

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開発

Environmental Water Supply System for Preservation of Wooden Cultural City from Earthquake Fire

大窪健之

Takeyuki Okubo

1. はじめに

本論は、NPO法人「災害から文化財を守る会」や京都市消防局と数年に渡り共同研究を行ってきた成果をベースとして、平成13年度国土交通省建設技術開発研究費補助金を受け、元京都大学教授土岐憲三氏が研究代表者となり、筆者が事務局を担当した、表題の研究報告¹の概要である。このため、要約となる本論自体の内容に関する責任は筆者にあることを前提として、以下に紹介させていただく次第である。

2. 研究の目的

本論では、風土に備わる自然水利を活かすことを通じて、歴史に磨かれ環境にも有利な日本の木造都市を、地震等による大規模火災から守り、豊かな水のある美しく安全な都市環境を実現するための「環境防災水利」の整備技術・計画技術の確立を目的としている。

この目的を達成するために、表流水、地下水、雨水等の自然水利を活用した消火技術と水制御技術の調査・分析から、技術情報データベースの構築を行い、京都市におけるケーススタディ地域での計画策定をもとに、実践的な「環境防災水利」整備のための技術開発を行うものである。

具体的には「環境防災水利」整備のための技術開発に相応しい地区を選び、そこで都市河川や水路、井戸水、雨水貯留水等をどのように組み合わせ水利を確保し、それをどのような方法で市民による初期消火や公設消防隊の消防用水として貯留し、最終的にどのような消火設備を導入すればよいかを示す整備手法（システム）の開発を行う。ケーススタディ地区としては、1）地震火災被害の危険性が高く、国宝文化財である大報恩寺（千本釈迦堂）を抱える地域、2）地震火災被害の危険性が高く、伝統的な木造建造物群が面的に密集している産寧坂重要伝統的建造物保存地区、3）広域避難場所として指定されており、地震火災時に人命と文化財とを同時に守れる可能性を持つ二条城とその周辺地域、を候補地区とした。

「環境防災水利」の整備方法（システム）の開発に伴い、整備事例に基づく技術情報データベースの構築を行い、その要素技術となる、自然水利を用いた消火技術や自然水利の水制御技術に関する新たな技術開発のための検討を行っており、この目的を達成するために、以下の各項目について研究開発を行った。

3. 地震火災の特徴を踏まえた環境防災水利整備の基本理念導出

阪神・淡路大震災を調査対象とした既往研究の整理を行った結果、都市を直撃する地震が発生した場合、水利不足と消防力不足により通常の消防体制では対応できない事態に陥ることが示された。これを受けて、非常時に備えてそれらを補完できるような、地域に備わる水利、市民、設備を活用した環境防災水利整備の基本理念を抽出した。特に、地震火災に対する防災性能面での基本要件として、多重の消火活動段階に応じた水利整備による消火活動面でのフェイルセーフの確保（図1）と、多様な水源を活用することによる水供給面でのフェイルセーフの確保（表1）、の2点を抽出した。

表1 各消火活動段階に利用可能な水利の特徴と例

段階	水利の特徴	水利の例
第1段階	・身近な水 ・比較的少量 ・安全に利用できる ・操作が簡単	風呂の溜水 河川（安全で近づきやすい） ため池（安全で近づきやすい） 私設井戸 雨水の貯留 貯留上水（防火用水等：安全で利用しやすい）
第2段階	・通常火災と同程度の水利	河川 ため池 消防井戸 雨水の貯留 貯留上水（防火水槽等）
第3段階	・大量 ・長時間利用可能 ・比較的遠方の水利も利用可能	河川 ため池 消防井戸 貯留上水（プール等）

4. 事例調査に基づく環境防災水利整備のための技術情報データベースの構築

防災水利整備事例に関して、3つの消火活動の段階を基にした5タイプの消火技術と、水制御技術に関わる6種類の水利用形態の2つの軸に従って、国内外の18の事例調査をもとに、技術情報データベースを構築した。要素技術を整理した結果、大凡(22/30)の条件における水利整備技術の抽出を行った。

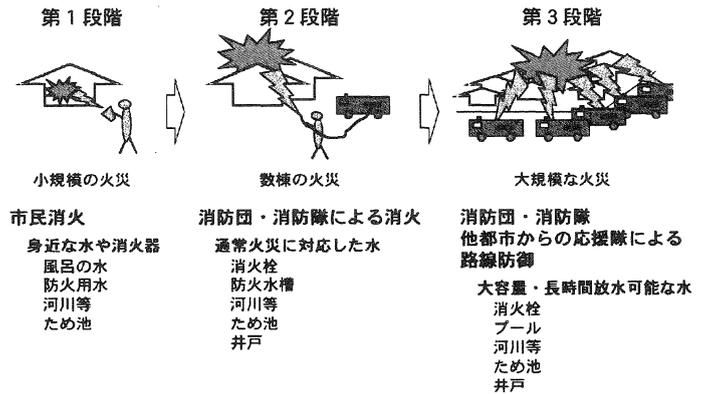


図1 3つの消火活動段階のイメージ

表2 整備事例の一覧

段階	利用水利 整備技術の タイプ	海水	河川等(流水)	河川等(貯留水)	地下水	雨水	貯留上水
I	護岸への接近・ 水面の開放等		カワド(③) 開水路 (②、③、④) 階段整備 (⑤、⑥) 防火用側溝止め(⑯)	タナ池(②) 開放式防火水槽 (⑤) 親水プール・ 葦り石(⑥)	集水複合井戸 シ ステム(⑮) 農業 用水井戸の 私設消火栓(⑰)	路地蔵 (雨水貯留槽) (⑨)	着脱式手動給水 ポンプ(⑱)
I・II	軽可搬ポンプの接続・ 小型消火栓の整備等		開水路利用(④) 腫床ブロックのアン グル材取り付け (⑫)	津和野川の堰(④) 二段式防火水槽(山 水利用)(⑤)	集水複合井戸 システム(⑮) 防災井戸(⑱) 農業用水井戸の 私設消火栓(⑰)		プール(④) 着脱式手動給水 ポンプ(⑱)
II	公設消防ポンプの接続等	PWSS(⑦) 消防艇(⑦) 3系統のバックアッ プポンプ(⑧) 海水を逆流させる下 水道利用方式(⑬)	防火水槽の循環 (②、③、⑤) 開水路利用(④) スロープ(⑥) 堤防下からの取水 (取水ピット)(⑪) 腫床ブロックのアン グル材取り付け (⑫)	本願寺水道(①) オーバーフロー (②) 防火水槽への貯留 (②、③) 水路内貯留(③) セギ板(③) 津和野川の堰(④) 二段式防火水槽(山 水利用)(⑤) 沢水貯水(⑤) 親水プール・ 葦り石(⑥)	井戸式消火栓(⑤) 湧水貯水(⑤) 集水複合井戸 システム(⑮)	路地蔵 (雨水貯留槽) (⑨) 地下雨水貯留施設 (⑩) 流雪溝の雪解け水 (⑭)	シスターン(⑦) 大型防火水槽(⑱)
II・III	放水銃・消火栓の整備等	3系統のバックアッ プポンプ(⑧) 内陸の消火栓に海水 を送る圧送管方式 (⑬)		前山の貯水(AWSS) (②)	井戸式消火栓(⑤)		青野山の貯水(④) Twin peaksの 貯水(AWSS)(⑦) 大型防火水槽(⑱)
III	水幕等の整備・ 大量送水ポンプの接続等	PWSS(⑦) 3系統のバックアッ プポンプ(⑧) 海水を逆流させる下 水道利用方式(⑬)		本願寺水道(①) 前山の貯水(AWSS) (②)		流雪溝の雪解け水 (⑭)	大型防火水槽(⑱)

※各カラム内にある、()内の数字は、報告書(注釈1)での18の事例番号を表している。

各要素技術に対する消火・水制御に関する評価を踏まえて、各利用水利がいずれの消火活動段階において有効に活用可能となるかを評価し(表3)、各水利を環境防災水利として活用する際の基本的な整備方針について整理した。

表3 各消火活動段階における火災と水利の特徴

消火段階	第1段階	第2段階	第3段階
火災の規模	小規模	←	→ 大規模
火災の発生件数	多数	←	→ 少数
必要水量	少量	←	→ 多量
有効な水利の位置	身近な水利	←	→ 遠い水利も可
利用の容易性	容易	←	→ 専門的

5. 京都市を事例とした地震火災の危険地域推定手法の開発と水利整備指針の導出

具体的な研究開発を行うにあたり、汎用性を確保する上で様々な可能性を検討することのできる地域として、日本を代表する木造都市の一つである京都市を対象とした。

地震火災の危険性が高い地域を、阪神・淡路大震災における長田区の町別世帯人数・高齢化率と焼損の関係²および、延焼の危険性に関わるとされる不燃領域率³に基づき推定した結果、木造都市における重要な社会資本の一つとして位置づけられている木造文化財(本論では世界遺産登録社寺14、国宝建造物所有社寺15、重要伝統的建造物群保存地区4カ所を主対象とした)の多くが、想定される危険地域(図2)に位置しているという結果が得られた。

さらに地震火災時に公設消防力が及ばない可能性のある地域⁴を推定し、個々の文化財建造物への延焼の検討⁵を行った。(例:図3、表4)

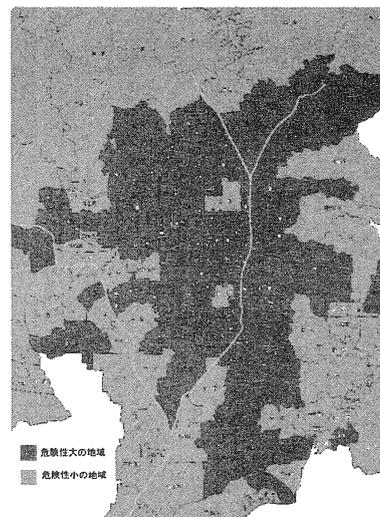


図2 想定される地震火災の危険地域

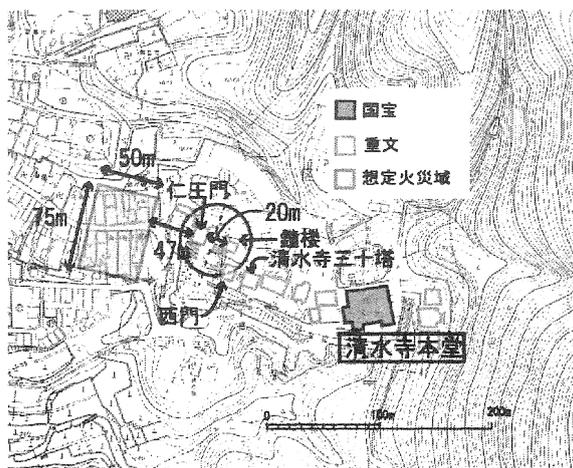


図3 清水寺における想定火災の例

表4 延焼判定の諸元(清水寺の例)

風速 U (m/s)	4.0
火炎前面長 B(m)	75.0
同時延焼奥行き D(m)	50.0
同時炎上奥行き D ₀ (m)	50.0
建蔽率 m	0.8
耐火率 n	0.1
火炎域から測定点までの水平距離 X(m)	47
測定点の高さ c (m)	11
測定点におけるふく射熱 R(Kcal/m ² h)	5198.9
気流温度上昇 T1(°C)	25.195
延焼評価温度 T(°C)	305

以上の検討プロセスによって、地震火災に対する危険性評価のためのシンプルでわかりやすい評価方法を開発する一方、危険地域を守るために、地域に存在する水利のポテンシャルを高めるための自然水利の整備指針を示した。

6. ケーススタディ地域に対する環境防災水利整備計画と支援システムの開発

環境防災水利整備に関する具体的なケーススタディの提示を目的として、5章での検討結果から早急な整備が求められている、①地震火災被害の危険性が高い点的な社会資本(大報恩寺)を抱える地域、②地震火災被害の危険性が高い面的な社会資本(産寧坂重要伝統的建造物保存地区)を抱える地域、③広域避難場所として指定された社会資本(二条城)とその周辺地域、の3つのケーススタディ地域の選定を行った。地域毎に特性を把握した上で、多重的な消火活動の担保と多面的な水源を確保することを念頭に、消火能力の評価を含めて実現可能な整備計画案を策定した。(図4-図9)

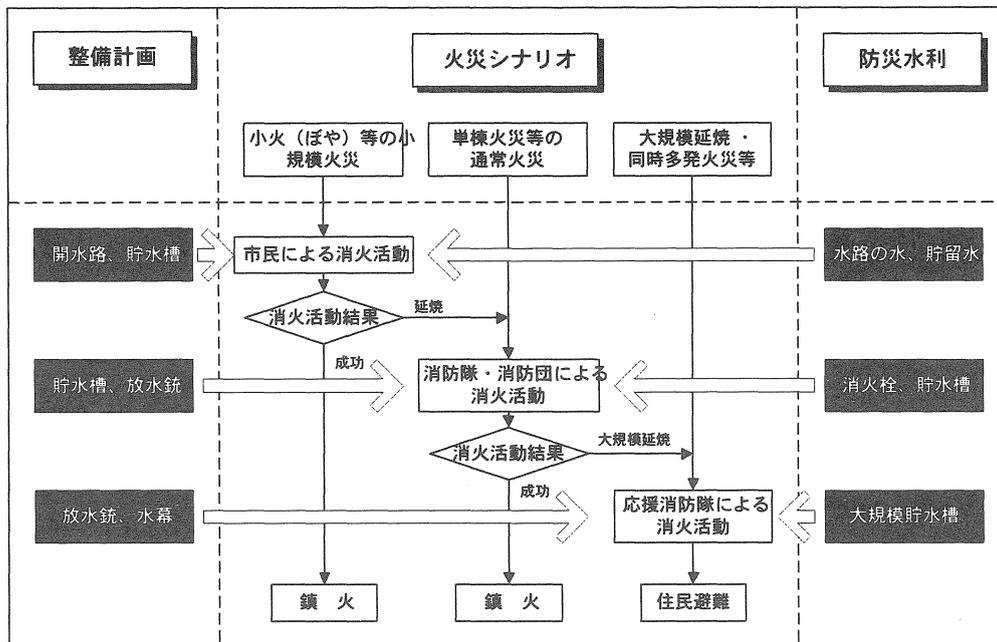


図4 大報恩寺における火災段階別水利整備計画

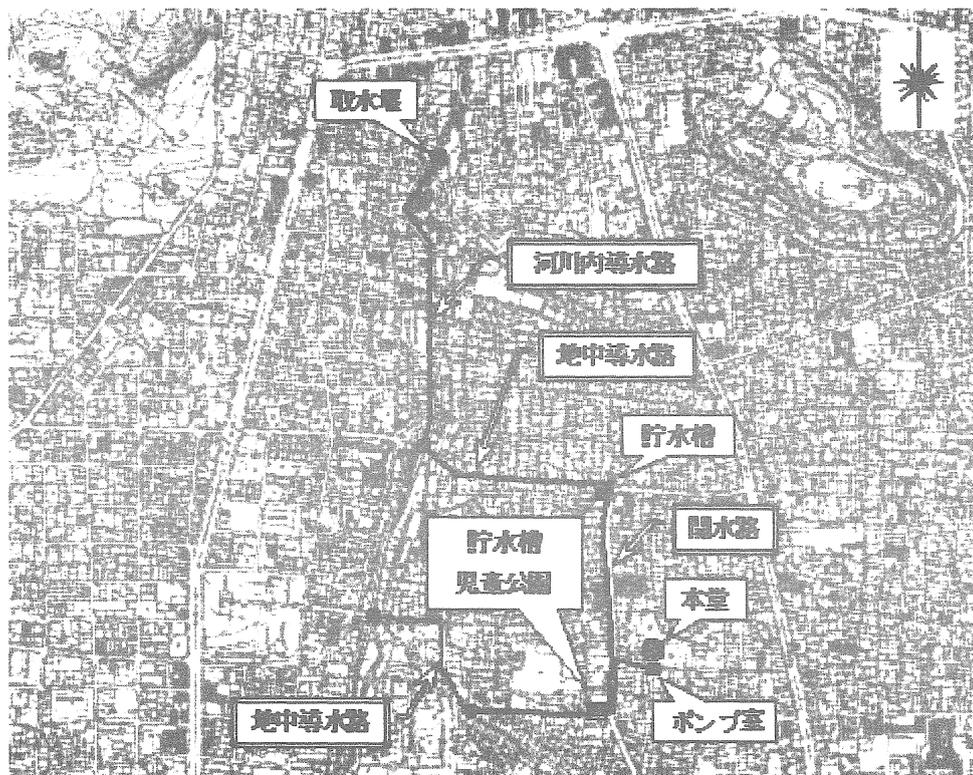


図5 大報恩寺における全体計画図

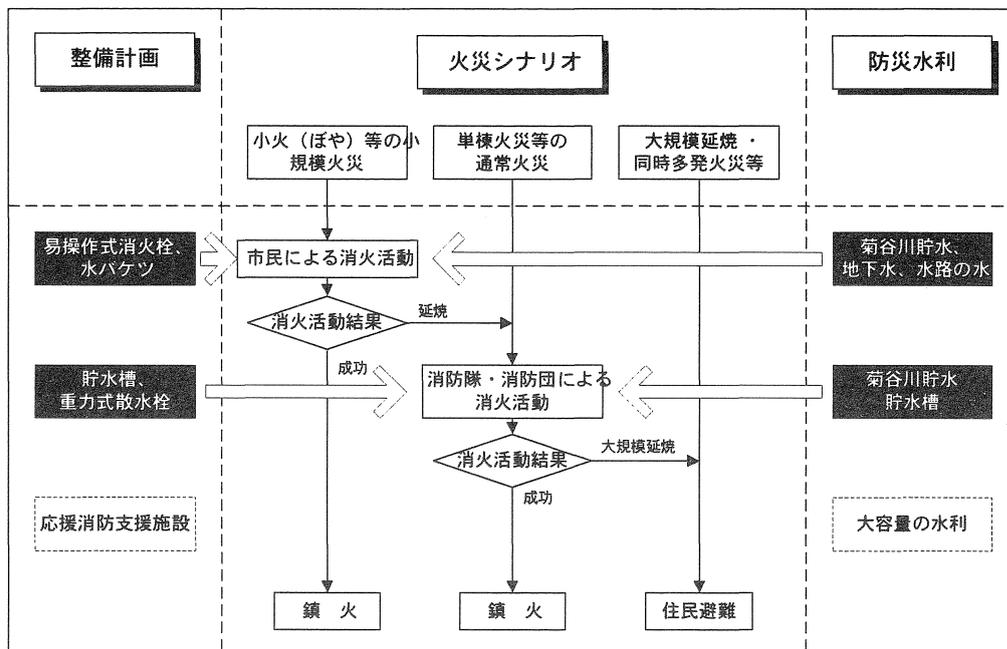


図6 安寧坂重要伝建地区における火災段階別水利整備計画図

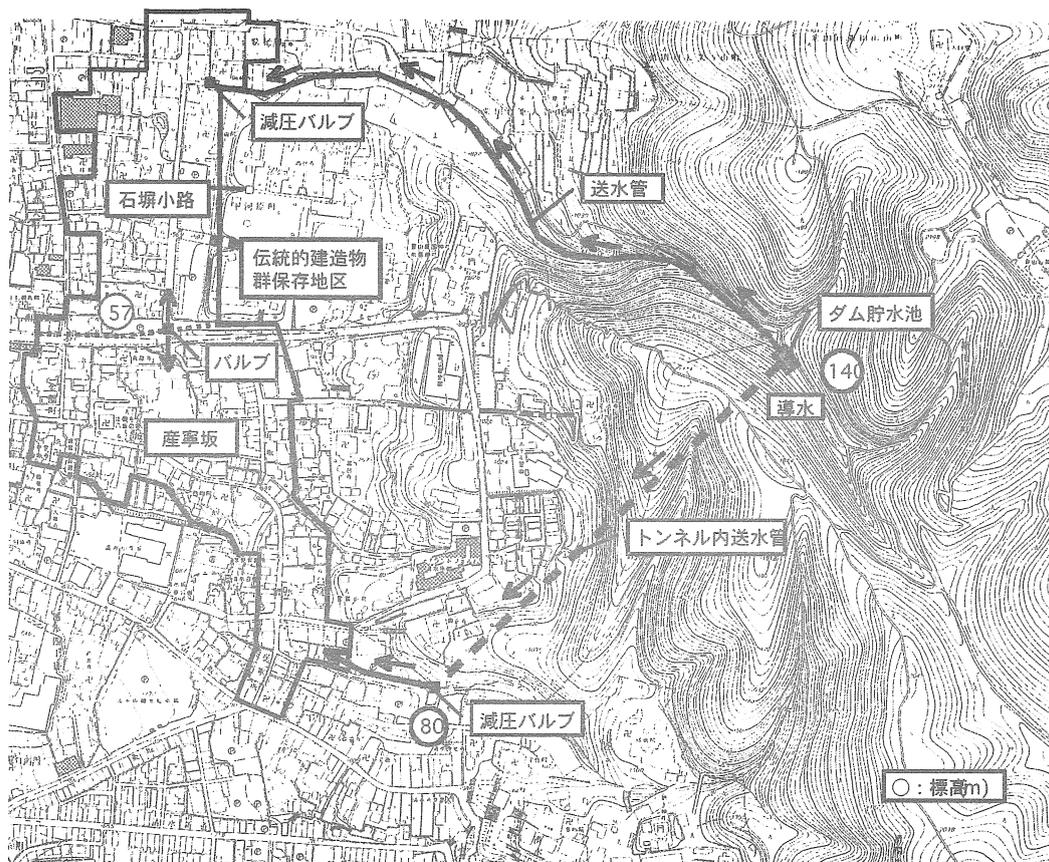


図7 安寧坂重要伝建地区における高低差を活かした送水計画図

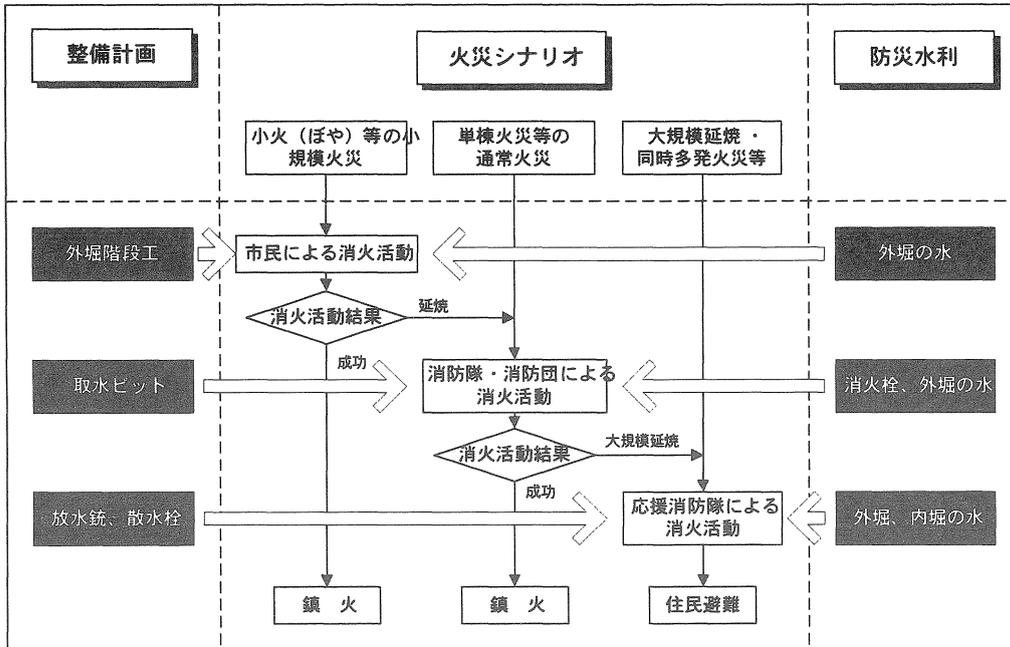


図8 二条城における火災段階別水利整備計画図

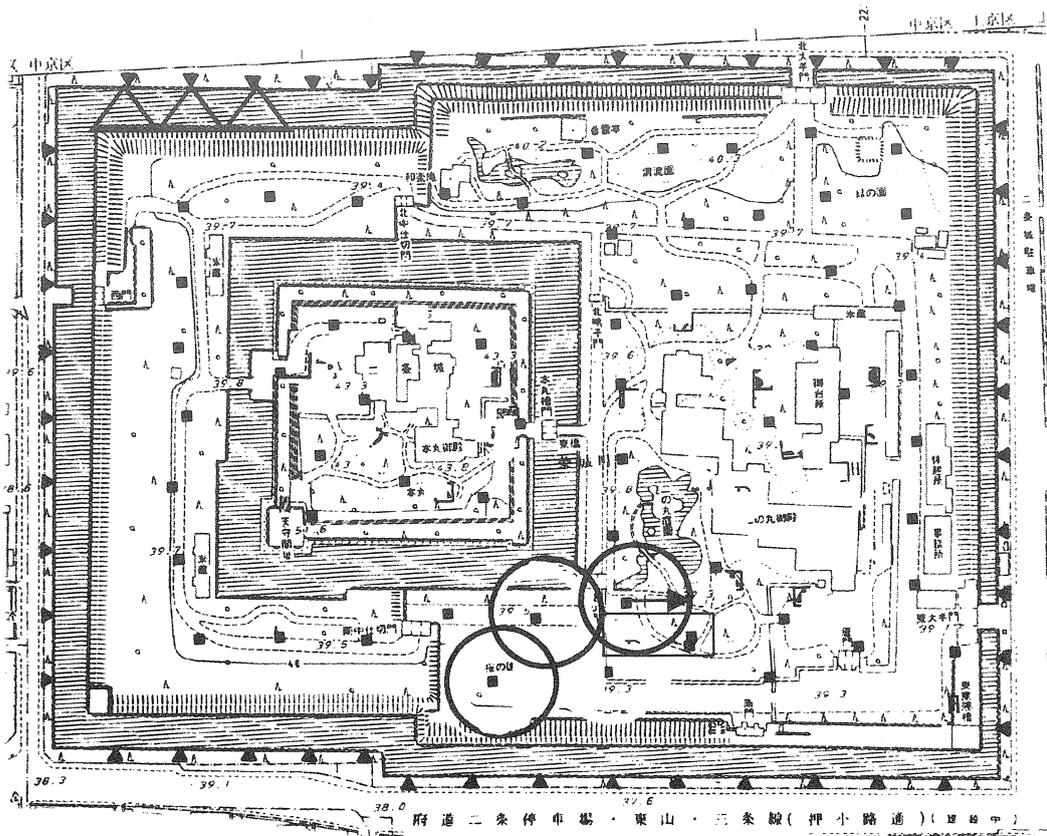
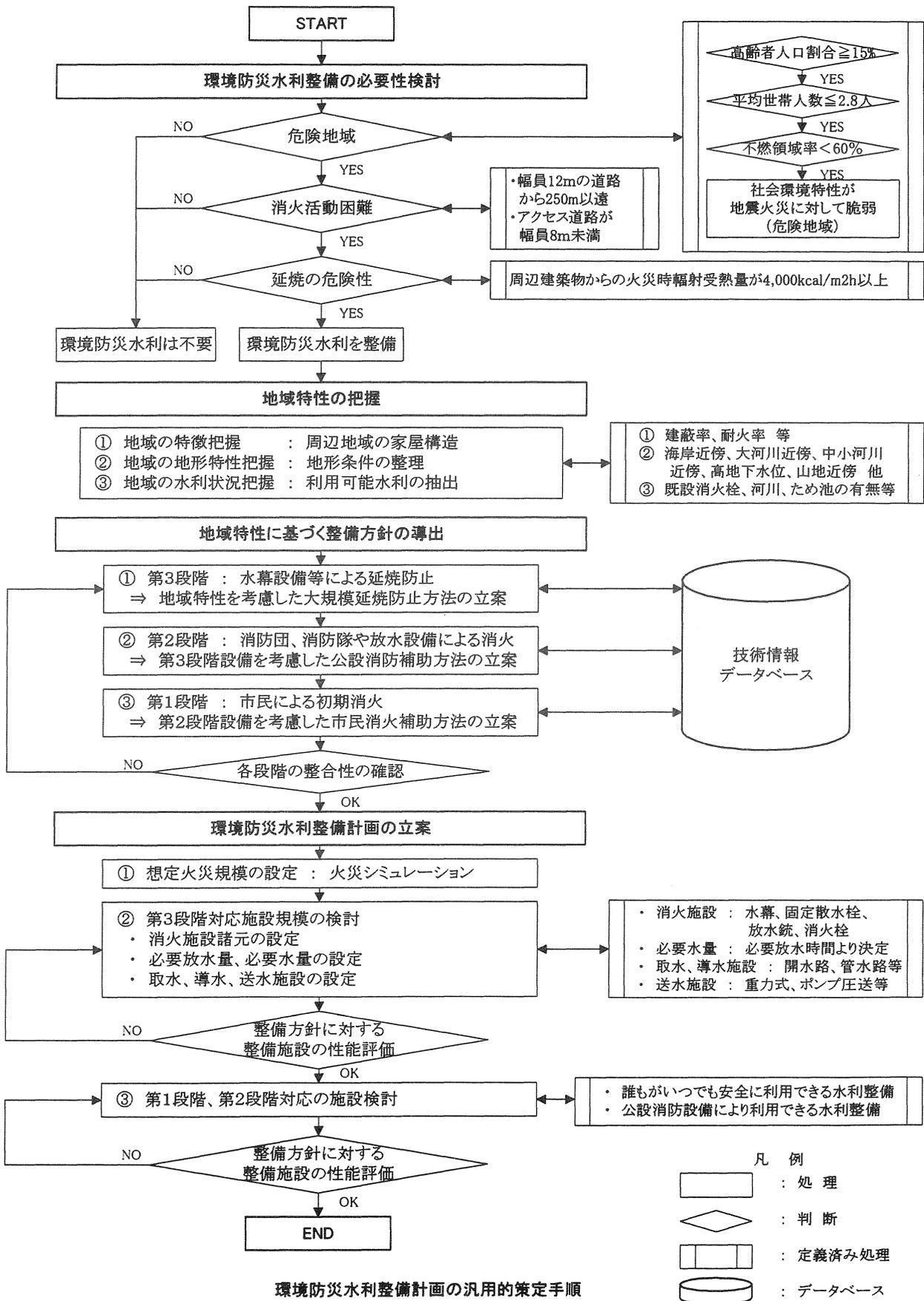


図9 二条城における堀の水を活かした放水計画図



環境防災水利整備計画の汎用的策定手順

以上の具体的な計画策定作業を通じてノウハウを蓄積することで、様々な地域において環境防災水利整備計画を策定する際に有効な、計画策定作業を支援する汎用性のあるシステム（前掲図 10）として整理を行った。

7. まとめと課題

本論では、都市全体を不燃化することを目指した従来の都市防災の考え方とは異なり、日本における伝統的な木造文化を尊重し、災害に強く安全で美しい国土環境の再生に資することを目的としており、震災時の同時多発火災に対抗するための「地域市民を含めた人・地域に備わる水・シンプルな技術」をどのように準備するべきかという、消防戦術を考慮したまちづくりを行うための技術開発を試みてきた。

今後も継続的に研究と技術開発を進めていく必要があるが、本論の範囲では扱えなかった問題点が残されたため、今後取り組むべき主要課題として以下に列挙する。

（1）整備計画実現に向けての法規・権利関係を含めた調整項目の整理

本研究開発で提案した整備計画を実現させるにあたって、利水に際しての制度・行政面を含めた地域住民との民主的な調整作業は、事業を遂行する上で極めて重要な要素となる。条件の整理を行うことで、調整作業に備える必要がある。

（2）計画の前提条件に関する最新研究成果の反映

特に延焼可能性の判定と放水設備の能力設定については、現時点で最も一般的に使用されている手法を採用しているが、現代の都市の状況に厳密に適応するには様々な点で齟齬があると考えられる。今後最新の研究成果を採り入れることで、より時代に即した判定や性能決定を行い、計画精度を見直していく必要がある。

（3）市民が利用できる水利確保のための整備技術の開発

本研究開発においては、消防戦術を見直す中で、自分たちの街を守るために市民自身の参加を重視しているが、実際に市民の誰もがいつでも安全に水を利用することを可能にするためには、具体的なデザインのための方法論を導出することが必要となる。

（4）少ない自然水利を有効に使うための消防技術の開発

どのような自然条件下の地域に対しても有効な水利整備を行うために、例えば少ない水量であっても、ゆっくりと流しつつ湿らせ続けることによって防火性能を高めるような、効果的な消防技術を開発するための研究を進める必要がある。

1 土岐憲三、小林正美、椎葉充晴、田中哮義、松井三郎、大窪健之、田中尚人、江見晋、荒川昭治、都丸徳治、田中輝彦「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開発」、平成 13 年度建設技術研究開発費補助金報告書、国土交通省、2002 年 3 月

2 日本建築学会編「阪神・淡路大震災調査報告」、p.322、1998 年 10 月

3 不燃領域率は東京都が策定した「防災都市づくり推進計画」において、延焼の危険性を示す指標の一つとして使用されており、60%未滿の地域については延焼の危険性が高いとされている。

4 塚口博司「道路幅員について」、交通工学 Vol.30 増刊号、交通工学研究会、1995 年では、道路幅員が 12m 以下である場合には震災時に閉塞する可能性が高いことが指摘されている。

5 市街地延焼火災による延焼判定については、建設省総合技術プロジェクト「都市防火対策手法の開発報告書」、p.227-276、1982 年の手法を援用し、境内における隣棟延焼判定については、日本火災学会「新版火災便覧」、共立出版、p.453、1981 年の手法を援用した。