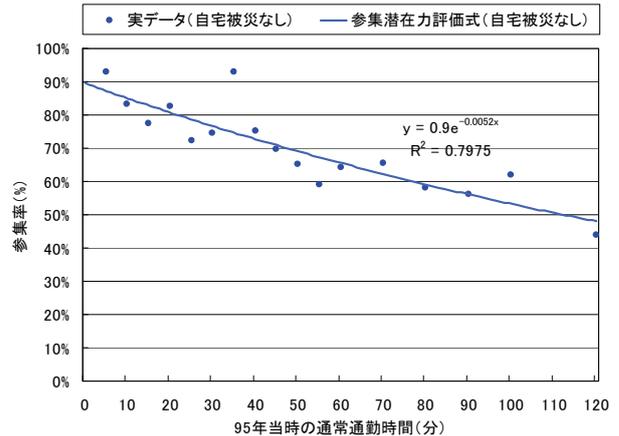


図-12 95年当時の通常通勤時間と職員参集率

表-6 自宅被災による補正係数 $B_i$

全壊	半壊	一部損壊	被害なし
0.00	0.37	0.76	1.00

は遅延が軽微であり、迅速に参集できる。一方で、C6の遅延率は高い。地震当日は交通渋滞があり、車やタクシーの利用者は通勤にかなりの時間を要した。そのため、車やタクシー利用者の遅延に対する遅延率は高くなったと考えられる。

#### (4) 個人参集率の評価

個人参集率の評価のため、95年当時の通常通勤時間と職員参集率との関係について着目した。参集職員の89%の自宅は被災しなかったため、その回答者を対象に95年当時の通常通勤時間と職員参集率とを比較すると図-12に示す通り通勤時間（距離）に応じて相関があることが示された。参集しなかった職員の中には一度は自宅を出た職員もいると考えられるが、ここでは職場に参集した職員のみを検討している。そこでこの関係に基づいた近似式より、職員の個人参集率を表す式として式(5)のように設定した。なお、近似曲線の重相関係数は0.934である。

$$P_i = 0.9B_i \exp(-0.0052T_{NCi}) \quad (5)$$

ここで、 $P_i$ ：職員*i*の参集潜在力、 $T_{NCi}$ ：通常通勤時間（分）、 $B_i$ ：自宅被災による補正係数（自宅被害無しの場合の参集率に対する自宅被害ありの場合の参集率の比、表-6参照）

自宅被災による補正係数 $B_i$ は、自宅被害ありの職員が少なかったが、便宜的に表-1の参集人数から求められる自宅被災程度ごとの参集率に対して比率をとり、表-6に示す値を使用するものとした。本値については、他の資料とも合わせてさらに検討する必要がある。

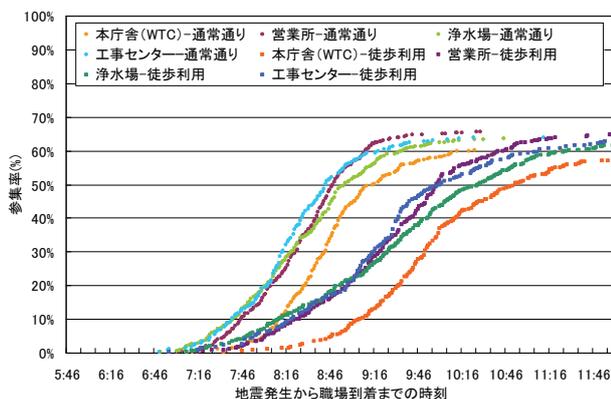


図-13 現在の職員を対象にした職員参集率

#### 4. 職員参集モデルの適用例

本研究で提案した職員参集モデルを現在の水道局職員を対象にして適用し、本モデルの適用性について検証するとともに、現在の各職場における参集状況について分析を行った。

入力設定として、兵庫県南部地震と同じ被害をもたらす地震が同じ時刻に発生した場合を扱う。職員の自宅被災率は、地震時の市町村区ごとの職員の自宅被災程度を用いて、被災ありの場合と被災なしの場合の補正係数で重みづけさせることで評価した。

公共交通機関の被災程度と職員が選択する手段については様々なケースが考えられるが、本適用例においては図-11の結果に基づいて、比較的早く参集ができる場合として通常の通勤手段を利用して参集した場合と、参集が最も遅くなる場合として全職員が徒歩によって通勤した場合を考える。また、参集率は地震時の対応業務を考え、本庁舎、工事センター、営業所、浄水場で比較することとした。なお、95年当時と比べて、職員の居住地や勤務地、家族要因が変更しているだけでなく、水道局の事業所も一部移転している。

図-13は2ケースの通勤手段に対して各事業所の参集率を示したものである。工事センター、営業所、浄水場ではほぼ同じ立ち上がりになっている。一方、本庁舎(WTC)では、通常と同じ通勤手段を使用した場合で30分程度、徒歩のみで通勤した場合で40分程度、他の事業所より参集が遅れることが示された。本庁舎は大阪の市街地から少し離れた人工島にあるため、元々の通常通勤時間も他の事業所より長くなっていることが考えられる。また、兵庫県南部地震の参集率(図-1)と比較すると、午前9時の段階で通常の通勤手段を利用できた場合、本庁舎で参集率が40%、その他の事業所で50%に達しており、高い参集率であることがわかる。一方、全て徒歩のみで参集した場合、午前9時では20%となり非常に低くなる。本結果より、被害の確認や応急給水を担当する工事センターと営業所では、比較的早く緊急対応に取りかけられることがわかった。

本適用例では比較的自宅被災が軽微な状態で評価

をしているため、当日中の参集率は65%程度に収束する。しかし、被災地が大阪市内で職員の自宅被災率が高くなれば参集率そのものが低下することになる。地震時の緊急対策マニュアルの多くには、職員参集率がどの程度になるのかを想定せず計画されているものもある。職員の通勤状況や職種に応じて、参集できる職員数を把握し、最低限の職員でできる対応を計画することが望ましい。

さらに、これらのシミュレーション資料に基づいて参集率に基づいた最適な応急給水と被害把握に関する人的資源の配置計画を策定することが望まれる。

本稿で提案したモデルは、兵庫県南部地震特有の事例が多く含まれており、別のシナリオで地震が発生した場合の不確定な事象については考慮できない。例えば、交通機関を利用している最中に被災するような場合、乗客の安全が確保されるまでは車両等の施設・設備に被害がない場合であっても運行を再開されず、遅延率はさらに長くなると考えられる。しかし、統計的にも十分な回答数によって求められた交通手段による遅延を考慮した参集モデルは、地震時の職員参集を考える上でのベンチマークとして利用できるといえる。また、本モデルは水道局職員を対象にしているが、基本的なモデルは他の業種の職員参集モデルにも参考になるといえる。ただし、図-1からも他の職種・業種では全体的に参集曲線の立ち上がりは鈍く、これらの検討を追加する必要がある。

#### 5. 結論

本研究では、大都市水道事業体の地震時の職員参集モデルを提案するため、アンケート調査を実施し、諸要因による職員参集の可能性と参集までの時間を分析した。本研究の結論は以下の通りにまとめられる。

- 大阪市の水道局職員の通常通勤時間は60分程度であり、職員の8割強が公共交通機関を利用していることが明らかになり、参集時の公共交通機関の機能に大きく依存している。
- 自宅を出発するまでの時間には、職制や災害対応経験、防災意識よりも自宅被災の影響が大きいことが示された。
- 職員の参集有無については、自宅の被災率の他に、職場までの通勤時間(距離)が影響していることが分かった。
- 提案した参集モデルを現在の水道局職員にも適用して参集状況のシミュレーションを実施することができた。また、事業所によっては、参集時間が30分程度他の事業所よりも遅くなること示された。
- 提案した参集モデルが他のシナリオにも適用できるようになるには今後検討していく必要がある。しかし、統計的にも十分な回答数によって求めた交通手段による遅延を考慮した参集モデ

ルは、地震時の職員参集を計画する上でのベンチマークとして利用できる。

**謝辞：**本研究の遂行にあたり、調査に協力していただいた大阪市水道局職員の皆様には、ここに記して感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 安井裕一，高士直哉，鉦田泰子，高田至郎：水道事業規模による管路耐震化状況の定量的評価手法，平成20年度土木学会関西支部年次学術講演会，2008
- 2) 鉦田泰子，高田至郎，安井裕一：水道事業体の地震時緊急対応と市町村合併による課題，建設工学研究所論文報告集，第49号，pp.153-162，2007
- 3) 江村元行，目黒公郎：地震災害時における最適人材運用法に関する基礎的研究，第55回年次学術講演会論文集，I-B 289，2000
- 4) 西村浩一，福島誠一郎，須走重康：事業継続計画のための社員参集時間マップの作成，地域安全学会梗概集，pp.37-38，2008
- 5) 神戸市水道局：阪神淡路大震災 水道復旧の記録，pp.24-30，pp.35-42，p.152，1996
- 6) 大阪市水道局：平成7年阪神・淡路大震災における対応について，pp.2-4，p.8，pp.18-21，pp.51-55，p.66，1995
- 7) 東京都：阪神・淡路大震災調査報告書 ー平成7年兵庫県南部地震東京都調査団一，pp.185-195，1995.7
- 8) 宝塚市：阪神・淡路大震災 ー宝塚市の記録1995一，p.80，1997
- 9) 鉦田泰子，安井裕一：災害時水道事業継続のための職員参集に関する調査研究，建設工学研究所論文報告集，第50号，pp.137-153，2008
- 10) 大阪市：大阪市地域防災計画<震災対策編>，[http://www.city.osaka.jp/kikikanrishitsu/bousai/torikumi/pdf/chiiiki/shinsai/03\\_02.pdf](http://www.city.osaka.jp/kikikanrishitsu/bousai/torikumi/pdf/chiiiki/shinsai/03_02.pdf)，アクセス2008.7
- 11) NHK出版：日本人の生活時間・1995，pp.15-21，1995

## Staff Mobilization of Water Supply Department in a Large City after an Earthquake

Yasuko KUWATA and Hirokazu YASUI

Water supply is vital for our life after an earthquake., Prompt staff mobilization and allocation of human resources are important are expected for sustainable water supply. This study purposes a model to evaluate staff mobilization of water supply departments based on the results of a questionnaire survey in Osaka City during the 1995 Kobe earthquake. In this model, the time from event to office arrival and potential that a staff can come to office are calculated. This model can also evaluate the time delay under transportation disruption. Simulation of staff mobilization can estimate staff availability for emergency waterworks in terms of number and response time.