

図 38 単独処理の和と併用処理の比較

### 3.5 浄水場の濁度管理についてのアンケート調査及びヒアリング調査

#### 1) アンケート調査

原水が表流水で処理能力が 101m<sup>3</sup> 以上 10,000m<sup>3</sup> 以下の浄水場を所有する 274 事業体に対し濁度管理に関するアンケート調査を実施した結果、216 事業体 (234 浄水場) から回答を得た。

その結果、指標菌が検出されたことがある浄水場が 191 か所 (全体の 82%) であり、そのうち、ろ過池出口濁度が 0.1 度を超えることがある浄水場が 34 か所 (18%)、0.1 度を越えないにしても管理に困難・苦労している浄水場が 56 か所 (29%)、合わせて 90 か所 (47%) の浄水場で濁度管理が難しいという結果であった。

難しさの理由を回答の多い順に挙げると、「凝集剤注入制御が困難」、「沈殿・ろ過施設の能力不足」、「無人であり監視不十分」、「凝集剤単独での対応が困難」、「遠方監視であり適切な管理が困難」、「故障トラブル」、「専門技術者がいない」であった。

#### 2) ヒアリング調査

アンケート調査に回答した事業体のうちの 2 事業体に対しヒアリング調査を行った結果、「濁度 0.1 度を基本と考えるが、その数値に対しては柔軟性をもたせてもよいのではないか」、「原水が溜池であり付近に酪農等もなく、クリプト等のリスクが低い」、「緩速ろ過のため濁度管理が難しい」などの意見があった。

## D. 考察

### 1. 水道事業体のニーズに合った浄水膜の性能・仕様等の検討

#### 1.1 膜ファウリング発生機構に関する知見の集積

これまでの研究では、主にフミン質からなる有機物の疎水性画分がファウリングの要因物質であるものと指摘されてきた。しかし、本研究では、いずれの水源原水についても疎水性画分のろ過における膜差圧の挙動は、逆洗で回復する可逆的ファウリングを示した。一方、親水性画分では、いずれの水源原水についても逆洗では回復しない不可逆的ファウリングが生じたことを示す結果であった。したがって、不可逆的ファウリングの要因物質は、水源の種類によらず、有機物の親水性画分であることが明らかとなり、その主な成分として植物プランクトンの代謝等に由来する多糖類が考えられる。

#### 1.2 浄水処理に適した膜の材質、製造方等の検討

TIPS1 の構造を持つ中空糸膜で最もファウリングが抑制された理由として、原水流入側の緻密層 (膜細孔径が小さい) 表面上にケーキ層が形成され、ファウラントがケーキ層に捕捉されることにより膜細孔内への侵入と吸着が少なく、また、ろ過水流側側の多孔構造 (膜細孔径が大きい) で逆洗が効果的に行われたものと考えられる。一方、NIPS2 の構造では、ファウラントが膜細孔内へより多く侵入、吸着し、また、逆洗が効果的に行われなかったため、最もファウリングが進行したものと考えられる。このように、中空糸膜の構造とファウリング特性との関係が明らかとなり、ファウリング抑制に効果的な膜構造に関する知見が示された。

#### 1.3 ポリマーブレンドによる中空糸膜への耐ファウリング性付与に関する研究

中空糸膜の性質として強度と耐ファウリング性との間にトレードオフの関係が存在することが知られている。PVDF は強い疎水性を持ち強度に優れた膜素材であるが、耐ファウリング性を高める研究例はまだ少な

い。親水性ポリマーである PVP を PVDF にブレンドし、低い凝固浴温度による TIPS 法で製作した中空糸膜では PVDF 膜に比べて大幅なファウリング抑制が認められ、強度は PVDF 膜と遜色ないものとなった。このように、親水性ポリマーのブレンドによって膜素材に耐ファウリング性が付与され、また、適切な製作方法によって強度が得られることが分かった。

#### 1.4 中空糸膜の逆洗効果に関する研究

ろ過流速が高い場合に明らかな膜差圧上昇が見られた要因として、高いろ過流速によって原水中に存在する微粒子の膜細孔内への進入がより促進され、閉塞が著しく進行したことが考えられる。また、ろ過流速 3.0 m/日において、逆洗流速の高さとファウリングの進行との間に明らかな関連性が認められなかった要因として、逆洗流速によっては、ろ過の過程で膜表面に堆積して微粒子を補足するファウリング層の多くが除去されたことにより微粒子が膜細孔内へ侵入しやすくなり、閉塞が進行することがあるものと考えられる。

中空糸膜の長さ方向においてファウリングの進行に分布がみられた要因が逆洗効果の偏りによるものか、ろ過によるファウリング発生への偏りによるものかについては明らかにすることができなかった。しかし、このようなファウリングの進行の分布が実設備での膜ろ過運転においても生じるのであれば、中空糸膜のろ過水吸引及び逆洗水供給側付近におけるファウリング抑制を目的とした新たな膜モジュール設計への展開が期待できる。

## 2. 膜ろ過施設の維持管理の高度化等

### 2.1 維持管理の実態調査

膜ろ過浄水技術のガイドラインである USEPA(米国環境保護庁)の「Membrane Filtration Guidance Manual」等において、膜損傷の検出方法としては直接法と間接法の併用が望ましいとされているが、実際には多くの施設において間接法のみが適用され、併用は少ないことが明らかとなった。したがって、膜損傷に対する直接法、間接法の有効性について明らかにし、どのような試験方法の適用が望ましいかの検討が必

要と考えられる。

また、薬品洗浄は、膜を不可逆的ファウリングから回復させるための手段であるが、薬品は膜を変質させる要因にもなることから、薬品洗浄の実施が膜の劣化に影響を与える可能性が指摘されている。仮に実設備において一般的に行われている薬品洗浄が膜の寿命に直接影響を与えているとすれば、洗浄方法や頻度等について見直さなくてはならず、その影響について検討する必要がある。

### 2.2 膜損傷及び薬品洗浄に関する検討

#### 1) 膜損傷の程度と損傷検出感度との関係

間接法において、裂傷、刺し傷、切断を施した中空糸膜ではろ過水濁度の明らかな上昇が見られたものの、実設備の規模においては、処理水量に対して原水のリークによる濁度の割合が小さいため、膜損傷としての検出は困難と考えられる。また、圧力保持試験に代表される直接法では、中空糸膜において、膜を貫通するような損傷(擦過を除く)の検出が可能であったことから、有効な膜損傷試験方法と考えられる。したがって、浄水処理の安全管理の点から、膜損傷試験には、少なくとも直接法の適用が必要であると考えられる。一方、ろ過水濁度の計測による間接法は、膜損傷を検出する感度が認められなかったものの、USEPAの「Membrane Filtration Guidance Manual」をはじめ、直接法を補完する試験方法として位置づけられている。また、微粒子カウントを採用している国内の浄水場においては、損傷が確認された膜モジュールの交換後、ろ過水中の 1  $\mu\text{m}$  以下の微粒子数が明らかに減少したとの事例があり、ろ過水の微粒子監視が膜損傷検出の一つの手法となりうるものと考えられている。したがって、間接法については、ろ過水の濁度や微粒子数データ等の分析による膜損傷検出の指標の確立が期待される。

#### 2) 薬品洗浄が膜の劣化に及ぼす影響

実験結果から、膜を一般的に用いられている薬品の種類及び濃度の薬液へライフサイクルに相当する期間以上浸漬しても性能には変化が見られなかったことから、薬品洗浄は、実設備での運用において、損傷が生じるような膜の劣化に直接影響すること

はないものと考えられる。

### 3. 浄水プロセスへの紫外線処理の適用

#### 3.1 地表水以外の水への適用における紫外線処理設備維持管理マニュアルの作成

紫外線処理導入済み事業体へのアンケート調査及び現地調査結果や既存の知見を基に対応策を取りまとめ、地表水以外の水への適用における紫外線処理設備維持管理マニュアルを作成した。

#### 3.2 紫外線照射試験

紫外線照射試験の結果、対象水中の前駆物質濃度が高く、さらにクリプトスポリジウム等対策として用いる照射量よりも非常に高い照射量で照射すると、臭素酸、亜硝酸態窒素、アルデヒドが生成され、THM は分解されることが分かった。

一般には、このような照射量とならないように設計されるが、例えば、頻繁な運転停止を避けるため水を流さずにランプを点灯し続けるような運転をする場合には、紫外線が過照射とならないような配慮が必要であると示唆された。

通常の水道原水に含まれるレベルの臭化物イオン濃度 0.5 mg/L 以下、残留塩素 1 mg/L 以下とする実験の結果、実装置において臭素酸に係る水道水質基準を十分満足できることが確認できた。また、紫外線処理の対象水に TOC 成分が含まれる場合には、臭素酸が生成されない。これは、残留塩素が TOC 成分と優先的に反応して THM を生成し、臭素酸生成が抑制されるためと推測された。

通常の水質の範囲内では水道水質基準を超過することは考えにくい。塩素処理の後段に紫外線処理を設置する場合には、臭素酸及び THM の生成に留意が必要である。したがって、水源が地下水の場合には、紫外線処理の適用位置は塩素処理の前段が基本となる。水源が地表水の場合には、前塩素、中間塩素処理により残留塩素が存在することが考えられるので、紫外線処理の適用位置は、凝集沈澱ろ過等の後段つまり TOC 成分を極力低減したあとが基本となる。

#### 3.3 紫外線処理による地表水への適用に関

#### する研究

紫外線処理の適用位置に関して、米国環境保護庁の「紫外線消毒ガイダンスマニュアル」から情報を収集し、適用位置ごとの特徴を整理した。

また、地表水を水源とする施設へ紫外線処理を適用する場合の濁度条件として、「EU 飲料水水質指令」の“1.0NTU を超えない値”、「WHO 水道水質ガイドライン」の“濁度の中央値は 0.1NTU 未満”、「米国環境保護庁」の“サンプルの 95% は 0.3NTU 以下”は一つの目安になると考えられた。

紫外線処理の効果に及ぼす濁質の影響について、濁質としてカオリンを用いて調べた結果、実験を行った範囲では、濁質は紫外線を反射することによって処理効率を高める効果を示した。浄水場逆洗水に含まれる濁質も同様の効果を示し、照度比（＝生残率と試料吸光度から計算される紫外線照度÷紫外線照度の実測値）は1よりも大きい値となった。

モデル化においては、一次反射光のみを考慮することによって、おおむね良好な関係式が得られたが、より一般的な表現にするためには更なる実験が必要である。

浄水場の原水及び沈殿池出口水を試験水とする HPC の不活化実験を行った結果、紫外線量が 15mJ/cm<sup>2</sup> 程度までは一次反応的に不活化したが、それ以上の紫外線量においてはテーリングが見られた。この理由を実験的に検討した結果、濁質の影響ではなく、紫外線耐性の高い細菌の存在であることが分かった。実験を行った範囲で、水の種類、ろ過の有無によって紫外線照射の効果に大きな差が見られなかったことから、実験を行った範囲の濁度では、紫外線照射効果に影響しないということが分かった。

以上の結果から、濁度が 5 度程度以下又は水道水質基準である 2 度を満たしていれば、水中の微生物に紫外線が到達し、耐塩素性生物の不活化に効果的に適用できると考えられる。浄水プロセスにおいて紫外線照射は最終段階で適用されるため、通常の除濁処理が良好に行われている場合においては、その水源種別を問わず良好に紫外線照射の効果を得られるものと考えられる。

### 3.4 紫外線処理による塩素代替消毒法及びマルチバリア消毒法に関する研究

対象水への紫外線照射実験結果は、水道水のような低レベルの有機物変化も蛍光強度で測定することができるということを示している。ただし、透過率 95%を保持しつつ、蛍光強度の変化が大きく生じるような条件にするためには、より反応効率の高い光触媒粉末の模索が必要と考えられる。

数種の病原細菌・ウイルスの波長依存性、及び国内複数の浄水場浄水の1年間の吸光スペクトルを測定した結果、中圧及び低圧UVランプの適用に際し、一般的な消毒性能が担保できることが分かった。ただし、中圧UVランプの正確な評価のためには、254nm吸光度だけでなく対象水のスペクトルデータを把握しておくことが重要であると考えられる。

また塩素と紫外線の併用処理によって大腸菌に与える損傷部位が、単独処理と異なるかどうかを検証した結果、併用処理によって不活化率は高まるものの、作用機構に関しては単独処理と異なることが分かった。

### 3.5 浄水場の濁度管理についてのアンケート調査及びヒアリング調査

中小水道事業者の多くが、ろ過池出口濁度 0.1 度の管理に困難を来しており、その原因の多くが、施設の能力や人材不足であることから、比較的安価で維持管理性もよい紫外線処理に対する期待が大きいことが分かった。

## 【管路部門】

### A. 研究目的

水道は社会基盤施設として重要な役割を果たし、より安全・安心な水道水の供給が求められている中で、老朽化が進む基幹水道施設の更新等の方策や、近年頻発する地震等への対策が急務である。これらを推進するため、老朽化や地震被害による断水・漏水等のリスクを防止・軽減するための手法の確立が求められており、これを実現すべく、基幹水道施設の機能診断手法、地震による管路被害の予測手法等の確立を目的として、研究活動に取り組んだ。

#### 1. 基幹水道施設の機能診断手法の検討

国内の基幹水道施設は、高度成長期にその多くが整備され、以後 40 年余りが経過して現在に至っている。こうした中、多くの基幹水道施設において老朽化が顕在化し、更新が迫られている一方、水道事業者の経営環境は、給水人口減少による料金収入の減少、少子化に伴う人的資源の減少等、厳しい状況が続いており、このような背景の下、老朽化した基幹水道施設の機能について効果的な診断を行い、シビルミニマムを満たしかつ効率的な更新構想を立案できる手法が求められているところである。

こうしたことから、本研究は、大規模から中小規模のすべての水道事業者において利用可能な水道施設の機能診断手法の検討を行うことにより、水道事業者における確実かつ効果的な更新構想立案を支援することを目的とする。

#### 2. 地震による管路被害の予測等

兵庫県南部地震における水道施設の甚大な被害を契機に、水道施設における地震対策の重要性が再認識されることとなったが、この地震以後も、新潟県中越地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震、更には地震被害とともに大津波被害を誘発した東北地方太平洋沖地震など、各地で多くの被害を伴う地震が頻発しており、水道施設の耐震化の重要性はますます高まっている。水道管路の地震被害は、継手の抜けや管体破損による断水・漏水の発生が主であり、兵庫県

南部地震の管路被害実績をもとに、管路の地震被害予測手法が開発されてきた。

このような背景のもと、以下のような課題が顕在化してきている。

- ・近年の地震被害は、兵庫県南部地震のような都市部の過密な管路における被害発生だけではなく、中小規模都市、山間部の非過密地域においても管路被害が多発している。
- ・従来の地震による管路被害予測手法は、管種別にその被害率が算出されるものであるが、近年の地震被害実績の解析により、管種だけではなく、継手構造にも大きく影響されることが明らかになっており、これらへの対応が求められている。

本研究では、これらの課題を解決すべく、水道事業体から被害予測手法のニーズを調査し、その対応策を検討するとともに、近年の地震（新潟県中越・能登半島・新潟県中越沖地震）による管路被害を解析して、水道事業体の的確な地震対策を実施可能とする、新たな被害予測手法を開発することを目的とする。

## B. 研究方法

研究代表者、研究分担者のもと、学識者、水道事業体、民間企業の技術者等で構成される研究協力者により管路研究班を設置し、そのもとに研究課題に応じて、2つのワーキンググループ（機能診断ワーキンググループ、地震ワーキンググループ）を設け、2つのテーマについて研究を進めた。

以下、テーマごとに具体的な研究方法を示す。

### 1. 基幹水道施設の機能診断手法の検討

#### 1.1 水道施設機能診断マニュアルの作成

##### 1) 浄水施設等の機能診断手法

浄水施設等の機能診断手法の一つとして、水道技術研究センターが厚生労働省からの受託研究として開発し、平成17年に「水道施設機能診断の手引き」としてとりまとめた手法がある。この手法は管路を除く水道施設全般を対象として、運転管理及び維持管理の観点から現況機能の評価・診断を可能とするものであるが、運転管理に関する

保有データが不十分な中小規模水道事業体では使いにくいという一面がある。こうしたことから、この手引きの手法をベースとしながら、規模の異なる6水道事業体においてケーススタディを実施し、手法案の課題抽出と改善を繰返し、中小規模水道事業体でも使いやすいように修正・改良した。

ケーススタディは、以下に示す大中小水道事業体の浄水場を対象に実施した。

- ・宇部市ガス水道局 広瀬浄水場： 粉末活性炭吸着設備－高速凝集沈殿池－急速ろ過池－浄水池 ほか
  - ・長崎市上下水道局 道ノ尾浄水場： 粉末活性炭吸着設備－凝集池－薬品沈殿池－急速ろ過池（複層）－浄水池 ほか
  - ・豊中市上下水道局 芝原浄水場： 高速凝集沈殿池－急速ろ過池－浄水池 ほか
  - ・大阪府島本町上下水道部 大藪浄水場： エアレーション設備－凝集池－薬品沈殿池－急速ろ過池－浄水池 ほか
  - ・岡山市水道局 大内浄水場： エアレーション設備－凝集池－薬品沈殿池－急速ろ過池 ほか
  - ・同 川口浄水場： 凝集池－薬品沈殿池－急速ろ過池－浄水池 ほか
- なお、大内、川口両浄水場は岡山市が合併に伴い町村から引継いだ小規模施設である。

##### 2) 管路の機能診断手法

「水道施設機能診断の手引き」では管路を機能診断の対象外としていることから、管路用の診断手法を開発することにより水道施設全体を診断する手法の構築を図った。このため、中小水道事業体における管路管理情報量と管理方法などを調査し、これを基に浄水施設等と同様の機能診断手法案を作成した。この案を基に、既に管路更新計画策定済みの種々の規模の水道事業体においてケーススタディを実施し、課題の抽出と改善を重ねるとともに、診断手法の有効性・合理性を確認して、管路の機能診断手法を確立した。

ケーススタディは、以下の中小水道事業体において実施した。

- ・宇部市ガス水道局： 西が丘配水ブロッ

ク（広瀬浄水場系統）、マッピングシステムによる配管図管理

- ・長崎市上下水道局： 道ノ尾水系、CAD 図による配管図管理
- ・佐世保市水道局： 北部水系（山の田・大野）、CAD 図による配管図管理
- ・大阪府能勢町地域整備課水道係： 東山辺配水池系、マッピングシステムによる配管図管理

### 3) 水道施設機能診断マニュアル

浄水施設等の機能診断手法及び管路の機能診断手法を「水道施設機能診断マニュアル」にとりまとめて記載した。マニュアル作成に当たっては、両手法の内容を詳細に分かりやすく記載するとともに、機能診断を実施する際の留意事項及び説明を追加・充実し、併せて「よくある質問（FAQ）」を追加記載した。

## 1.2 評価点自動計算ソフトの作成

人的・技術的に余裕の少ない中小規模都市においても「水道施設機能診断マニュアル」を使い易くするため、必要データを入力し又は機能状況に関する設問への回答を選択することによって機能評価点等が自動計算される「評価点自動計算ソフト（これは楽々、機能診断）」及びこの使用説明書を作成した。作成に当たっては、計算ソフト案を基にケーススタディを実施して、使用上等の課題の抽出及びその改善を重ねた。

ケーススタディは、宇部市、岡山市、神戸市、長崎市、大阪府能勢町の各水道事業体において実施した。

## 2. 地震による管路被害の予測等

### 1) 被害予測手法の課題に関するアンケート調査

すべての水道事業体が利用し易い管路の地震被害予測式の構築及びマッピングシステムへの拡張性を検証するため、現在、実際に管路の被害予測を実施している水道事業体と未実施の水道事業体に対して、それぞれ被害予測手法の課題に関するアンケート調査を行った。

被害予測を実施している事業体へのアンケートは、現在利用している既存予測式や使用環境及びデータの保有管理状況に関す

る実態調査を行い、未実施の事業体については、被害予測実施の阻害要因や必要性の有無等を調査し、問題点や改善事例等について抽出・分析することにより、使い易い被害予測式の構築を目指した。

また、被害予測を実施している事業体へのアンケートの対象事業体は、水道技術研究センターにより被害予測を実施していることが確認された 37 事業体を対象とした。被害予測を実施していない事業体に対するアンケートは、センター会員 227 事業体を対象とした。

### 2) 想定地震動の評価

管路の被害予測式を構築するに当たり、想定地震動強さを決定する必要がある。地方自治体の地震防災計画等において、想定地震動が既に策定されている場合はそれを用いるケースが考えられる。また、水道事業体で独自に設定する場合は、簡易で精度のよい手法を提供する必要がある。そこで、全国の自治体の地震防災計画等で採用されている想定地震動の策定方法を調査・分析した。

### 3) 管路被害データベースの構築

管路の被害予測式を構築するに当たっては、想定地震動強さとともに、管路被害状況についても整理しておく必要がある。そこで、兵庫県南部地震、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震の水道管路被害データを収集するとともに、地震動強さ、地盤条件に関する資料も収集し、GIS（地理情報システム）データベースの構築を行った。管路被害については GIS 上の管路図に被害地点をプロットするとともに、管路属性である管種、口径、布設年度、継手種類などを入力するとともに、メッシュごとの地震動強さ、各種地盤条件を入力し、データベースを構築した。

### 4) データ解析

構築したデータベースを基に、管路被害率とこれに影響する要因（管路属性、微地形分類、地震動強さ等）との関係及び影響度合いについて、クロス集計及び多変量解析によってデータ解析を行い、管路被害予測式におけるこれらの要因別の補正係数を求めることとした。

#### ①クロス集計

GIS を利用して電子化された管路図に被

害地点をプロットすることにより、被害率（件/km）が管種、口径、継手種類ごとに算出され、更にこれに電子化された微地形分類図と組み合わせることにより、微地形分類ごとの被害率も算出することができる。これらの電子データのクロス集計により、微地形分類、管路属性である管種、口径、継手種類の各要因と被害率の関係を分析した。

## ②多変量解析

管路の被害予測式においては被害率が目的変数となるが、被害率には微地形分類、地震動強さ、管路属性である管種、口径、継手種類の各要因が複雑に影響し合っているので、それぞれの要因が被害率にどの程度影響しているのかを、多変量解析によって定量的に分析した。本解析では目的変数である被害率が量的変数であるので、数量化理論第Ⅰ類による多変量解析とした。

## 5) 管路被害予測式の提案

管路被害予測式の構築に当たっては、従来の被害予測式と同様に、標準被害率に各要因の補正係数を掛けることによって、管路毎の被害率を算出する手法を採用することとした。

ート-3によって、抽出された管路・設備それぞれに「改善必要度」を算出し、改善の優先順位を付ける。最後に、カルテシート

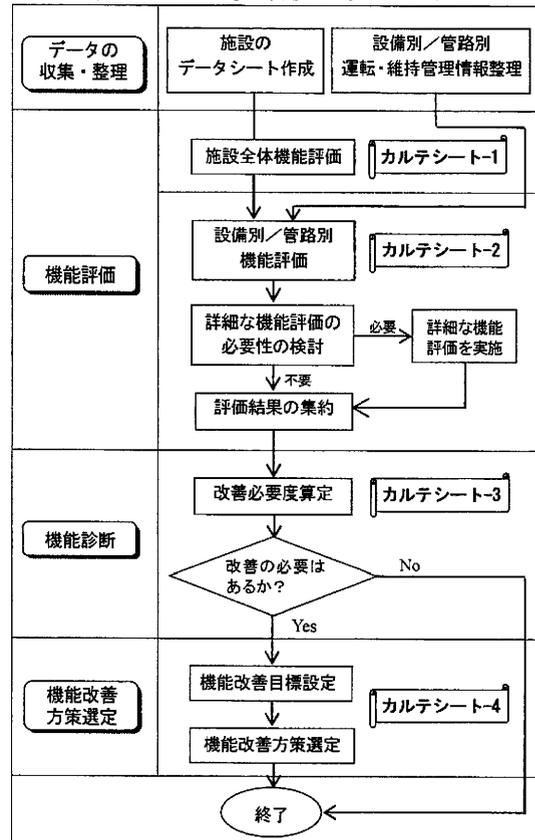


図 39 機能診断等の実施手順

## C. 研究結果

### 1. 基幹水道施設の機能診断手法の検討

#### 1.1 水道施設機能診断マニュアルの作成

「水道施設機能診断の手引き」における診断手法をベースに、浄水施設等の機能診断手法及び管路の機能診断手法を確立し、「水道施設機能診断マニュアル」としてとりまとめた。

本マニュアルにおける機能診断手法の概要は以下のとおりであり、また実施手順を図 39 に示す。

機能診断対象は、取水、導水、浄水、送水、配水の各施設及びこれらを構成する管路・設備である。機能診断は施設種別ごとに設定されているカルテシートを用いて実施する。具体的な手順は、必要資料を整理したのちカルテシート-1によって「全体機能評価」を行い、各施設の現況機能の概要を把握する。次にカルテシート-2を用いて「管路・設備別機能評価」を行い、機能の劣る管路・設備の抽出を行う。更に、カルテシ

-4 を用い、改善が必要と判断された管路・設備の改善方策の選定を行う。

本研究においては、上述の機能診断手法の確立とともに機能評価・診断作業のためのカルテシート-1 からカルテシート-3、及び機能改善方策を選定するためのカルテシート-4 を作成した。さらに、機能診断マニュアルには、機能診断の内容の理解と確実・適切な実施に資するように、機能診断を実施する上での留意事項、解説を追加・充実するとともに“よくある質問 (FAQ)”を追加した。

#### 1) 全体機能評価 (カルテシート-1)

全体機能評価については、取水・導水・浄水・送水・配水の施設ごとに評価指標を設定し、施設全体の包括的評価を可能とし、機能低下が生じている施設、設備群、管網等を抽出できるものとした。

評価指標は、施設更新に必要な最小限の指標を用いる簡便な「クイック評価」と、



3) 設備別/管路別改善必要度算出 (カルテシート-3)

設備別/管路別改善必要度は、機能低下が生じている設備、構成資機材、管路等に対して、機能に支障が生じた場合の影響度合を評価し、影響度合に応じての機能改善の必要性を判断するものであり、狭義の「機能診断」ともいわれるものである。影響度合は、影響の「範囲」・「期間」及び支障発生「可能性」のそれぞれを評価し、これらの評価結果の幾何平均値として求められる。

$$\text{改善必要度} = \left( \frac{\text{①範囲} \times \text{②期間}}{\text{影響のボリューム}} \right) \times \left( \frac{\text{③可能性}}{\text{発生確率}} \right)$$

なお、設備別改善必要度算出では、影響度合を評価するための判定基準を、事例を紹介しながら示し、それを参照しながら影響度合を評価できる。また、管路の改善必要度の算出では、影響項目ごとに設問と回答(評価区分)を用意し、適切な回答を選択することによって行うことができる。

表 10 に設備別改善必要度における影響度判定基準の一例を、図 42 に管路の改善必要度算出のためのカルテシート-3の例(一部分)を示す。また、図 43 に診断手法の妥当性の確認結果の一例を示す。これは本診断手法を用いて評価された管路の改善優先順位と、ケーススタディ実施事業体が独自に詳細診断を行って評価していた既存の改善優先順位とを比較したものである。両者はおおむね一致し、本手法の診断結果の妥当性が確認された。小規模事業体など、ほかのケーススタディにおいても同様の結果を得た。

表 10 影響度判定基準の一例

評点	物理的影響A (影響を受ける給水件数)
4	給水に致命的な影響を与える。 例) 「減断水によりおおむね50%以上の世帯(給水件数)に影響が出る」
3	給水に重大な影響を与える。 例) 「減断水によりおおむね25%以上~50%の世帯(給水件数)に影響が出る」
2	給水に影響を与える可能性がある。 例) 「減断水によりおおむね5%以上~25%の世帯(給水件数)に影響が出る」
1	給水への影響は小さい又は無視できる。 例) 「減断水によりおおむね5%未満の世帯(給水件数)に影響が出る」

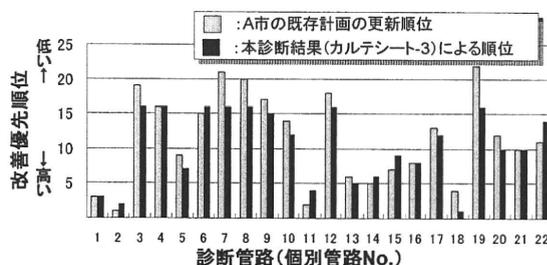


図 42 本診断手法による優先順位と詳細診断による優先順位との比較結果

4) 機能改善方策選定 (カルテシート-4)

機能改善方策選定の作業は、機能低下が生じている要因や設備、構成資機材、管路等に関する複数の改善方策の中から、最も効果的・合理的で経済的にも優れた方策を選定するものである。簡便で的確な改善方策選定のための評価項目を採用するとともに、選定作業の際の判断を容易にするため、具体的な改善方策例やカルテシート-4の記入例を記載した。

No	詳細設問	評価区分	判定点	点数内訳	改善必要度 (100点満点)
シート2 評価点	機能改善が必要な項目数は? (合計点50点以下)	4点:4項目すべて 3点:3項目 2点:2項目 1点:1項目 0点:なし	3	19/50	60/100
給水 影響	影響範囲は大きいか?	4点:極大 3点:大 2点:中、又は[不明の場合] 1点:小 0点:極小	4		
老朽化 影響	年代管種別の経年化レベルは?	別表4参照	2	41/50	
社会的 影響	対象区間が該当する下記の項目数は? ○地域防災計画等に位置づけ...への給水ルート ○防災拠点、避難所...への給水ルート	4点:4項目以上 3点:3項目 2点:2項目 1点:1項目 0点:なし	4		

図 43 管路のカルテシート-3の例 (一部分)

## 5) 水道施設機能診断マニュアル

水道施設機能診断マニュアルは、前述 1)～4)のカルテシートを網羅するとともに、機能診断を実施する上での留意事項や説明を追加・充実するとともに、「よくある質問 (FAQ)」を追加し、より使い易いマニュアルとした。

## 1.2 評価点自動計算ソフトの作成

機能診断作業を簡便化するため、評価点自動計算ソフト及び使用説明書を作成した。

### 1) 評価点自動計算ソフト

水道施設機能診断マニュアルを用いた機能診断の作業を容易にするため、評価点自動計算ソフト「これは楽々、機能診断」を作成した。本ソフトを用いることにより、施設全体機能評価から機能改善必要度算定までの診断作業に伴う評価点の算出等を、必要項目を入力することによって自動で行うことができる。なお、機能改善方策の選定については、自動計算になじみにくいため、本ソフトでは対象外としている。

### 2) 使用説明書

水道施設機能診断マニュアルとは別に、評価点自動計算ソフトの使用説明書を別冊としてとりまとめた。本説明書は計算ソフトの作業手順のみならず、作業ごとにマニュアルにおける位置づけが明確となるよう配慮した。

## 2. 地震による管路被害の予測等

### 2.1 被害予測手法の課題に関するアンケート調査

#### 1) 被害予測実施済み事業者向けアンケート調査

アンケート調査 37 事業者のうち、34 事業者から回答を得た。回答結果を整理し、以下に示す項目で現在の状況や問題点を抽出した。その内容の主な特徴を示す。

- ①被害予測の対象管路を任意に設定している場合は、ほとんどが口径によって対象管路を設定している。
- ②配水支管等、応急復旧等で十分対応が可能である管については、被害予測を行っていない事業者が多い。
- ③被害予測式の繁雑さから地盤情報等の補正を考慮しないで被害予測を実施している事業者も確認された。

④被害予測式を構築するに当たり改善・考慮してほしい要望が多くあった項目は次のとおりである。

- ・各管種の継手の取り扱い (ダクタイル鋳鉄管、鋼管、塩ビ管の継手別の扱い)
- ・地盤区分の扱い
- ・液状化区分の扱い

⑤現在、各事業者が使用している被害予測式の改善対策として、管種や口径及び地形や地盤に関する補正係数と液状化について別途、係数を設定し対応付けを行い、被害予測式に適用できるように独自にカテゴリライズするという事例があった。

⑥被害予測評価のメッシュサイズは「250mメッシュ」「500mメッシュ」が多く使用されている。これは、地形・地盤、液状化に関する情報を県や市町村の防災計画から入手しており、そのメッシュサイズに合わせているためである。

⑦被害予測の利用形態としては、管路更新計画や内部資料、議会説明用として主に活用している。

⑧ほぼすべての事業者において、被害予測結果はマッピングシステムとは別のシステムを構築している。

#### 2) 被害予測未実施事業者向けアンケート調査

アンケート調査対象であるセンター会員 227 事業者のうち、171 事業者から回答を得た。回答結果を整理し、以下に示す項目で現在の状況や問題点を抽出した。その内容の主な特徴を示す。

- ①管路属性の管理については、事業者規模を問わず、多くの事業者において、管種・口径・継手・布設年について管理していることが確認された。また、管種別継手形式に関する管理状況は、約 85%の事業者が DIP を継手形式ごとに管理している。
- ②管路の耐震化計画等を実施している事業者は全体の 2 割弱であるが、約 8 割の事業者で策定予定中や将来的に実施したいという要望が確認された。
- ③被害予測を実施していない場合の更新の優先順位は、「管種」、「経過年数」、「事故歴」、「重要管路」を基準に決めている。
- ④被害予測の実施範囲については、「基幹管路となる導送配水本管レベル」までとする意見と、「配水支管レベル」まで必要

との意見が多くあった。

## 2.2 想定地震動の評価

想定地震断層が与えられた場合の各地点における想定地震動強さの評価手法は、既に多くの研究者によって提案されているが、自治体の地震防災計画等に用いられている手法について整理、分析した。この結果、以下のことが明らかとなった。

- ①工学的基盤面における地震動強さをまず求め、そこから地表面までの増幅特性を考慮して地表面における地震動強さを求める手法を用いている場合がほとんどである。
- ②それぞれ、詳細法と簡易法の2とおりがあるが、近年、計算に必要なパラメータが少なく簡易に求められる手法が多く用いられている。
- ③地震動強さとして最大加速度を採用しているものが多いが、管路被害との相関が高いと言われている最大速度も採用している場合がある。

## 2.3 管路被害データベースの構築

管路被害データを収集するに当たり、平成16年新潟県中越地震、平成19年新潟県中越沖地震の水道管路被害データを収集・分析したが、小口径管の布設延長が長く、被害数も小口径管に多いことから、大口径管の被害予測にはこれらのデータだけでは十分でないことが明らかとなった。このため、平成7年兵庫県南部地震における神戸市、芦屋市、西宮市の被害データを改めて精査し、データベースに追加した。それらをGIS上の管路図に被害地点としてプロットするとともに、管路属性である管種、口径、継手種類、メッシュごとの微地形分類、地震動強さを入力し、管路被害データベースを構築した。

データサンプル数は、兵庫県南部地震2,170、新潟県中越地震277、新潟県中越沖地震491の合計2,938である。

## 2.4 データ解析

クロス集計と多変量解析の両方に用いる管路の延長として、図44に管種別布設延長、図45に口径別布設延長を示す。なお、「兵庫県」は、兵庫県南部地震における神戸市、

芦屋市、西宮市のデータ、「新潟県」は、新潟県中越地震における旧長岡市、小千谷市、及び新潟県中越沖地震における柏崎市、刈羽村のデータであり、「合計」は、これらの合計である。

なお、今回クロス集計及び多変量解析の対象外とした兵庫県南部地震における宝塚市と能登半島地震のデータは、被害予測式の精度を検証するために用いることとしている。

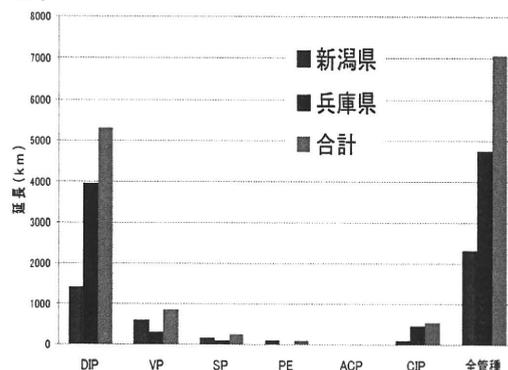


図44 管種別の布設延長

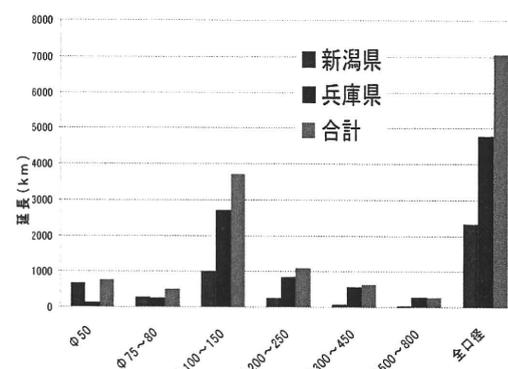


図45 口径別の布設延長

### 1) クロス集計による被害分析

被害率を微地形分類、管種、口径、継手種類ごとに算出し、それぞれの要因がどのように被害に関与しているのかを分析した。

分析結果として、図46に微地形分類と被害率の関係、図47に口径と被害率の関係、図48に管種と被害率の関係、図49に継手種類と被害率との関係を示す。

### 2) 多変量解析

250mメッシュ内の管種、口径、微地形分類ごとの被害率を目的変数として解析を行うので、メッシュ内の布設延長が短いと、被害が少数でも被害率は大きな値となる。

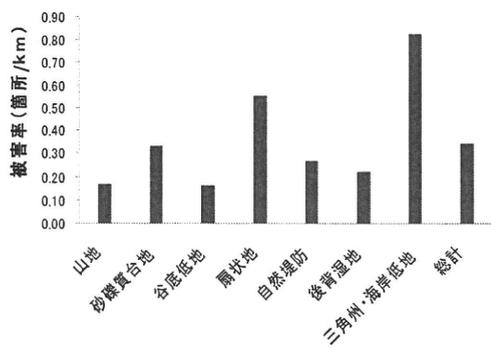
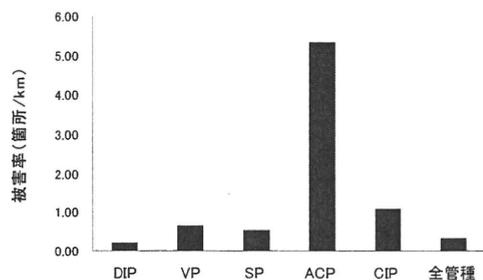


図 46 微地形分類と被害率の関係



※ACPは布設延長が短い参考のため掲載した  
PEは布設延長、被害サンプルがともに少ないため除外した

図 47 管種と被害率の関係

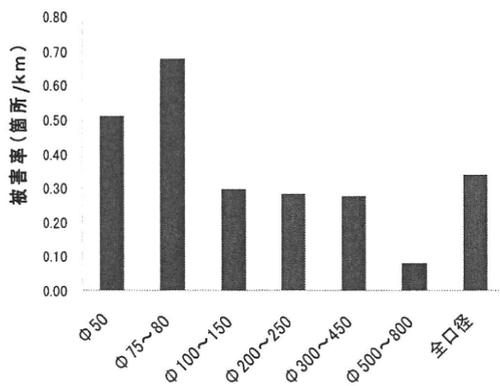
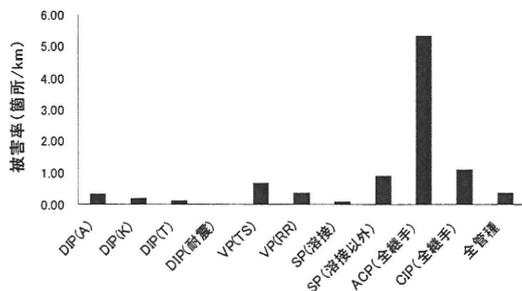


図 48 口径と被害率の関係



※ACPは布設延長が短い参考のため掲載した  
PEは布設延長、被害サンプルがともに少ないため除外した

図 49 継手種類と被害率との関係

このことを確認するために、本データベースに基づく被害率と1メッシュ内における布設延長との関係でまとめると図 50 のようになる。

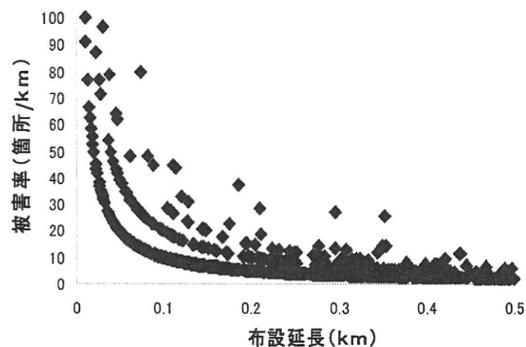


図 50 1メッシュ内の布設延長と被害率 (箇所/km) との関係

この図から、布設延長が短いと1箇所被害が発生しただけで被害率が10箇所/kmを超える場合が数多くあることが分かる。

被害率と布設延長とは力学的には無関係であるが、本研究で用いる被害率の定義とメッシュを用いた分析という手法に起因して、強い相関が生じていることが分かる。

そこで、この影響を排除するため、本来は無関係であるはずの1メッシュ当たりの布設延長も被害率を説明する変数として扱うことにした。

要因を管種、口径、微地形、布設延長としたときの多変量解析の結果を表 11 に示す。それぞれの要因が被害率に寄与している程度の大きさを偏相関係数が表しているが、この表によれば、布設延長が被害率に最も大きく寄与し、管種、微地形が続いている。

表 11 の「Ci」は、被害予測式の補正係数に相当し、「比較」の欄は基準となるものを 1.0 として基準化したときの補正係数の値である。したがって、表 11 は、他の条件が同じであれば、VP(塩化ビニル管)の被害はDIP(ダクタイル鉄管)の約2倍、CIP(普通鉄管)のそれはDIPの約3倍であることを示している。

PE(ポリエチレン管)とACP(石綿管)が解析不能となっているのはサンプル数が1つのみであったことによる。すなわち、

表 11 多変量解析の結果  
(管種、口径、微地形、布設延長)

	カテゴリスコア	サンプル数	偏相関係数	Ci	比較	
管種	DIP	1	-0.19	468	0.65	1.00
	VP	2	0.10	232	1.27	1.96
	SP	3	-0.28	27	0.52	0.80
	PE	4	-2.01	1	解析不能(注1)	
	ACP	5	14.49	1	解析不能(注1)	
	CIP	6	0.31	194	2.02	3.12
口径	Φ50	1	0.16	161	1.44	1.11
	Φ75~80	2	-0.28	112	0.53	0.41
	Φ100~150	3	0.11	436	1.30	1.00
	Φ200~250	4	-0.14	128	0.73	0.56
	Φ300~450	5	-0.13	75	0.74	0.57
	Φ500~900	6	-1.52	11	0.03	0.02
微地形	砂礫質台地	1	-0.52	231	0.30	0.16
	谷底低地	2	-0.75	68	0.18	0.10
	扇状地	3	0.27	336	1.85	1.00
	自然堤防	4	0.84	41	6.86	3.70
	後背湿地	5	-0.03	70	0.94	0.51
	三角洲・海岸低地	6	0.28	177	1.88	1.02
布設延長	0.1~0.2	1	4.30	221	解析不適(注2)	
	0.2~0.3	2	0.30	209	2.00	1324.255347
	0.3~0.4	3	-0.76	136	0.18	115.7020826
	0.4~0.5	4	-1.77	91	0.02	11.29008646
	0.5以上	5	-2.82	266	0.00	1

注1 PE, ACPについてはサンプル数不足のため解析不能

注2 1メッシュ当たりの延長不足のためばらつきが大きく解析不適

重相関係数 = 0.59

表 12 多変量解析の結果  
(管種の継手種別、口径、微地形、布設延長)

	カテゴリスコア	サンプル数	偏相関係数	Ci	比較	
管種継手	DIP(A)	1	-0.25	271	0.57	1.16
	DIP(K)	2	-0.31	67	0.49	1.00
	DIP(T)	3	0.14	105	1.39	2.86
	VP(TS)	4	0.14	215	1.39	2.84
	VP(RR)	5	-1.12	10	0.08	0.16
	SP(溶接)	6	-2.86	4	解析不能(注1)	
	SP(溶接以外)	7	0.18	24	1.50	3.08
	PE(全継手)	8			解析不能(注1)	
	ACP(全継手)	9	14.38	1	解析不能(注1)	
	CIP(全継手)	10	0.24	194	1.72	3.52
口径	Φ50	1	0.06	155	1.15	0.70
	Φ75~80	2	-0.27	112	0.53	0.33
	Φ100~150	3	0.21	423	1.63	1.00
	Φ200~250	4	-0.23	122	0.59	0.36
	Φ300~450	5	-0.39	69	0.41	0.25
	Φ500~900	6	-1.30	10	0.05	0.03
微地形	砂礫質台地	1	-0.50	223	0.32	0.18
	谷底低地	2	-0.85	65	0.14	0.08
	扇状地	3	0.26	333	1.80	1.00
	自然堤防	4	0.92	40	8.33	4.63
	後背湿地	5	-0.33	60	0.47	0.26
	三角洲・海岸低地	6	0.38	170	2.38	1.32
布設延長	0.1~0.2	1	4.13	230	解析不適(注2)	
	0.2~0.3	2	0.11	221	1.28	1705.66
	0.3~0.4	3	-0.93	140	0.12	157.45
	0.4~0.5	4	-2.03	87	0.01	12.57
	0.5以上	5	-3.13	213	0.00	1.00

注1 SP(溶接), PE, ACPはサンプル数不足のため解析不能

注2 1メッシュ当たりの延長不足のためばらつきが大きく解析不適

重相関係数 = 0.57

図 50 に示されるように、1メッシュ当たりの延長が短くなるほど被害率のばらつきが大きくなり、解析に適さないからである。表 11 の延長 0.1~0.2km の欄が解析不適となっているのは、このばらつきの大さの影響で Ci が非常に大きくなっていることを示している。

表 12 に管種の継手種別を考慮した多変量解析の結果を示す。この表においても、SP(鋼管)の溶接継手と PE、ACP はサンプル数不足のため解析不能となっている。また、延長 0.1~0.2km の欄が解析不適となっているのは、表 11 と同じ理由である。

## 2.5 管路被害予測式の提案

分析の結果及び既存の知見を踏まえて新たな地震による管路被害予測式を提案した。管路被害予測式を以下に示す。

標準被害率算出式

$$R(v) = 9.92 \times 10^{-3} \times (v - 15)^{1.14}$$

R(v) : 標準被害率 [件/km]

v : 地震動の地表面最大速度 (cm/s)

(ただし、15 ≤ v < 120)

地震による管路被害予測式

$$R_m(v) = C_p \times C_d \times C_g \times R(v)$$

R\_m(v) : 推定被害率 [件/km]

C\_p, C\_d, C\_g : 補正係数

また、被害予測式に用いる各補正係数を表 13 に示す。

表 13 管路被害予測式に用いる補正係数

管種・継手	$C_p$	口径	$C_d$
DIP(A)	1.0	φ50-80	2.0
DIP(K)	0.5	φ100-150	1.0
DIP(T)	0.8	φ200-250	0.4
CIP	2.5	φ300-450	0.2
VP(TS)	2.5	φ500-900	0.1
VP(RR)	0.8		
SP(溶接)	0.5/0		
SP(溶接以外)	2.5		
ACP	7.5		
管が布設されている微地形			$C_g$
液状化の情報を有していない場合 又は 液状化の可能性がない場合			
山地 山麓地 丘陵 火山地 火山山麓地 火山性丘陵			0.4
砂礫質台地 ローム台地			0.8
谷底低地 扇状地 後背湿地 三角洲・海岸低地			1.0
自然堤防 旧河道 砂州・砂礫州 砂丘			2.5
埋立地 干拓地 湖沼			5.0
液状化の情報を有しており かつ 液状化の可能性有りの場合			
全微地形分類			6.0

既往の予測式は管種別にその被害率が算出されるものであったが、管路被害は継手構造にも大きく影響されることが明らかになっており、今回提案した予測式では継手構造の違いにも対応している点が特徴のひとつである。さらに、水道事業者が簡易に被害予測を行えるように、被害予測式を組み込んだ計算ソフトを作成した。

## 2.6 管路被害予測式の精度検証

兵庫県南部地震における宝塚市の被害データを用いて被害予測式の精度を検証した。

検証方法は、宝塚市の地形図を1メッシュ当たりの予測被害件数に応じて5種類(0~5件(以下同じ)、5~10、10~15、15~20、20~25)に色分けし、その上に管網図と実際の兵庫県南部地震における被害地点をプロットし、予測結果と実被害件数との整合性を判定した。

宝塚市における検証結果を図 50 に示す。

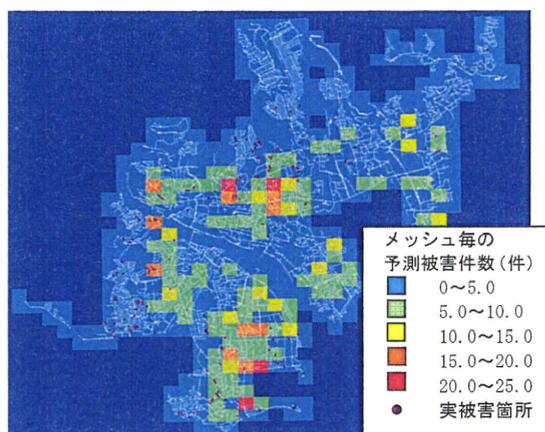


図 50 被害予測式の精度検証結果(宝塚市)

0 件の箇所は管路がなく、検討対象外の区域を示している。

この図から、被害予測件数が比較的多い箇所に実被害があることが分かる。

しかし、予測被害件数が小さいにもかかわらず、実際の被害が多く発生している箇所もある。その原因として、現在の土地利用方法やメッシュでは表現できない旧地形、すなわち、団地造成による地盤改変地などの影響を受けていると考えられる。したがって、メッシュでは表現されていない地盤情報のある地域に関しては、本研究で作成した被害予測式を用いて精度の高い予測を行うことは難しいことが分かった。

液状化の発生地点が多かった新潟県中越沖地震における柏崎市においても検証を行った。国土交通省が行った航空写真判読による液状化地点と管路被害地点を比較し、微地形による補正係数との関係を考察した。

その結果、液状化が発生した地域の微地形別補正係数が小さい場合には予測被害件数が小さくなり、危険側に予測することが明らかとなったので、表 7 に既に示したように、液状化による補正係数を加えることとした。

## D. 考察

### 1. 基幹水道施設の機能診断手法の検討

#### 1.1 水道施設機能診断マニュアルの作成

大規模及び中小規模事業者におけるケーススタディやヒアリングを実施して課題の

抽出及びその改善を図りながら、基幹水道施設の機能診断手法を開発し、「水道施設機能診断マニュアル」として成果をとりまとめた。特別かつ高度な技術を要することなく、日常管理の経験を基に現況機能の評価できることから、大規模及び中小規模のすべての水道事業体等において利用できる、有効かつ汎用的な機能診断手法を開発できた。

## 1.2 評価点自動計算ソフトの作成

大規模及び中小規模事業体におけるケーススタディを通じて、評価点自動計算ソフトの課題抽出と改善を行い、活用しやすい計算ソフトの構築が実現できた。

## 2. 地震による管路被害の予測等

提案した管路被害予測式の妥当性の検討として、水道事業体の管網に適用し、兵庫県南部地震と能登半島地震による被害とそれぞれ比較した。その結果、被害予測結果は実際の被害と良い対応を示しており、被害予測式の妥当性が確認された。

特に、提案した管路被害予測式の地形別補正係数は、既に公開されている J-SHIS の微地形分類に対応しており、微地形分類に液状化の起こりやすさも反映されているので、液状化発生予測図を用いなくとも、精度よく被害を予測できることが確かめられた。さらに、詳細な液状化発生予測図を利用する場合には、液状化補正係数を導入することで、被害予測の精度が向上することが明らかとなった。

## E. 結論

浄水部門及び管路部門ともに、当初計画どおり各種の調査・実験及びマニュアルの作成等を行った。

具体的には、膜処理の性能向上及び維持管理の高度化、紫外線処理の適用の拡大に関する検討を行った。また、新たな管路の地震被害予測手法を提案するとともに、水道施設機能診断マニュアルを作成した。

### 1) 浄水部門

- ・ ファウリング発生機構、膜構造及び膜素材、逆洗効果等の観点から研究を行い、

低ファウリング特性を有する浄水膜の開発に資する、基礎的な知見を得ることができた。

- ・ 膜ろ過浄水施設の維持管理に関する水道事業体の課題を把握することができた。また、中空糸膜の損傷検出、薬品洗浄に関する基礎的な知見を得ることができた。これらの知見を基に「膜ろ過浄水施設維持管理高度化マニュアル(案)」をとりまとめた。
- ・ 地表水以外の水への適用における紫外線処理設備維持管理マニュアルを作成した。紫外線照射は、濁度除去が良好に行われていれば、原水が地表水であってもクリプトスポリジウム等対策に有効であること、また、塩素代替・マルチバリアとしても一般的な消毒性能が担保できることが分かった。

### 2) 管路部門

- ・ 取水から配水までの水道施設全体を診断するための水道施設機能診断マニュアルを作成し、併せて診断作業を容易にする評価点自動計算ソフトも作成した。これらの活用により、老朽化施設の更新事業を推進することが望まれる。
- ・ 本研究では、近年の地震による管路被害を収集しデータベースを作成し、それを分析することにより、新たな管路の地震被害予測手法を開発した。これまでの管種のみから継手構造の違いも考慮した、利用しやすく精度の良い被害予測手法を構築することができた。

## F. 健康危険情報

特になし。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

- ・ Yamamura, H., Okimoto, K., Kimura, K., Watanabe, Y., Influence of calcium on microfiltration membrane fouling caused by hydrophilic fraction of natural organic matter, 2009、

- Submitted to Water Research
- Ohno K, Matsui Y, Itoh M, Oguchi Y, Kondo T, Konno Y, Matsushita T, Magara Y. NF membrane fouling by aluminum and iron coagulant residuals after coagulation-MF pretreatment. *Desalination* 2010; 254: 17-22.
  - Kageyama K, Takemoto T, Tadokoro H, Itoh M. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA* 2010; 59(6-7): 384-391.
  - Wang, F., Cheng, Q., Highland, L., Miyajima, M., Wang, H. and Yan, C.: Preliminary investigation of some large landslides triggered by the 2008 Wenchuan earthquake, Sichuan Province, China, *Landslides*, Vol.6, No.1, 2009.5.
  - 天野幹大、「水道技術研究センターにおける耐震化対策の取り組み」、水道協会雑誌 vol79, No.3, March 2010
2. 学会発表
- 片桐健, 大向吉景, 丸山達生, 曾谷知弘, 松山秀人, 「水処理用中空糸膜の膜表面構造と膜ファウリングの相関に関する研究」, 2009, E122, 化学工学会第74年会
  - 片桐健, 大向吉景, 丸山達生, 曾谷知弘, 松山秀人, 「中空糸膜のファウリング特性における膜表面構造の影響」, 2009, A-9, 日本膜学会第31年会
  - 片桐健, 大向吉景, 丸山達生, 曾谷知弘, 松山秀人, 「水処理用中空糸膜の表面構造制御によるファウリング特性への影響」, 2009, S11-P02, 分離技術会年会 2009
  - Takeshi Katagiri, Yoshikage Ohmukai, Tatsuo Maruyama, Tomohiro Sotani, Hideto Matsuyama, "Effect of surface morphology of hollow fiber membrane on membrane fouling property," 2009, P8-2, The fifth conference of aseanian membrane society.
  - Kimura, K., Yamamura, H., Watanabe, Y., Evolution of physically irreversible fouling in an MF membrane filtering river water: a two-step fouling mechanisms, 2009, The Fifth Conference of Aseanian Membrane Society
  - Matsuno, H., Yamamura, H., Kimura, K., Watanabe, Y., Measurements of adhesion force between proteins and membranes by using atomic force microscopy (AFM), 2009, The Fifth Conference of Aseanian Membrane Society
  - Rajabzadeh Saeid, Nikenya Ryo, Ohmukai Yoshikage, Maruyama Tatsuo, Matsuyama Hideto, Preparation and characterization of PVDF/PVP blend hollow fiber membrane via thermally induced phase separation (TIPS) method, 化学工学会第75回年会, A124 (2010).
  - 笹口真幹, 山村寛, 木村克輝, 渡辺義公, 逆洗を行う中空糸膜における膜長さ方向のファウリング進行度の分布, 第45回日本水環境学会年会; 2011. 3. 18-20; 北海道, 同講演集, 2011, p. 224
  - Fujiwara M, Inada Y, Asaka Y, Takashima W, Itoh M, 4-S Approach for evaluation of advanced water treatment technology. In: IWA World Water Congress and Exhibition; 2010 Sep; Montréal, Canada
  - 古林祐正, 伊藤雅喜, 山田俊郎, 南方則之, 堀野秀一, 佐藤研一郎, 松井佳彦. パイロットスケールプラントにおける高塩基度 PAC を用いた浄水処理に関する検討. 第44回日本水環境学会年会; 2010. 3. 15-17; 福岡. 同講演集. 2010. p. 188.
  - 照井義秀, 松浦博司, 青江洋典, 伊藤雅喜. 浄水場更新におけるアセットマネジメント活用手法の検討. 第61回全国水道研究発表会; 2010. 5; 新潟. 同講演集. 2010. pp. 64-65
  - 古林祐正, 伊藤雅喜, 山田俊郎, 南方則之, 堀野秀一, 佐藤研一郎. パイロットプラントにおける濁度急変による浄水処理への影響に関する実験的検討. 第61回全国水道研究発表会; 2010. 5; 新潟. 同講演集, 2010, pp.262-263
  - 原敬一, 三井康弘, 高嶋渉, 鈴木泰博, 安藤茂, 藤原正弘, 水道における紫外線照射装置の導入状況と維持管理上の留

- 意点、第60回全国水道研究発表会講演集、2009、pp.186-187
- 畑中哲夫、藤原正弘、小泉明、細井由彦、船橋五郎、「水質劣化に着目した老朽管路診断・評価技術に関する研究」、第60回全国水道研究発表会講演集、2009、pp.266-267
  - K.Tsuji, Y.Kobayashi, K.Ishii, M.Fujiwara, Assessment on Improvement of Service Level with Performance Indicator “Ratio of earthquake-resistant pipe”, 第8回水道技術国際シンポジウム講演集、2009、pp.566-581
  - 原敬一、安藤茂、藤原正弘、「紫外線照射装置の構造及び維持管理」、京都大学環境衛生工学研究会第31回シンポジウム講演論文集、2009、pp.61-64
  - 原敬一、藤原正弘、安藤茂、高嶋渉、三井康弘、神子直之、大瀧雅寛、浅見真理、紫外線照射試験による副生成物量の評価、第61回全国水道研究発表会講演集、2010、pp.188-189
  - 高嶋渉、藤原正弘、安藤茂、三井康弘、原敬一、神子直之、大瀧雅寛、浅見真理、紫外線処理における副生成物の状況、第13回日本水環境学会シンポジウム、2010、p.184
  - 高嶋渉、植木茂、神子直之、大瀧雅寛、安藤茂、藤原正弘、中小規模水道事業者のろ過池管理の現状と紫外線処理適用の検討、第62回全国水道研究発表会講演集、2011（予定）
  - 天野幹大、鈴木泰博、藤原正弘、「老朽化した水道施設の機能診断」、京都大学環境衛生工学研究会第31回シンポジウム講演論文集、2009、pp.65-68
  - Y.Kobayashi、Y.Takahashi、T.Kamada、K.Koizumi、M.Fujiwara、Corrosion Assessment of Aging Drinking Water Pipes by Impact Elastic-Wave Method, 3rd IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, 2009、USBmemory
  - M.Amano, Y.Suzuki, M.Fujiwara, Activities Related to Earthquake-proofing of Drinking-water Infrastructure in the Japan Water Research Center, 第6回日米台地震ワークショップ、2009
  - T.Takeuchi, Current Situation and Issues of Water Distribution Pipes in Japan : Activities of JWRC(Japan Water Research Center), 第6回蘭日水技術ワークショップ、2009
  - H.Taniguchi, The Replacement of Aging Water Pipes in Japan, 2nd K-water International Symposium, 2009
  - 小寺翼、神子直之、安井宣仁、紫外線消毒における水中共存物質の不活化速度への影響に関する検討、第44回日本水環境学会年会講演集、2010年、p.285
  - 余川雄一、神子直之、安井宣仁、塩素・紫外線処理の消毒効果当たりのトリハロメタン生成量の検討、第44回日本水環境学会年会講演集、2010年、p.282
  - Tsubasa KODERA, Naoyuki KAMIKO, Sensitivity analysis of inactivation of Cryptosporidium by medium pressure ultraviolet lamps. Pacifichem, 2010 (web公開)
  - 成瀬武善、笠木邦雄、森本幸裕、神子直之、高線量の測定を目的としたリアルタイム RT-PCR法の適用、第45回日本水環境学会年会講演集、2011、p.175
  - 常喜貴法、神子直之、塩素・紫外線組み合わせ処理におけるトリハロメタン生成量に関する検討、第45回日本水環境学会年会講演集、2011、p.480
  - 小寺翼、神子直之、阿部龍之介、植良俊郎、地表水に対する紫外線消毒効果の従属栄養細菌による評価、第45回日本水環境学会年会講演集、2011、p.482
  - 小寺翼、神子直之、清水聡行、山越裕司、安藤茂、藤原正弘、従属栄養細菌を用いた紫外線照射の効果に与える濁度の影響に関する検討、第62回全国水道研究発表会講演集、2011（予定）
  - 大瀧雅寛、流通式 UV 装置内の照射量分布の測定手法、第12回日本水環境シンポジウム講演集、2009、p.21
  - 色川聡子、大瀧雅寛、廣畑歩美、紫外吸光スペクトルの中圧 UV ランプ消毒処理への影響、第44回日本水環境学会年会、2010、p.72
  - 色川聡子、大瀧雅寛、蛍光強度を利用した UV 線量計の開発、第45回日本水環境学会年会講演集、2011、p.174
  - 大瀧雅寛、色川聡子、藤原正弘、安藤茂、低圧および中圧紫外線ランプによる消毒効果の低減率および変動幅の推定、第

62 回全国水道研究発表会講演集、2011  
(予定)

- FUJISAKI Miho, IROKAWA Satoko, OTAKI Masahiro, Development of chemical dosimetry for UV flow reactor using fluorescence analysis, Proc. of IWA-ASPIRE, 2011 (予定)
- 天野幹大、藤原正弘、鈴木泰博、高橋裕介、打越聡、「水道施設機能診断マニュアル(管路編)の開発ー管路の機能診断手法の検討ー」、第61回全国水道研究発表会講演集、2010、pp.278-279
- W.Adachi, M.Amano, Y.Suzuki and M.Fujiwara, Development of Performance Assessment Method for Drinking Water Infrastructure, 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, 2011 (予定)
- 宮島昌克、藤原正弘、武内辰夫、高橋裕介、上松瀬将弘、「新たな地震被害予測手法の開発に関する研究」、第62回全国水道研究発表会講演集、2011(予定)
- 降矢拓也、宮島昌克、熊木芳宏、「近年の地震被害を考慮した上水道管路の被害予測式に関する研究」、第29回自然災害科学会学術講演；2010.9；会講演概要集、2010、pp.159-160

#### H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

該当なし

健康リスク低減のための新たな浄水プロセス  
及び管路更新手法の開発に関する研究

総合研究報告書

添付資料

## 健康リスク低減のための 新たな浄水プロセスに関する研究【浄水部門】

1. 膜ろ過施設の維持管理の高度化等
  - 1.1 将来に望まれる膜の性能・仕様等についてのアンケート調査結果
  - 1.2 膜処理現地調査結果
  - 1.3 膜ろ過維持管理アンケート調査結果
  - 1.4 膜プラントメーカー・水道事業者への実態調査結果
  - 1.5 膜ろ過浄水施設維持管理高度化マニュアル(案)
2. 浄水プロセスへの紫外線処理の適用
  - 2.1 紫外線処理設備維持管理状況調査結果
  - 2.2 地表水以外の水への適用における紫外線処理設備維持管理マニュアル
  - 2.3 紫外線照射試験結果（その1）
  - 2.4 紫外線照射試験結果（その2）
  - 2.5 米国環境保護庁 紫外線消毒ガイダンスマニュアル 第3章（抜粋）
  - 2.6 ドイツガス水道技術科学協会（DBGW）技術規則 実施規則  
w290/2005年2月  
水道の消毒 — 運転上及び必要条件のクライテリア
  - 2.7 浄水場の濁度管理についてのアンケート調査結果
3. 研究体制

## 基幹水道施設の機能診断及び地震による 管路被害の予測等に関する研究【管路部門】

4. 基幹水道施設の機能診断手法の検討
  - 4.1 水道施設機能診断マニュアル
  - 4.2 水道施設機能診断評価点自動計算ソフト「これは楽々機能診断」説明書
5. 地震による管路被害の予測等
  - 5.1 地震による管路被害予測の手引き（案）
6. 研究体制