明治期の防災設備「本願寺水道」の再生による 防災水利計画の提案 —歴史的な水利環境の防災活用を目指して—

金 度源¹・大窪 健之²・荒川 昭治³

¹学生会員 立命館大学博士後期課程 理工学研究科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

E-mail: gr0012vx@ed.ritsumei.ac.jp

²正会員 立命館大学教授 都市システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

E-mail: okubo-t@se.ritsumei.ac.jp

³フェロー会員 (株)建設技術研究所 大阪本社 技術統括部 (〒541-0045 大阪市中央区道修1丁目6-7)

E-mail: arakawa@ctie.co.jp

日本の近代化を支えた伝統的な利水技術として代表される用水，疏水，水道といった水利環境は，国の重要な近代化遺産として保全される一方，その機能が失われることも少なくない．本研究では，既存の歴史的な水利環境を再生することで，歴史の保全と防災水利の確保を目指す．

ケーススタディとして，明治期に造られ現在は老朽化や漏水などが原因となり配水が止められている「本願寺水道」を対象とした．本願寺水道の再生に向けた技術的な検討を基に，各対象地区の消防システムの運用に必要とされる水量と比較することにより，消防水利としての活用可能性を明らかとした．このケーススタディの結果をもとに，歴史的な水利環境の再生と活用を検討するためのプロセスについて整理を行った．

Key Words : historical city, disaster prevention, conservation, water environment, earthquake fire

1. はじめに

日本の文化遺産の多くは木造であり，周囲の伝統的な町並みも木造密集地域が多く，歴史都市における防災計画はこの両方を対象として展開する必要性が指摘されている¹⁾．特に，大規模地震による火災対策は，現存する美しい木の文化を保存することも同時に考える必要がある．

一方で木造文化を育んだ豊かな水のめぐみは，伝統的な利水技術により，用水や疏水，水道などの水利環境として日本の近代化を支えた．このような歴史的な水利環境の多くは，動力を頼りにしない高低差による自然の力で水が流れるため，地震災害時にも絶えることない防災水利としての素質がある．その代表的な例である琵琶湖疏水は，一部防火用水としても使われており，東本願寺と京都御所に送水する本願寺水道と御所水道があった．いずれも高低差により防火用水を供給していた水道施設であったが，御所水道は今では中にセメントが詰められ，再生も不可能な状態であるため，本研究では本願寺水道

を研究対象とした．

(1) 本願寺水道の現状と保存のありかたについて

「本願寺水道」は，歴史都市京都の下京区にある真宗大谷派東本願寺（以下，東本願寺と称す）の防火用水供給のために明治30(1897)年に造られた水道である．過去

図-1 噴水防火大試験 (1897年写真：東本願寺提供)

図-2 大谷派本願寺火防引水路線略図
(市街地の配置図：東本願寺提供)

に1788年の天明の大火以降、短期間で4回における全焼被害を受けた経緯¹¹から、その対策として建設された。琵琶湖疏水の水を蹴上舟溜り北の旧疏水事務所跡に築いた貯水池に一旦溜め、市街地に敷設した全長4.6kmに及ぶ鑄鉄管（内径300mm）を通して境内の放水施設へと供給し、標高の高低差を利用した自然水圧で水を噴き出せるようにした設備（図-1、図-2）であった。しかしながら、本願寺水道に依存していた防火設備の老朽化が進みその機能性が落ちたため、昭和54(1979)年には防火設備の機能が閉止された¹²。完成から116年の時間が経つ本水利設備は、漏水が原因となり平成19(2008)年1月以降は送水が全面停止されている。

なお、本願寺水道の給水によるスプリンクラーなどの設備諸般は、日本の伝統的な木造建物の中で消防水利を備えた初めての事例である¹³。

一方、日本における歴史的な土木建造物の保全¹⁴活動においては地域に対する機能的な役割を根底的に再考し、活用を伴う保存の必要性が提唱されている¹⁵。

本願寺水道の敷設当初、蹴上の貯水池、市街地と境内の配管、境内の消火設備に至る諸システムの工事費は144,303円であり、これは当時京都府の年間予算の25パーセントにも及ぶ金額であった¹⁶。もしこれらの配管を現在新たに敷設しようとする다면これ以上の資金が必要になることは間違いない。また、116年前に築造された貴重な明治期の鑄鉄管をすべて新しい配管へと敷設替えることは歴史的な価値を失うことにもなる。

このため、歴史都市に潜在する土木遺産を保全する意味でも本願寺水道の機能と歴史的な価値を再生する方法の検討が必要となっている。

(2) 耐震性ある防災水利としての再生の必要性

機能面では地震火災までを想定した耐震管としての再生が望まれる。

地震などの大規模災害から生じる「大規模火災」の際

には、一次災害である地震により、通常時使用している消防水利である消火栓は、その供給経路である水道管の破損によって断水し、使用できない可能性がある¹¹。さらに、本願寺水道が設置されている京都市においては、京都盆地・山科盆地を中心として、山地、丘陵、低地の地形境界部に活断層が分布しており¹²、花折断層では震度7以上の地震が想定されている¹³。これらの事を踏まえ本願寺水道の再生には、地震火災時にも供給可能な消防水利としての耐震性を確保する必要がある。

2. 研究の位置付けと目的

阪神淡路大震災以降、地震火災時にも有効に使える防災水利の整備、もしくは計画に係る研究は数多く公表されている。その中でも市街地の建物火災に必要な水量の検討方法（保野，土木学会，1991）や、震災時における消防水利の到達可能性の評価手法（中野，日本火災学会，2004）は、火災対策に必要な水量と到達可能な消防水利を検討する手順として一般化している。一方で、防災水利の整備計画に関する既往の研究には以下のような例がある。

(1) 環境防災水利に関する既往研究

風土に根差した断水のない水利を活かして地震火災から木造文化都市を守る「環境防災水利」に関する研究は、大窪らにより地域固有の自然水利を活用した消火技術と水制御技術に関する事例調査と分析から、実践的な整備のための計画技術の開発を目指したもの¹⁴、整備の実現に向けた事業推進手法を代表的な整備事例から分析し、各事例の整備内容の評価を行ったもの¹⁵、異なる水利特性を考慮した計画を導き、消防水利や環境水利としての計画方針に対する整備施設の性能評価¹⁶を行った例がある。

また既往の報告には、事例調査で整理した技術情報データベースを基に、地震を想定した火災危険性が高い地域を対象として環境防災水利整備を提案する物¹⁷もあるが、具体的な技術検討には至っていない。

(2) 研究の目的

このため本研究は歴史的な水利環境の再生に着目し、防災水利としての活用可能性を詳細に検討することとした。対象地域に備えられている、もしくは必要な消防体制と消防設備から「供給可能な消防水利／必要とされる消防水利」を確認し、ケーススタディを基に歴史的な水利環境と地域の防災水源を利活用する防災水利計画を具体的に検討し、その手順を整理することに本研究の新規性がある。

本研究では、大規模地震火災の対策として本願寺水道

の再生案を検討，その活用可能性を明らかにする．一連のプロセスを整理し，歴史的な利水環境における再生と防災活用のための検討手順を明らかにする．

3. 水量確保と配管の分岐を両立させる管更生工法の検討

本願寺水道の既設管内に，更生管となるポリエチレン管を挿入することで，極力開削工事をせずに耐震性を確保する「管更生工法」を検討する．なお本工法は継手を融着させ，耐震性ある一体化された管路として再生する手法である⁶⁾．そのため，116年の歴史を持つ本願寺水道の管路を最大限保全すると同時に，消防水道管としての再生が可能となる．

その際に，最大限の流量を確保しつつ管路上の火災の危険性が高い地域への分岐利用を可能とさせるため，それぞれの目的に適した工法を組み合わせることを検討し，その送水能力を試算する．

(1) 管更生工法による再生案の検討

一般的には一つの管路に一つの管更生工法が使われているが，管更生工法の中では大きく二つの工法の組み合わせを検討する⁷⁾．既設管（本願寺水道）の強度を期待せず更生管（ポリエチレンパイプ）単独で外力に抵抗し新管と同等以上の耐久性を有する自立管を挿入する「パイプインパイプ工法」と，既設管の残存強度とこれに内接される更生管が二層構造で外力を分担する「クローズフィット工法」である（図-3）．

クローズフィット工法による再生は内径は20mm縮小するものの，ダクタイル鋳鉄管の流速係数 $C=110$ に対して配管内の流速計数は $C=150$ へと大きくなるため⁸⁾，水がより流れやすくなり流量の損失が最小限となる．しかし，分岐させる場合は金属継手で異種管に変換する必要があるが，地震の揺れに対する最大発生ひずみの差が生じることになるため，耐震性の問題が指摘されている．

このため「分岐利用」には，更生管と枝管を融着接合を用いて一体化させることで継ぎ手の部分も耐震性を確

保できるパイプインパイプ工法が望ましい．

したがって水量確保に適している「クローズフィット工法」と，分岐利用が可能となる「パイプインパイプ工法」の再生区間を組み合わせる必要がある．図-4は現状の本願寺水道の位置を示す．図中の番号は2002年の実測調査⁹⁾における16ヵ所の調査地点を示す．

1～2における区間には，かつて東本願寺前の噴水，堀の水，東本願寺の別院である渉成園の池に枝管が分岐され本願寺水道より水が注がれていた．また11～12における区間にもかつて大谷祖廟への枝管が併設されている．このことから将来的にこれらの枝管も含めた再生利用と，伝統的な町家の密集する祇園南地区での防災活用の可能性も考慮¹⁰⁾して，1～12の区間までには分岐が可能となるパイプインパイプ工法での再生とした．水源地（17とした）から12までには水量確保を目的としてクローズフィット工法での再生とした．

12～17における区間は管路全体の標高差44mの中で35mの標高差があることから，本区間内で最大流量を得ると全体の送水能力が最大になると考えられる（図-5）．

(2) 再生案の送水能力の試算

本再生案による送水能力は，水源地からの高低差（位置水頭）で東本願寺（図-4中1）に供給される流量（水

図-4 本願寺水道の配置と標高（現状）

図-5 本願寺水道の実測場所と標高との関係

図-3 管更生工法による本願寺水道の再生（断面）

表-1 水理計算の設定とその結果

設定の基準	計算の条件	計算結果
現状本願寺水道の漏水個所を修復した状態を推定	本管の内径：φ300mm 本管の流速係数：C60	流量： 3.5 m ³ /分
水量の確保と、分岐利用のためクローズフィット工法とパイプインパイプ工法の併合 分岐利用：1～12区間 水量確保：12～17区間	1～12区間 更生管の内径： φ238.8mm ^[12] 更生管の流速係数：C150 12～17区間 更生管の内径：φ280mm 本管の流速係数：C150	流量： 5.4 m ³ /分

量/時間)を算出した^[11]。

計算の結果、5.4m³/分の流量が得られた。築70年以上が経つ铸铁管の流速計数はHazen-Williamsの式によりC=60とされ^[8]、現状本願寺水道の漏水個所を直すなど最小限の修復を行う設定の場合には3.5m³/分の流量が得られた。再生案は現状に比べてより大量の流量が得られることが明らかとなった(表-1)。

4. 再生された水利を活かした防災計画とその有効性の評価

本章では、第3章で検討した本願寺水道の再生案を基に地震火災における大規模災害を想定した水利供給能力を評価する。かつて本願寺水道からの水利を防災水源としていた東本願寺への供給と、京都市消防局により震災時における消防水利整備の不足群として示されている地域^[13]の中で本願寺水道の流域付近に位置する下・上錫屋町周辺への供給を目的として、本願寺水道再生案を水源にする防災水利の整備及び運用計画を策定しその利用可能性を検討する(図-6)。

(1) 東本願寺の現有の防災設備に対する給水能力評価

東本願寺境内の送水ポンプと防火水槽を含んだ防災設備は、昭和37(1962)年から備えられたシステムである。登録有形文化財として指定されている東本願寺は、木造の重要文化財を対象として50分間の放水容量を確保する文化庁の指導を基に、近年送水ポンプと境内防災設備を新しく整備した(2008年)^[14]。

本防災設備の水源になる防火水槽は容量270m³であるがフラットな形状から、実際の供給可能な有効水利は227m³である。現状は、地下水のポンプアップにより水が補給されている。一方、昭和37(1962)年防災システムが備えられて以降、本防火水槽は増設されていない。このため現状では、再整備された境内すべての消防設備に水を供給しているのはこの一基の防火水槽であることと、境内における防災訓練の際にドレンチャと放水銃を最大

図-6 震災時消防水利の不足群²⁰⁾
(本願寺水道の配置を筆者加筆)

・床下のスプリンクラー ・御影堂のドレンチャー ・御影堂前の放水銃

図-7 東本願寺の消防設備

に起動した訓練の際には約20分弱で防火水槽の水がなくなった事がヒアリング調査を通して明らかとなった。

実際の火災時には、境内の防災センターから火災現場の消火設備への送水量を細かく調整することで、木造文化財における防災水利指導基準の50分間の放水が可能とされているが、通常火災から大規模延焼火災も危惧される地震時にはこれ以上の消防活動時間が想定され、境内防火水槽の227m³の水は有限であるため不安が残る。

a) 消防設備と消防体制を基に想定した必要性能

東本願寺の境内に整備されている消防設備は、境内自衛消防隊の定められた消防体制により使われる。その消防体制は火災の規模を想定し、三段階に分けて備えられている。第一段階には、巡監及び自衛消防隊により現場確認が行われ、火災の規模により初期消火や避難誘導等を行う。第二段階には、初期消火で鎮火できなかった規模の火災や地震火災といった大規模火災から延焼を防止するための消火活動と、職員主導の避難誘導活動を予定している。第三段階においては、境内の防災センターからの操作によりドレンチャや放水銃が起動され、延焼防止活動が行われる(図-7)。

これら自衛消防隊の段階別消火活動を考慮して、消防設備への水の供給システムが設計されている。第一段階と第二段階においては、流量1.8m³/分の「ポンプa」を通して「屋内消火栓」、「屋外消火栓」、「スプリンクラー」へ水が供給される。第三段階においては、流量3.18m³/分の「ポンプb」を通して「ドレンチャー」へ、

図-8 境内の消防設備システムにおけるバックアップ

流量3.2m³/分の「ポンプc」を通して「放水銃」へと水が供給され、主要木造建物の木漏出部への延焼を防ぐ水幕が張れる。現状この3台のポンプa, b, cが一機の防火水槽を水の供給源とする一系統の給水になっている。

b) 再生された本願寺水道を活かした能力の評価

現状では、一系統の給水のみで三段階の消火活動を行うことに困難が生じると考えられるが、かつて防火水槽までに繋がっていた本願寺水道の境内配管を再生しバイパス管として消防設備への送水管に直結することで、一部の防災設備は二系統の給水システムにより運用が可能となる。

再生された本願寺水道により東本願寺境内に供給可能な最大5.4m³/分の流量を使えば、「ポンプa」と「ポンプb」から送水される流量がバックアップ可能となる。一方、第三段階の延焼抑止に必要とされる「ポンプb」と「ポンプc」の必要流量（3.18m³/分+3.2m³/分）を両方バックアップすることは不可能であるが、防火水槽の227m³の水を「ポンプc」を通した放水銃のみにすることとすれば、補完することが可能となる（図-8）。

(2) 東本願寺と周辺地域の防災計画に対する有効性

「下・上錫屋町」は、京都市消防局により指定されている火災の段階（図-9）で「第二段階：数棟の火災」において、40分の放水に必要な60～80m³の消防水利不足地区として示されている²⁰⁾。

地区内の消火栓は35基が存在し、2010年には下京中学校において防火水槽100m³が新設されており、第二段階火災において不足とされていた消防水利は補完されたことが現地調査を通して明らかとなった。しかしながら震災時には上水道の切断等により消火栓が有効に起動しない可能性を踏まえると²¹⁾、延焼火災危険度が高い地区であることに変わりはない。

周辺地域の火災対策を行うことは、東本願寺の延焼火災対策にもなるため、本願寺水道を当該地域の防火にも役立てることを目標として防災水利計画を検討する。

a) 三段階の火災規模に対する消防方法の検討

京都市防災水利構想における消火活動の段階（図-9）

図-9 火災規模による消火の段階²²⁾

を基準にし、三段階の火災規模それぞれに必要な消防の方法と水利を検討した。

第一段階「初期小規模火災」においては、市民による消火活動が行われ、水源としては身近な水や消火器、風呂の水、河川等、ため池が挙げられ、東本願寺周りの堀水も対象とすることが可能である。消防方法としてはバケツリレー等が挙げられている一方、本計画では地域住民らが使える消防設備の整備を検討する。

第二段階「数棟規模の火災」消防団や消防隊による専門的な消火活動が行われ、水源としては、通常火災に対応した水として消火栓、防火水槽、河川、ため池、井戸が挙げられている。本計画上では地区の消防団が使う設備として消火栓を検討する。

第三段階「大規模延焼火災」消防団や消防隊・他都市からの応援隊による路線防御で延焼防止活動が行われる。水源としては大容量・長時間放水可能な水として、消火栓、プール、河川等、ため池、井戸を挙げられているため、消火栓と共に東本願寺の堀水も防災水利として検討する。

b) 下・上錫屋町に整備する防災設備

大規模地震に伴う火災時には公設消防がすべての火災に対応できない事を踏まえると、地域住民らが活用できる消防設備を整備することが望ましい。

「文化財とその周辺地域を守る防災水利整備事業」として京都市東山区では、地区内に1500m³の防火水槽を2基を設置し一般の市民が使える消火栓として易操作性1号消火栓（市民消火栓）を管路上に設置した²³⁾。本消火栓は日常からの使用が勧められ、災害時の初期消火に活用するように指導および定期的な訓練が実施されている。

ここでは同様の易操作性1号消火栓を、下・上錫屋町の初期消火対策として地域住民らが使える消防設備として整備することを検討する（図-10）。

この地区には、再生する本願寺水道から分岐を行い、規格化されている配水用ポリエチレン管（内径150mm管）で敷設する計画とする。本配管を地区に設置されている消火栓をつなげることで既存の消防設備の耐震化も

・易操作性1号消火栓箱 ・市民の放水訓練

図-10 易操作性1号消火栓の事例（清水周辺地域）

可能となる。

c) 防災水利計画と本願寺水道による給水能力の評価

東本願寺既設の消防システムにおけるバックアップと下・上錫屋町には地域住民が使える易操作性1号消火栓の整備を検討した防災水利計画を策定、「必要とされる消防水利」に対し「本願寺水道からの供給可能性」をシミュレーションを通して明らかにする。対象地域の消防活動の段階別に「消火可能範囲」を算定し、管路上の防災設備の有効水頭を計算することで本願寺水道の送水能力を評価した。なお、木造建築における火災を鎮火するためには40分間の放水が必要とされるため、第一、第二段階の消火活動においては各40分間の放水を行うことを条件とした^[5]。

・第一段階の初期小規模火災時の能力評価

東本願寺における第一段階と第二段階の消火活動は、境内の自衛消防隊員により屋内消火栓や屋外消火栓を用いて行われる。これらの消火栓と、スプリンクラーによる消火に必要な水を本願寺水道より供給する事が可能となる。

一方、下・上錫屋町には第一段階においては「易操作性1号消火栓」の整備を検討するが、易操作性1号消火栓は1機あたり0.13m³/分の放水量があり、半径25mの消火可能範囲を持つものと考えれば^[6]、この消火可能範囲を基に下・上錫屋町の建物の壁面をすべてカーバするためには、最大28台が必要となる（図-11中下・上錫屋町における○の範囲）。

東本願寺が必要とする流量（1.8m³/分）と、下・上錫屋町の易操作性1号消火栓が必要とする流量を基に、管路上の有効水頭を計算した。この結果、地区内の各易操作性1号消火栓を同時に起動させた場合には、最大12台までが必要とされる有効水頭20mに満たすことが明らかとなった。地区内に整備を検討した28台に対して起動可能な数が12台と限られる。本地区は地震時において最大に予想される出火件数が7件とされるため^[7]12台の消火栓でも対応が可能と考えられる一方、念のために他の消火方法も検討する必要がある。例えば地域住民によるバケツリレーなどの消火活動も期待できるため、東本願寺の堀水も防災水利として検討することが望ましい。

図-11 第一段階火災に対する消火可能範囲

図-12 第二段階火災に対する消火可能範囲

・第二段階の数棟規模の火災時の能力評価

第二段階の数棟規模の火災における消火活動においても東本願寺で必要とされる流量は、最大1.8m³/分と変わらない。下・上錫屋町では、60～80m³の消防水利不足地区であるため、1m³/分の放水量を持つ消火栓を二機以上使える環境を整える必要がある。本消火栓は本願寺水道の分岐による耐震配管上に設置することと検討した（図-12）。

計算により管路と消防設備の有効水頭を確認した。東本願寺では自衛消防隊による消火活動や、スプリンクラーによる消火が行われるが、これと同時に下・上錫屋町では消火栓1機に当たる流量を本願寺水道から供給することが可能であることが明らかとなった。なお、もう一機分の消火栓に関しては地区内の下京中学校における既存の防火水槽の水を使うことで対象可能となる（図-12 中下京中学校における防火水槽）。

・第三段階の大規模延焼火災時の能力評価

第三段階の大規模延焼火災においても、同時に管路と放水する消防設備の有効水頭を確認した。本願寺水道における送水により境内においては約30m、下・上錫屋町においては約29mの有効水頭が得られる事が明らかとなった（図-13）。東本願寺境内では、延焼防止を目的に水幕を張るための「ドレンチャー」の放水流量（3.18m³/分）を本願寺水道より供給可能である。この際、4.(1) b) から放水銃の放水流量（3.2m³/分）は境内の防火水槽より水を供給するものとすれば、この条件下では下・上錫屋町においても、本願寺水道の余力で1基の消火栓に水を供給可能であることが明らかとなった。ただし第二段階からの防災活用を検討している下京中学校の防火水槽（100m³）は有限であるため、東本願寺の堀水や鴨川も消防水利としての利用を検討しておくことが望ましい。このような消防水利は阪神淡路大震災でも事例があった大量送水工作車による送水を検討する必要がある。

5. おわりに

本研究を通して明らかとなった研究成果と今後の課題を整理する。

(1) 研究成果

本願寺水道の再生について技術的な検討を行い、これを利用した東本願寺と下・上錫屋町における防災水利計画の検討、およびこれに対する有効性の評価を行った。

a) 本願寺水道の再生による防災水利計画の検討

大規模な地震火災に備える防災水利として本願寺水道を再生できれば、東本願寺と下・上錫屋町における消防水利として有効に運用できることが明らかとなった。

動力による自然流下で持続的に断水のない水利を供給することが可能な本願寺水道により、対象地区内の防火水槽に頼らざるを得なかった消防水利の運用をバックアップでき、三段階の火災規模に備えた防災水利計画を検討することが可能となった。

第一段階と第三段階の火災においては、本願寺水道からの消防水利と対象地区に備えている防火水槽の水源に加え、かつては本願寺水道からの水利を水源としている堀水や、鴨川からの広域的な防災水利を計画上に検討す

図-13 第三段階火災に対する消火可能範囲

図-14 本願寺水道の消防水利としての運用に伴う東本願寺と下上錫屋町の防災水利計画

る必要があることも明らかとなった（図-14）。

b) 歴史的な水利環境を活かした防災水利計画検討のプロセス

本研究で検討したプロセスは、歴史的な水利環境を再生活用する際に防災水利としての運用方法とその能力評価の手順として一定の汎用性があると考えられる。これを整理し以下のようなフローチャートを得た（図-15）。

(2) 今後の課題

今後の課題としては、対象地区における消防水利評価、運用体制の検討、歴史的な水利再生・活用モデルの検討などが挙げられる。

a) 防災水利計画の運用体制検討

定量的な評価のために消防設備からの必要散水量を基に消防水利としての運用可能性は明らかにした一方で、

図-15 歴史的な水利環境の再生による防災水利計画の検討プロセス

計画上の消防体制の中心となる地域住民や自衛消防隊を含めた運用モデルを検討する必要がある。

b) 本願寺水道沿線上の防災活用

東本願寺近辺だけに限らず、3.(1)で挙げた本願寺水道の沿線上の伝統的な町家の密集する祇園南地区等での防災活用を検討する課題が残されている。本願寺水道の分岐による水利供給能力評価と、町家の密集地域の延焼抑止率などの評価が必要となる。

c) 防災水源の拡充や歴史的な水利環境の能力改善の技術検討

歴史的な水利環境の再生活用のみでは、今回の一部の消火の段階では能力上の限界が確認され、地区の防災水源も援用することとなった。万一、地区の防災水源も十分でない場合に（図-15中点線）、支援整備技術などの検討が必要とある。

謝辞：本研究における本願寺水道の管網水理解析には（株）管総研からアドバイスを頂いた。また本研究は、立命館大学グローバルCOE「歴史都市を守る文化遺産防災学推進拠点」に基づく研究成果の一部である。ここに記して謝意を表する。

補注

- [1] 東本願寺は1788年の天明大火、1823年の文政大火、1858年の安政大火、1864年の元治大火の約80年間4回において大師堂と本堂、大門を含めほとんどの建物が全焼の被害にあった²⁾。

- [2] 延澤³⁾は村松の論考⁴⁾や竹内の工事報告⁵⁾を基に、明治期の本願寺水道の敷設から近年における送水停止までを整理している。本稿における本願寺水道の史実はこれらより抜粋した内容である。
- [3] 現在登録文化財となっている東本願寺のスプリンクラー施設群の設置年度は、文化財建造物の最初の設置事例である東大寺より10年早かった⁶⁾。
- [4] (社)日本建築学会編「建築物の改修の考え方・同解説」にて整理されている改修・保全関連用語では「保存」は歴史的遺産の現状を維持するのに必要な対策を講じること、即ち現状保存と指し。「保全」は、保存における現状維持に「活用」を加えた概念とされている。
- [5] 土木建造物は施設管理者による事業としての一貫した管理として活用を行う事が理想であり、維持・管理の時点から、将来の活用性を考えるべき⁷⁾。現役のインフラとしての安全性を確保するべき⁸⁾。土木遺産の関連歴史以前に土木建造物の地域に対する役割を根源的に問う必要性⁹⁾。「選奨土木遺産」指定制度（平成8年～2000年）により土木建造物の遺産化を進めてきているが、機能性と遺産的価値の共存の課題を挙げている¹⁰⁾。
- [6] (社)日本水道協会：1995年兵庫県南部地震による水道管路の被害と分析・厚生労働省の水道ビジョンおよび日本水道協会の水道事業ガイドラインにおいて配用水用ポリエチレン管（融着継手）は耐震管として定義される。ポリエチレン管の融着による管網の一体化は50cmの段差沈下が作用した場合でも、最大発生ひずみが3%であることが実験的に把握されている。
- [7] 近年日本の水道の再生に使われる。漏水管や脱落した継ぎ手を含んだ管を道路を掘らずに直す工法として大きくは自立管、複合管、二層構造管の三種類の更生管がある。
- [8] 管内の水の流れを配管の物理特性及び摩擦による圧力損失によって関係付けたHazen-Williamsの式から管内の水の流れやすさを流速係数Cとして定義される。一般的に埋設された管路のC_Hの値は、管内面の粗度と管路中の屈曲、分岐部等の数及び通水年数により異なる。新管を使用する設計においては、屈曲部損失等を含んだ管路全体としてC110を設定している。ポリエチレン管はC=150。
- [9] 本願寺水道のかつての敷設や、今までも補修を含んだ維持管理を担当している（株）岡野組より2002年に行われた。
- [10] 樋本圭佑他：伝統的木造密集市街地の延焼火災リスク評価に関する基礎的検討，歴史都市防災論文集，Vol.2，pp.9-13，立命館大学，2008.10の研究対象として延焼火災の危険性が挙げられ、京都市消防局が平成17年3月に発行した「京都市防災マップ」から、火災発生率が高い場所として検討されている。
- [11] 「管網解析シミュレーションシステム PIPE-mini Win」（株）管総研の管網水理計算ソフト上に本願寺水道モデルを作成した。[9]の実測調査より明らかになっている敷設箇所と深さを交点とし、図-2における市街地の配置図を照り合わせながら交点を繋ぎ本願寺水道を水理計算モデルとして再現した。供給される水量は、琵琶湖疏水（8.35m³/秒）を水源としているため無限としている。
- [12] パイプインパイプ工法 ISO 規格内の常用圧力 0.78MPa (SDR13.6) の内径238.8mm管 (外径280mm)
- [13] 京都市消防局により、京都市の防災水利構想に基づき伝統的な木造文化都市である京都を震災から守る事を目的として、震災時に必要な消防水利を算出し、今後の消防水利整備の指針となる計画書を作成している。火災危険

度を評価する際の分析単位として物理的な評価を行うための正方形メッシュで京都市の全エリアを分け、延焼危険度（不燃領域率+木造建物と防火造建物の建ぺい率、火災発生確立と人口密度）を基にメッシュごとの危険度ランクを設定している。この危険度ランクに応じた必要水量を検討し、地域の備えられている消防水利を基準に必要な水量に対して消防水利が足りない340m×170mの不足群として挙げている¹⁹⁾。

- [14] 東本願寺境内の防災設備設計を担当した設計会社の担当者や設備会社の担当者にヒアリング調査を行った。
- [15] 標準的な木造家屋を火災から防御するためには40分間放水が必要とされる（消防力の基準研究所,2000）
- [16] ホースの長さは最長30mに至るが、道路の屈曲を考慮する。
- [17] 参考文献12), pp.73-74より花折断層を震源とした地震の火災予測件数は下京区が最大7件とされる（冬18時基準）。本研究では対象地域内で7件出火することと仮定した。

参考文献

- 1) 益田兼房：文化遺産防災の意義，文化遺産防災学「ことはじめ」篇，pp.35-40，立命館大学歴史都市防災研究センター，2008。
- 2) 大窪健之：木造文化遺産の被災史と防火活動の歴史に関する調査研究—その1：世界遺産を中心とする京都市内15の城社寺を対象として，平成15年度立命館大学21世紀COEプログラム「文化遺産を核とした歴史都市の防災研究拠点」研究報告書，p.404，立命館大学，2004。
- 3) 延澤栄賢：第1節本願寺水道と防災設備，真宗本廟（東本願寺）造営史研究—本願を受け継ぐ人々—，pp.358-368，東本願寺，2011。
- 4) 村松貞次郎：東本願寺防火用水工事について，明治造営百年 東本願寺，真宗大谷派本廟維持財団，pp.80-86，1978.5。
- 5) 竹内忠三：大谷派本願寺防火用水工事報告，工学会誌第183号，pp.170-187，工学会，1897.3。
- 6) 李明善：文化財建造物防火史に関する基礎的研究，歴史都市防災論文集，Vol.1，pp.88-91，立命館大学，2007.6。
- 7) 田中尚人，秋山孝正，林聖人：地域との関係性を考慮した水辺の近代化遺産の保全に関する研究，土木計画学研究論文集，Vol.24，pp.315-322，土木学会，2007。
- 8) 田中尚人，本田泰寛，波多江萌，小林一朗：土木構造物に係る遺産的価値に関する考察，土木史研究講演集，Vol.28，pp.27-32，土木学会，2008。
- 9) 野村和正：土木遺産の保存・活用の財源・維持管理をどうするのか，特集「土木遺産は世紀を超える—保存・活用の今」，土木学会誌，Vol.85，pp.45-47，土木学会，2006。
- 10) 安田和樹，佐々木葉：近代土木遺産の保存・活用事業のプロセスと効果に関する調査研究，土木史研究講演集，Vol.24，pp.393-398，土木学会，2004。
- 11) 土岐憲三：地震火災から木造都市を守る環境防災水利整備に関する研究，国土交通省「平成13年度建設技術研究開発費補助金」研究報告書，pp.15，京都大学，2002。
- 12) 京都市：京都市第3次地震被害想定，pp.56-89，京都市，2003。
- 13) 前掲書2)，p.25
- 14) 大窪健之，小林正美，土岐憲三：地震火災から木造文化を守る「環境防災水利」の整備計画に関する研究，日本建築学会総合論文集，No.2，pp.88-94，日本建築学会，2004.2。
- 15) 大窪健之：「環境防災水利」整備実現へ向けた事業推進手法に関する調査研究—風土に根差した自然水利で地震火災から地域を守るために—，土木学会論文集，No.770/VI-64，pp.1-13，土木学会，2004.9。
- 16) 大窪健之，村崎充弘：環境防災水利整備計画の水利別検討手順および有効性の評価手法に関する研究，環境共生，Vol.13，pp.51-60，日本環境共生学会，2007.1。
- 17) 前掲書11)，pp.19-35
- 18) 久保田鉄工株式会社：ダクタイル管施工ハンドブック，pp.200-203，久保田鉄工株式会社，1985。
- 19) 京都市消防局：京都市消防局震災消防水利整備計画，pp.2-18，京都市消防局，2004。
- 20) 前掲書19)，p.17
- 21) 財団法人建設工学研究所：阪神・淡路大震災の神戸市の上水道管被害復旧状況—神戸 JIBANKUN の構築ならびに被害と分析—，神戸市，2003。
- 22) 京都市消防局：京都市防災水利構想，p.19，防災水利構想委員会，2003。
- 23) 前掲書11)，p.222

(2013.2.25 受付)

PLANNING OF FIRE FIGHTING WATER SUPPLY SYSTEM WITH THE HISTORICAL WATER SERVICE —CONSERVATION OF HONGANJI-WATER PIPELINES—

Dowon KIM, Takeyuki OKUBO and Shoji ARAKAWA

Honganji-water pipelines built in 1897, is the kind of the environmental water service that is also a fire disaster prevention facility for the Higashihonganji temple which had burned down four times in a period of 76 years. But Honganji-water pipelines has stopped its water supply that the cast iron pipe has been rusted for leaking water. The aim of this paper is to estimate the possibility method of functional conservation and potential of firefighting water supply not only for temple site but also surrounded wooden local district. Based on the results of this case study, the process is for considering the use of historical water service conservancy.