

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 5 月 23 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2020～2021

課題番号：20K21056

研究課題名(和文)人口減少社会における地域の消防力確保に関する分野横断的検討

研究課題名(英文) Interdisciplinary Study on Assuring Regional Firefighting Capability in Depopulation Society

研究代表者

平山 修久(HIRAYAMA, Nagahisa)

名古屋大学・減災連携研究センター・准教授

研究者番号：00399619

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：水道管路の減径に伴う消防水利への影響に関する数値解析的検討として、離散的被害推定手法を用いて水道管路被害を推定し、管網解析より、消防水利機能の評価する数値解析モデルを構築した。近年の建物火災に対する消防水利に関する分析を行った。建物火災に対する消防水利は消火栓に依存していることを示した。建物火災1件当たりの放水量と焼損面積、放水時間との関連性について検討した。

水道分野と消防分野における産官学が分野横断的に、将来の地域の消防力について議論するための「場」を創出した。分野横断的かつ産官学連携で、将来の地域消防力を確保し、安全・安心な地域社会の創造に取り組むことが重要であることを指摘した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、人口減少社会に向けた水道管路の減径と地域の消防水利とはトレードオフ関係があり、地域の消防力確保においては、水道分野と消防分野での連携技法が必要不可欠であることを指摘した。すなわち、既往の検討においては、水道分野、消防分野でのそれぞれの検討にとどまるものであったが、本申請研究成果により、将来の地域の消防力を担保し、安全・安心な社会の創生のため、今後、これらの学問分野の連携を図り、地域主体での分野横断的かつ産官学連携の取り組みに資するものである。

研究成果の概要(英文)：Using a discrete damage estimation method, damage to water pipelines was estimated. A numerical analysis model was developed to evaluate functionality of water for firefighting based on pipe network analysis in EPANET. The analysis of water use for firefighting against recent fires in buildings was conducted. It was shown that firefighting water use for building fires is dependent on fire hydrants. The relationship between the amount of water discharged per building fire, the area of fire damage, and the time of water discharged was examined.

A "platform" was created for industry, government, and academia in the fields of water supply and firefighting to discuss and examine the future firefighting capability of the community in a interdisciplinary approach. It was indicated that it is important to ensure the future firefighting capability of the community and to create a safe and secure community through interdisciplinary and industry-government-academia collaboration.

研究分野：土木環境システム, 防災工学

キーワード：人口減少社会 水道システム 地域消防力 分野横断 連携 土木環境システム 防災工学

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

我が国の水道事業においては、人口減少社会への適応、老朽化対策、事業経営基盤の強化の観点から、水道管路の減径（ダウンサイジング）の必要性が指摘されている。水道システムは市民生活や経済活動を支えるとともに、都市の消防水利機能も担っている。消防水利には、人工水利である消火栓、防火水槽、プールと自然水利である河川、池、湖、沼、海等があり、2018年時点では、消火栓が消防水利の74%を占めている。

水道事業者には、水道法24条1項で、消火栓の設置が義務づけられており、地域の消防水利は水道システムに依存している。一方、消防水利の基準については、消防法20条1項に基づき、総務省消防庁が勧告することとなっている。現在の消防水利の基準については、昭和39年12月消防庁告示第7号に示されており、常時貯水量が40立方メートル以上又は取水可能水量は毎分1立方メートル以上で、かつ、連続40分以上の給水能力を有するものでなければならない、となっており、また、直径150ミリメートル以上の管に取り付けられていなければならない、となっている。したがって、消防水利の基準により水道管の口径が定められているため、消火栓が設置されている水道管についてはその更新時に減径することができない。水道管網の更新時に消防水利を考慮しない場合には、水道管の減径が可能であることが指摘されている（水道技術研究センター、次世代の水道管路に関する研究、2014）。すなわち、人口減少社会に向けた水道管路の減径と地域の消防水利とはトレードオフ関係であるといえる。

現状の消防水利の基準に対する科学的根拠とされているのは、55年前の科学的根拠に基づく消防ポンプ自動車による2口放水を行うために必要な水量と木造建築物の標準温度曲線である。55年前の消防水利基準の勧告後、木造建築物の耐火性能の革新的な向上や、消防隊の活動要領や消火戦術の変遷、活動用資機材の技術発展には目覚ましいものがある。以上のことから、将来の消防水利の基準については、地域の消防力確保を絶対的前提条件とし、人口減少社会の到来を見据えた水道事業や消防隊の現場活動の変遷という社会的情勢や木造建築物の技術革新を考慮した令和時代に適した合理的な基準を探索することが必要である。

2. 研究の目的

本申請研究では、将来の人口減少社会における地域の消防力確保のあり方について探索することを目的とする。具体的には、消防活動に必要な給水応力を確保しつつ、地域の安全安心を担保することを前提として、将来の人口減少社会に向けた実践的な消防水利の考え方について、水道分野と消防分野との分野横断的な検討を行う。

3. 研究の方法

（1）水道管路の減径に伴う消防水利への影響に関する数値解析的検討

水道事業による水道管路の減径に伴い消火栓での給水量が低下し、消火活動に支障が出る可能性が懸念される。ここでは、研究協力者である京都市上下水道局、名古屋市上下水道局と連携し、対象地域でのさまざまな火点のシナリオを設定し、EPANET2による管網解析により、減径による給水量低下についての解析結果をデータベースとして蓄積する。

研究協力者である細川直史（消防研究センター）、廣井悠（東京大学）と協働し、管路の減径に伴う給水量低下による消防活動への影響について、2016年糸魚川市大規模火災などの延焼シミュレーションの観点から評価する。ここでは、管路の減径が行われた場合でも消火活動に支障がないのか、あるいは支障があるのであれば、どの程度あるのかについて定量的に明らかにする。

（2）水道分野・消防分野の分野横断的な産官学研究会（仮称：Fire Water Project）

水道分野と消防分野における産官学が分野横断的に、将来の地域の消防力について議論、検討するための「場」を創造する。具体的には、研究協力者である水道技術研究センター、小泉明（首都大学東京）、総務省消防庁と協働し、人口減少社会に向けた水道管路の再構築や消防隊の現場活動における活動要領、消火戦術、活動用資機材に関する実情や最新動向について文献調査、事例調査や現地調査を行う。

（3）将来の人口減少社会での地域の消防力確保方策の検討

研究協力者である水道技術研究センターにおける水道管路に関する産官学プロジェクトの研究成果を活用しつつ、管路の減径に伴う消防水利への影響に関する数値解析結果と産官学研究会（仮称：Fire Water Project）の活動成果を踏まえ、将来の人口減少社会における地域の消防力確保に向けた方策について取り纏める。また、現代の木造建築物に準じた標準温度曲線の再構築、パイロット配管による消防水利確保の実証実験、水道・消防の情報共有システム、火災時の水運用手法、管路の減径に合わせた消防戦術など、将来の人口減少社会での地域消防力を確保するために必要となる実践的な学術検討項目について明らかにする。

4. 研究成果

（1）水道管路の減径に伴う消防水利への影響に関する数値解析的検討

a) 大規模災害時における消火機能評価手法の構築

離散的被害推定手法を用いて水道管路被害を推定し、EPANETでの管網解析より、消防水利機能の評価する数値解析モデルを構築した。図1に、構築したモデルを用いたケーススタディとして、地震後の応急復旧過程における消火機能の災害レジリエンス曲線を示す。

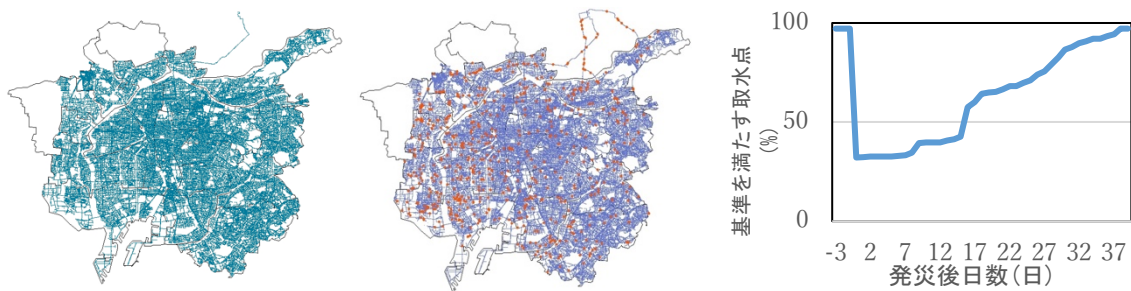


図1 管路地図(左)と離散的被害推定結果(中央)と地震後の応急復旧過程における消火機能の災害レジリエンス曲線

b) 近年の建物火災に対する消防水利に関する分析

火災・消防隊活動状況、消防水利の状況、車両ごとの放水量について、住所等の個人情報が特定されない形で、2005年から2019年までの15年間のデータを取り纏めた。主な水利別の放水量をより、消火栓、他隊の放口、中継補水による放水量が63.5%から75.3%を占めることがわかる。そのうち2011年から2020年までの10年間の建物火災に対しては、消火栓使用率は85.1%から99.9%となり、建物火災に対する消防水利は消火栓に頼っていることがわかる。建物火災における消防活動の推移より、消火活動に伴う放水時間ならびに放水量は火災件数、焼損面積の減少に伴い減少している。すなわち、建物火災においては、焼損面積と放水量には相関があると推察される。建物火災1件当たりの放水量、放水時間は増減の傾向は明確にはみられず、年により増減している。建物火災において、最先着に要する平均時間は、2011年4.41分、2012年4.53分から、2017年4.64分、2018年4.58分、2019年5.11分となっており、年により変動している。この平均到着時間第1着の推移傾向が放水時間や放水量の増大にどのような影響を与えているのか、また、1件当たりの焼損面積が減少しても1件当たりの放水量が減少しない要因について、今後さらなる検討が必要である。

2005年から2019年の建物火災1件当たりの放水量と焼損面積、放水時間との関連性について分析する。図2に建物火災1件当たりの放水量と焼損面積を示す。これより、建物火災の焼損面積と放水量とは正の相関関係にある。放水量 40m^3 以上となった建物火災は288件、8.4%で、平均焼損面積は 189.5m^2 であった。すなわち、15年間における建物火災の91.6%は放水量 40m^3 未満であった。解析対象地域の住宅総数は約123.4万戸、一戸建て約34.1万戸であり、1戸当たり延べ床面積は、 77.98m^2 、 129.10m^2 である(総務省、2020)。焼損程度が全焼とした場合、近似式から求まる放水量は 29.3m^3 、 48.5m^3 となる。東京消防庁(2009)では、放水を一時的に停止し、火災の推移や建物内部の状況を確認しながら内部進入をいかに早期に行い、燃焼実態に直接放水するかによって消火効率に顕著な差が生じるとしている。したがって、将来の人口減少社会における消防水利の確保においても、近年の技術革新を鑑み、放水効率を高めながら、放水量を抑制することで、早期鎮火を達成するための方策が重要であるといえる。

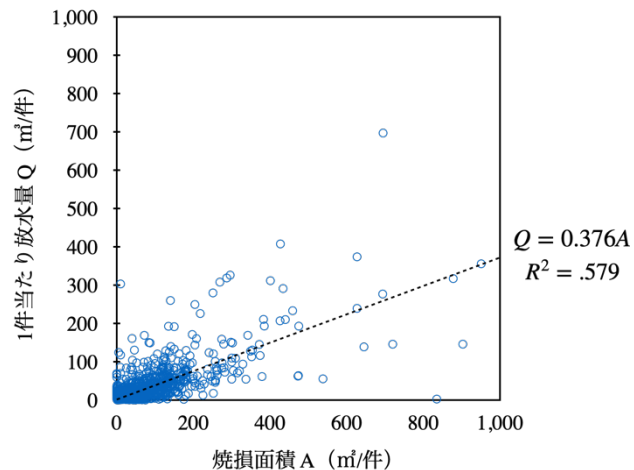


図2 1件当たり放水量と焼損面積との散布図

(2) 水道分野・消防分野の分野横断的な産官学研究会

水道分野と消防分野における産官学が分野横断的に、将来の地域の消防力について議論、検討するための「場」を創出し、2020年度から2021年度においてFire Water Project研究会を計6回開催した。なお、新型コロナウイルス COVID-19 感染拡大においても、消防分野、水道分野とが議論可能なように、オンライン、オフラインでのハイブリッド型で研究会を実施した。

また、2022年3月22日、FWP研究会「これからの地域消防水利と管路の維持・更新を考える」ワークショップをZoom ウェビナーで開催し、全国の水道事業者などの水道関係者、消防関係者約280名が参加し、人口減少社会における地域の消防力確保における課題やこれからの取り組み

みのあり方について議論した。

(3) 将来の人口減少社会での地域の消防力確保方策の検討

消防分野、水道分野における学識者、専門家、実務者に対するヒアリングを実施した。その結果、将来の人口減少社会での地域消防力を確保するために必要となる実践的な学術検討項目について、①消防水利事例データベースシステムの構築、②水道管路の減径に伴う消防水利への影響把握、③分野横断的連携のための消防水利情報共有システムの開発、④水道分野・消防分野の分野横断的な産官学研究会などの連携の「場」の継続、等が必要であり、分野横断的かつ産官学連携で、将来の地域の消防力を確保し、安全・安心な地域社会の創造に取り組むことが重要であると指摘された。すなわち、今後、新たな動的管網解析手法、情報共有システムを用いた分野横断的連携手法の開発研究を推進し、水道管路減径と消防水利確保というトレードオフ関係を克服するための分野横断的連携の技法を導出し、地域特性を考慮した実践的な消防水利のあり方を探究することが必要不可欠である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 平山 修久, 木全 誠一, 細川 直史	4. 巻 23
2. 論文標題 近年の建物火災に対する消防水利に関する分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本災害情報学会第23回学会大会予稿集	6. 最初と最後の頁 107-108
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 平山 修久
2. 発表標題 近年の建物火災に対する消防水利に関する分析
3. 学会等名 日本災害情報学会第23回学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	廣井 悠 (HIROI Yu)		
研究協力者	細川 直史 (HOSOKAWA Masafumi)		
研究協力者	小泉 明 (KOIZUMI Akiira)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------