

神戸大学大学院 学生員○李 燕 神戸大学大学院 正会員 李 騰雁  
 神戸大学工学部 正会員 森川英典 神戸大学工学部 正会員 高田至郎

1.はじめに 都市ライフラインの地震被害リスクは、多くの仮定を設けながらも、過去の地震データや被害データを利用して、統計的に予測することが可能となってきた。一方、現状の被害の復旧については、その都度災害査定、国庫補助金の申請を行っているが、その補助金決定額は復旧費の約6割にとどまっている現状にあり、管理機関においては予期せぬ歳出に財政面の混乱を招いている。そこで、このリスクを予測・評価し、合理的に処理する、つまりリスクマネジメントの手法を取り入れることにより、財政面で計画的な対処を行うことを検討した。その際、最終的なリスクの転嫁手段として、ライフライン地震保険を想定し、その可能性について検討した。

2.地盤加速度および水道管の被害率と水道管の口径および災害復旧との関係 図-1に最大加速度と水道管の被害率との関係を示す。これらの図より、

水道管の被害率においては、加速度の増大に伴って被害率が高くなる傾向が見られる。また、釧路沖地震における釧路市については、加速度レベルが大きいかかわらず、水道管被害率の値が、他の地震に比べてかなり小さくなっており特殊性を有していることがわかる。図2に水道配水管の口径と復旧工事費との関係を示す。これらの結果によると、図2にこの関係における回帰曲線(管種区別なしの回帰曲線、ただし、DIP管のデータを除く)を表す。回帰式は、次式となる。

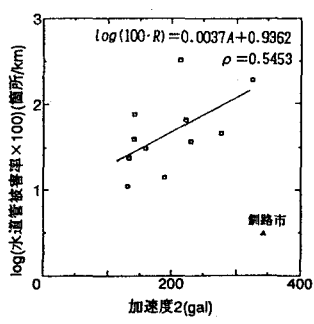


図-1 地盤加速度と水道管の被害率

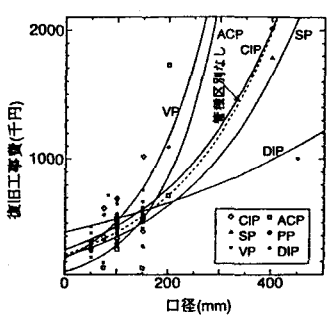


図-2 管路口径と復旧工事費

管のデータを除く)を表す。回帰式は、次式となる。  $y = e^{(5.55 + 0.00509x)}$  ... (1)。ここで x : 管路口径。

3.ライフラインの地震災害リスクマネジメントと地震保険の可能性の検討 まず最初に、釧路市の水道管被害リスク曲線を利用して、被害率  $R_0$  の年間期待値は次式で求める。

$$E(R_0) = \int_0^{\infty} R_0 \cdot P(R_0) dR_0 \dots (2)$$

次に、被害額(ここでは、復旧工事費)の年間期待値は、次式で求める。  $E(Q_0) = E(R_0) \cdot L_0 \cdot q_0 \dots (3)$ 。ここで  $L_0$  : 管路の総延長(km),  $q_0$  : 被害箇所当りの平均被害額(千円/箇所)。ライフライン地震保険の場合には、国が直接的に関与するか否かが問題となってくるが、いずれの場合でも、保険契約者(この場合、地方自治体など)に対する保険料は、一部保険の考え方で決定することが妥当であると考えられる。つまり、定められた付保割合に応じて決定された保険料を保険契約者から収集するものとし、国が直接的に関与しない場合には、実際の損害額の内、付保割合に相当する額が保険金として支払われ、国が直接的に関与する場合には、個々の保険契約者の被害額の年間期待値の内、付保されない割合分を、国の負担として危険準備金に繰り込み、実際の損害額全額が保険金として支払われることになる。つまり、前者の場合には、実際の損害額のうち、保険金支払を受けられない分については、従来通りの国庫補助申請をその都度行うことになる。ここで、(2)式により、釧路市の配水管被害率の年間期待値を計算すると  $E(R_0) = 0.0628$  (箇所/km) ... (4)となる。一方、釧路市の配水管の平均口径は128.4mmであるので、被害一箇所当たりの平均被害額は、(1)式により算定すると、  $q_0 = 494.5$  (千円/箇所) ... (5)となる。釧路市の配水管総延長は659kmであるから、(3)式により被害額の年間期

待値を求めると、 $E(Q_0) = 26982.5$  (千円) … (6) となる。次に、「リスクの処理」としての保険について検討するために、日本全国の市町村の上水道配水管を対象とした地震保険の構築をシミュレートし、地震保険成立の可能性を検討する。そこで、日本全国の市町村における配水管総延長、配水管平均口径、地震被害率等を統計データに基づく乱数発生により想定し、保険料(被害額期待値)を算定することとする。釧路沖地震による被害地域<sup>1)</sup>について、市町村人口<sup>2)</sup>と配水管総延長との関係を図3に示す。これら両者の間には相関が認められ、回帰式は次式となる。 $L_0 = 67.86 + 12.205N$  ( $L_0$ : 配水管総延長(km),  $N$ : 市町村人口(万人)) … (7)。また、配水管の平均口径を推定するため、宮城県沖地震、日本海中部地震、釧路沖地震において被害を受けた地域の市町村人口と配水管平均口径を調べた結果を図4に示す。回帰式は次式となる。 $D_0 = 92.5N^{0.104}$  ( $D_0$ : 配水管平均口径(mm),  $N$ : 市町村人口(万人)) … (8)。市町村平均人口の分布を利用して、配水管平均口径の分布を推定すると、平均値105.7mm、標準偏差19.1mmとなった。次に、配水管の地震被害率の期待値の分布を推定する。図5に亀田ら<sup>4)</sup>によって求められた仙台、東京、大阪、福岡および本研究で求めた

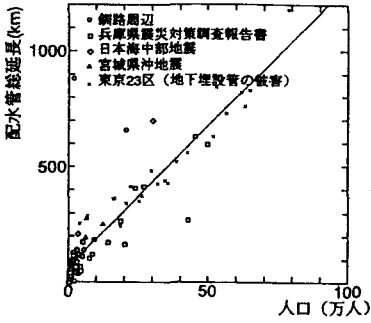


図-3 市町村人口と配水管総延長の関係

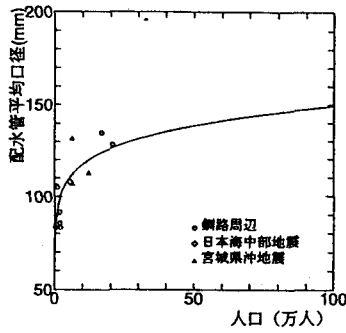


図-4 市町村人口と配水管平均口径の関係

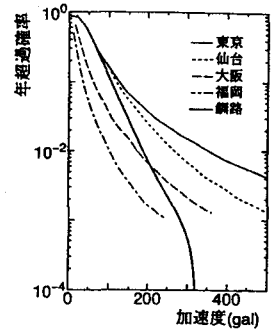


図-5 仙台、東京、大阪、福岡、の釧路市のハザード曲線

釧路市の最大加速度ハザード曲線を示す。これらのハザード曲線から、上水道被害率と最大加速度との関係から定義される次式、

$$\log(100 \cdot R_0) = 0.0037A + 0.9362 \quad : A \geq 100 \text{ (gal)} \dots (9),$$

$$\log(100 \cdot R_0) = 0.0131A \quad : A < 100 \text{ (gal)} \dots (10)$$

を用いることにより、被害リスク曲線を求めた。次に、被害率の年間期待値 $E(R_0)$ 、配水管総延長 $L_0$ 、被害箇所当たりの平均被害額 $q_0$ の対数正規乱数を全国市町村数だけ発生させ、(3)式を用いることにより被害額の年間期待値頻度分布が図6のように得られた。実際の保険料は、被害額の年間期待値に対して、付保割合を考慮して算定される。ちなみに、過去の災害補助の実績から付保割合0.45と仮定すると、年間保険料の総額は25億1411万円となる。また、釧路沖地震における実際の上水道被害額は、11市町村で1億7千万円程度であり、地震保険の年間危険準備金(55億8690万円)に対して1.6%程度とかなり小さくなっている。釧路市だけの被害額は7737万円であり、釧路市の年間保険料1218万円の約6.4倍となる。

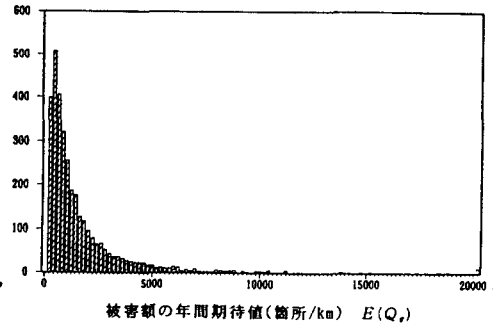


図-6 被害額の年間期待値の頻度分布

4.まとめ 都市ライフラインのリスクマネジメントに関する検討を行い、保険制度の提案を行った。さらに日本全国における上水道配水管について保険シミュレーションを行い、その可能性を示した。

【参考文献】 1) 釧路市水道部：釧路地震災害復旧関係資料(工事発注同)，1993。 2) 朝日新聞社：'93民力，1993.6。 3) (財)矢野恒太記念会：'93日本国勢図会，第51版，1993。 4) 亀田弘行，石川裕：ハザード適合マグニチュード・震央距離による地震危険度解析の拡張，土木学会論文集，第392号/I-9，1988.4。