



# ホース延長を考慮した改良型 市民消火栓の配置計画に関する研究 —京都市清水周辺地域を対象として—

2017年5月27日

歴防・定例研究会

○大窪 健之(理工学研究科)

大和田 智彦(NTT東日本)

金 度源(衣笠総研)

林 倫子(関西大学)

# 研究の背景

全国の歴史的な町並では多くの文化財が存在し、  
**木造建築が密集するため災害時に延焼火災に発展する危険性**がある

**住民による初期消火活動**がこのような地域で、延焼火災を防ぐために重要

取り組みとして…

京都市東山区清水地域では、モデル事業<sup>1</sup>の一環

⇒ **市民消火栓**を43基設置している

公設消火栓より能力は劣るが  
**1人で操作することが可能**  
素早く初期消火が行える

しかし…

課題点

ホースの取り出しや延長、ホースの収納に関して問題があったため改良して操作性等を見直す必要があった。



屋内型消火栓





# 研究の背景

## 市民消火栓改良の歩み

既存消火栓の課題点(使いづらさ)をもとに改良型消火栓を試作、性能評価を行い、新たな課題点の抽出を行った (2012年度～開発中)

2012年度

改良型消火栓の試作(回転ドラム型)

性能評価実験(試験者:学生)

課題の抽出

・より収納部が見えやすいものが必要とされた



収納部が回転し、楽に収納可能(特許出願中)

2013年度

改良型消火栓の試作(穴あき回転ドラム型)

性能評価実験(試験者:住民)

性能評価実験(試験者:学生)

課題の抽出

・収納部が小さく、収納しきれないこともあり、より大きい収納部が必要とされた  
・操作の分かりやすいデザインの考案が必要

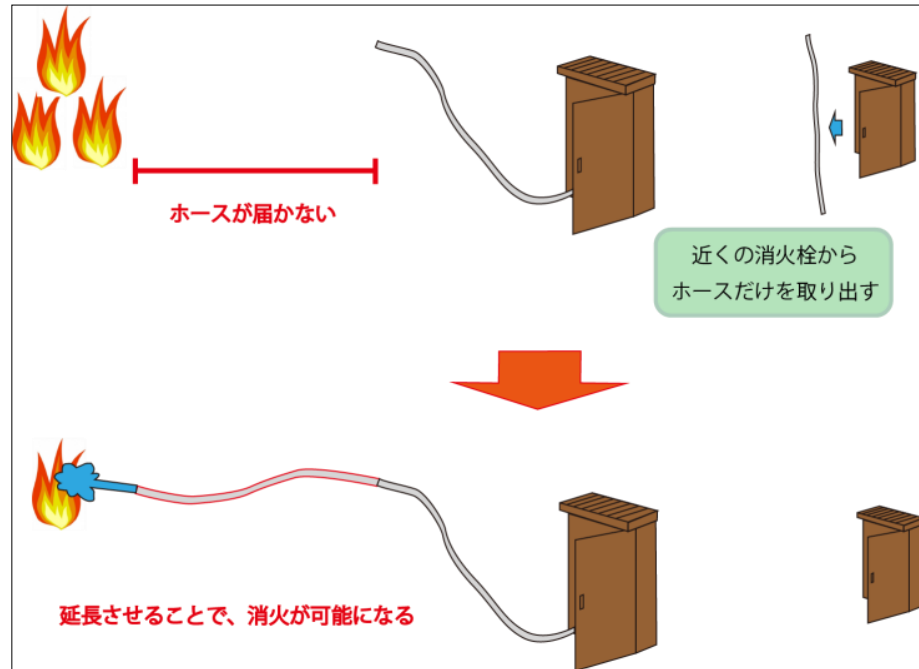


収納部の口を大きく、またメッシュにすることで中を見えやすくした(特許出願中)

# 研究の背景

2014・2015年度

水量調整・延長用ノズルの開発



災害発生時、火元へホースが届かない範囲にも、周辺に設置してある消火栓からホースのみを取り出し、連結し延長させて消火することが可能とした。また水勢が強すぎるといふ住民の意見より、水量の調節も可能とした。  
(特許出願中)

# 研究の位置づけ

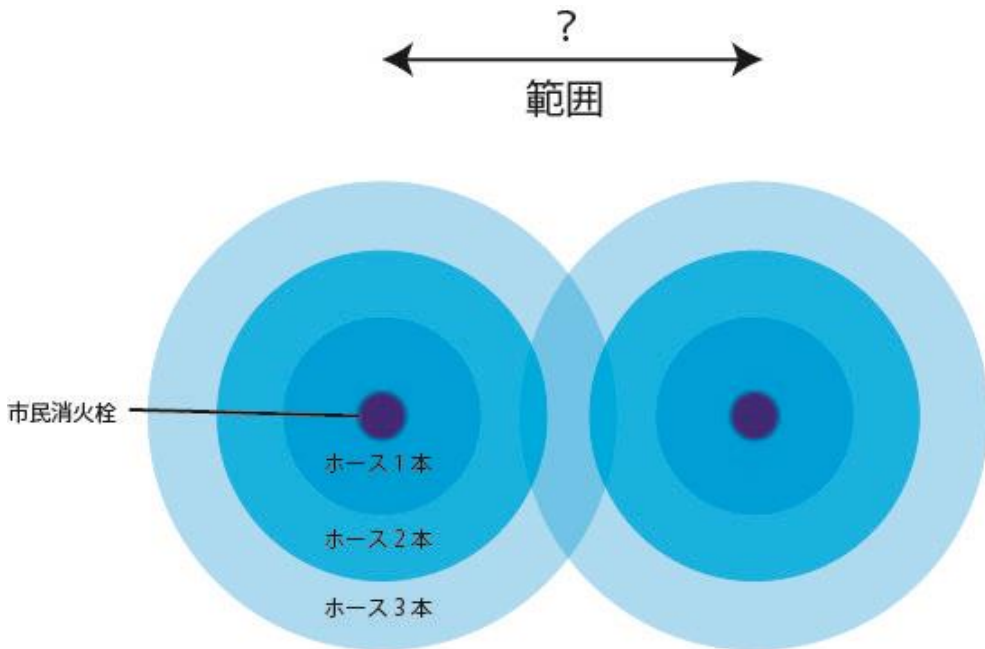
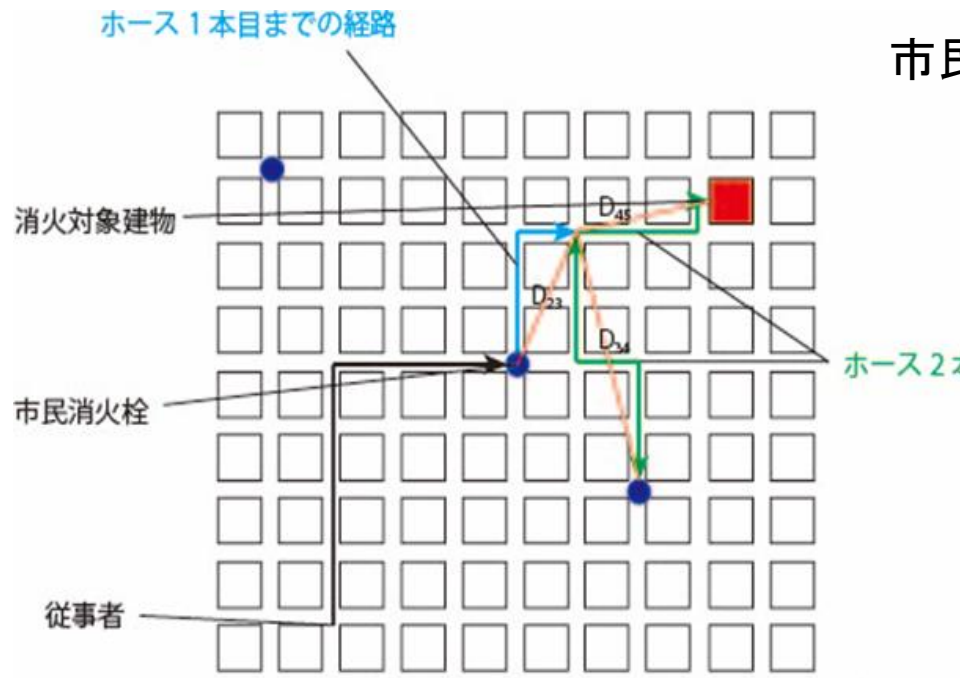


図3 消火栓設置間隔

- ・ 延長ノズルによって他の消火栓からホースのみを取りだす
- ・ ホース延長のしやすさにより消火可能範囲が拡大
- ・ 市民消火栓使用時の初期消火活動可能時間を測る

初期消火活動の限界時間によって2本目、3本目と繋げることが可能かどうかを把握したい。繋げることが可能な範囲によって消火範囲が変わってくるので市民消火栓の最適な配置も変わってくるのではないかな？

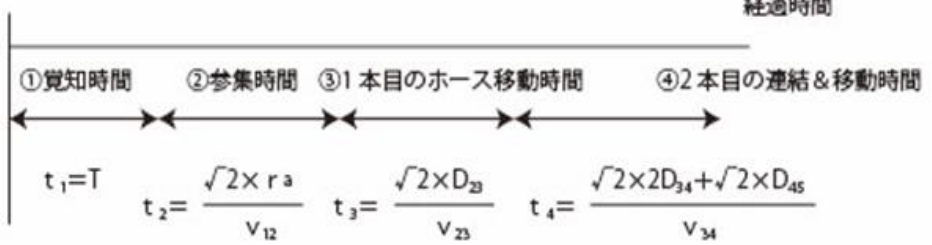
# 研究の位置づけ



## 市民消火栓における配置計画等に必要データ

- ・ 覚知時間  $T$
- ・ 参集時間  $t_2$
- ・ 消火必要人数
- ・ 一本目のホース移動速度  $v_{23}$
- ・ 二本目のホース連結 & 移動速度  $v_{34}$

ホースの到達可能範囲は、ホースの総延長距離を、道路形状が屈曲していることを考慮した係数  $\sqrt{2}$  で除することで求まるものと考え次のように計算する。



$$r = \frac{LH \cdot X_{max}}{\sqrt{2}}$$

$LH$ はホース1本の長さ、 $X_{max}$ はホースの最大接続可能本数

図4 消火活動に関わる各要素の位置関係とシナリオに基づく所要時間



# 研究の位置づけ(既往研究の整理)

既往研究では**可搬ポンプ**での住民による模擬初期消火活動実験を行っている  
(地震火災時における地域消防力に関する研究<sup>1)</sup>)



図1 可搬ポンプでの消火活動



図2 可搬ポンプ

## — 目的 —

- ①初期消火活動を模した実験を行うことで地域住民の初期消火活動能力の定量化をはかり、数値モデル等に反映可能なデータベースを作成。
- ②地域住民の火災対応能力並びに消火資機材の整備環境などに関する問題点の把握。

1) 地域消防力に着目した密集市街地の地震対策に関する研究 平成18-20年度 消防防災科学技術推進制度 受託研究 研究成果報告書(第2次中間報告書)

図1 <http://www.city.nagakute.lg.jp/anshin/bousai/kunren/images/keikahan.jpg>

図2 [http://blogs.c.yimg.jp/res/blog-1b-94/tokachi\\_502/folder/1515155/92/62013692/img\\_0?1357393803](http://blogs.c.yimg.jp/res/blog-1b-94/tokachi_502/folder/1515155/92/62013692/img_0?1357393803)

# 研究の位置づけ(既往研究の整理)

## — 既往研究の方法 —

### 可搬ポンプでの活動シナリオ(実験)

- ① 火災の発生を覚知する
  - ② 可搬式ポンプの保管場所までの移動
  - ③ 可搬式ポンプを火災建物近くの消防水利(防火水槽)まで移動
  - ④ 消火用ホースを連結し、火災建物付近まで引き伸ばす
  - ⑤ 可搬式ポンプのエンジンを起動させ、放水準備を行う
  - ⑥ 火災建物に向かって放水開始する
- ※ 消火人数3人1組

⇒ 活動でかかる時間の計測

### アンケート調査

- ・ 消火活動の意欲
- ・ 可搬ポンプの使用と地区の消火設備(防火水槽等)について

⇒ アンケート結果からツリー評価を用いて地域の消防力の実態と課題点を明らかにした



# 研究の目的

---

## <実験>

- ・ 模擬初期消火活動を行い、ホース延長を含めた放水までの時間を計測する
- ・ 改良された消火栓と現在清水周辺に設置されている消火栓の計測時間を比較する。失敗要因等を検討する

## <配置計画の提案>

- ・ 実験結果をもとに消火栓間隔の最適距離を求める
- ・ 配置する際の手順を決める
- ・ 清水周辺に改良された消火栓を拡充配置する



## <目的>

市民消火栓での初期消火実験の計測結果をもとに、消火栓間の最適な距離を求め、合理的な配置計画の提案を行う

# 実験概要

## 改良型消火栓の初期消火活動シナリオ

- ① 火災の発生後、火災の発生を覚知する。
- ② 市民消火栓の位置まで移動する。
- ③ 消防ホースを火災建物付近まで引き延ばす。
- ④ ホースが火災建物付近に届かない場合他の消火栓からホースを取り出しホースの延長を行う。
- ⑤ 送水準備が完了した後、火災建物に向かって放水を開始する。

## 既存型消火栓の初期消火活動シナリオ

- ① 火災の発生後、火災の発生を覚知する。
- ② 市民消火栓の位置まで移動する
- ③ 消防ホースを火災建物付近まで引き延ばす
- ④ (Ⅰ)ホースが火災建物に届かない場合バルブを一旦閉めに戻る  
(Ⅱ)他の消火栓から延長用ホースを取り出しホースの延長を行う  
(Ⅲ)バルブを開けに行く
- ⑤ 送水準備が完了した後、火災建物に向かって放水を開始する。

※本研究の実験では③の工程から実験を行った  
消火活動人数は最小の操作可能人数となる1人とした。

# 実験概要－消火栓について－

## －比較対象－

現在清水寺周辺に設置してある**既存型**消火栓

ホース長 35m

延長ノズルの先に水量調節ノズルはついていない。ホースの延長はノズルを一旦取り外せば可能である

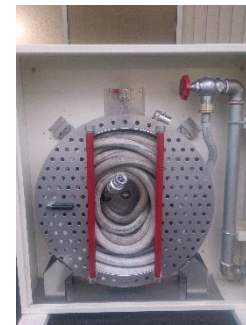


延長ノズルの先端で水量調節ができないため、ホースの延長をする前に消火栓のバルブを閉めて水を止めなければならない

改良された消火栓

ホース長 30m

延長ノズルの先が水量調整のできるノズルとなっているため、ホースの延長をする時は先端で止めて、直接他の消火栓からホースを取り出せば、すぐに延長することが可能。



この二つの消火栓の違いをシナリオに沿って住民たちに模擬消火活動実験を行ってもらい住民の初期消火時間を測り、比較した。



# 実験概要 — 各種設定 環境設定 —



条件の悪い環境をモデルとして  
実験環境を設定する。

- ・・・市民消火栓
- 赤範囲・・・ホース1本分到達
- 青範囲・・・ホース2本分到達
- 緑範囲・・・ホース3本分到達

## ホースの到達設定

ホースを道路の屈曲に合わせて伸ばす。家屋の入り口までホースを持っていくと仮定する。  
ホースを家の入り口まで持ってきたら家の中の1階部分にホースが到達するまで伸ばし、伸ばしきったところをホースの到達点として色を付けている。

・環境設定の条件はホースが最大3本連結して届く範囲

- ・3本目の先端を伸ばしきるまでに一番屈曲点が多い 屈曲点⇒4
- ・市民消火栓同士の距離が離れている ⇒84m

# 実験概要 — 各種設定 時間設定 —

既往研究<sup>2)3)</sup>を参考に**地震発生直後**に出火するものとした。

既往研究<sup>2)3)</sup>参考に出火室内火災に至る段階を**天井着火する時間**と定義していることから本研究でもそのように定義し、**出火後5分後**とする。

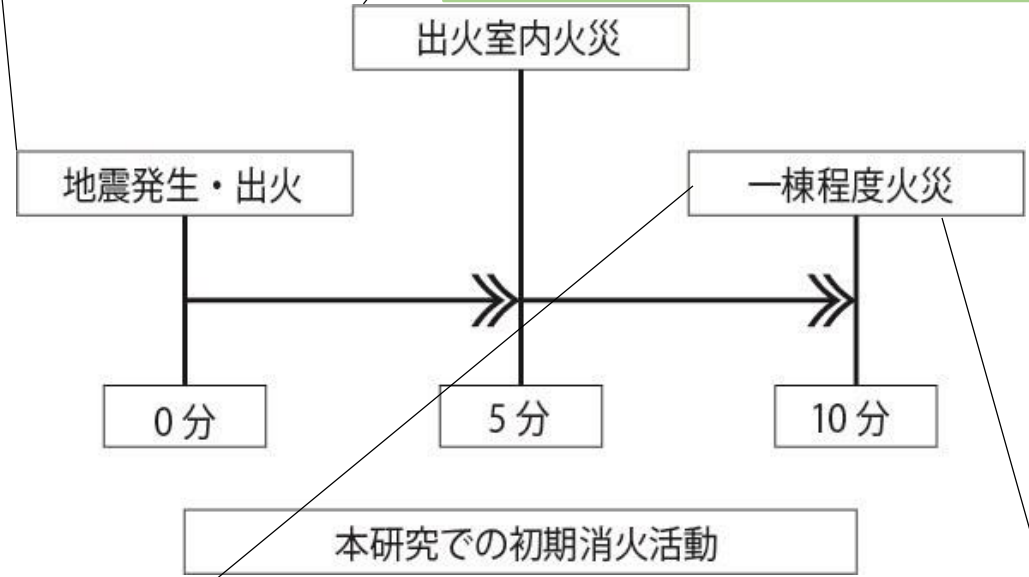


図 火災の進展

既往研究<sup>2)3)</sup>を参考に出火室全体に火が回る規模から**火元建物全体に火が回る規模**と定義されていることから本研究もそのように定義し、**出火から10分**とする。

既往研究から屋内消火栓は延焼抑止の放水能力を有する機材とされている。市民消火栓は屋内消火栓から改良されたものであり本研究では**1棟程度火災**までの**10分間**を市民消火栓使用時の**初期消火活動限界時間**と考えた。

2) 吉澤亮 加藤孝明 小出治 震災時における地域消防力の初期消火可能性に関する評価 消防科学研究所報41号 pp.197-202,2004

3) 火災予防審議会：地震火災に関する地域の防災性能評価手法の開発と活用方策、東京消防庁、2001

# 実験概要－各種設定 覚知＋参集に必要な設定－

## 火災覚知時間⇒2分

既往研究<sup>5)</sup>では住民の約75%が直接に炎や煙を見て火災を覚知していた



活動する者は煙や臭気により火災に気づくものとして、出火建物からの煙等の噴出時間を火災認知に要する時間としている。

住民による過去の実験から2分が覚知時間とされている

## 消火栓のもとに参集する時間⇒2分

火災を覚知した住民の約55%が出火地点から100m以内にいたことがアンケート調査から確認<sup>5)</sup>(阪神淡路大震災の事例)

駆けつけ最大距離は $(100+90) \times \sqrt{2} = 266\text{m}$

1分46秒⇒約2分とする

参集速度は既往研究<sup>4)</sup>より時速9km⇒秒速2.5m



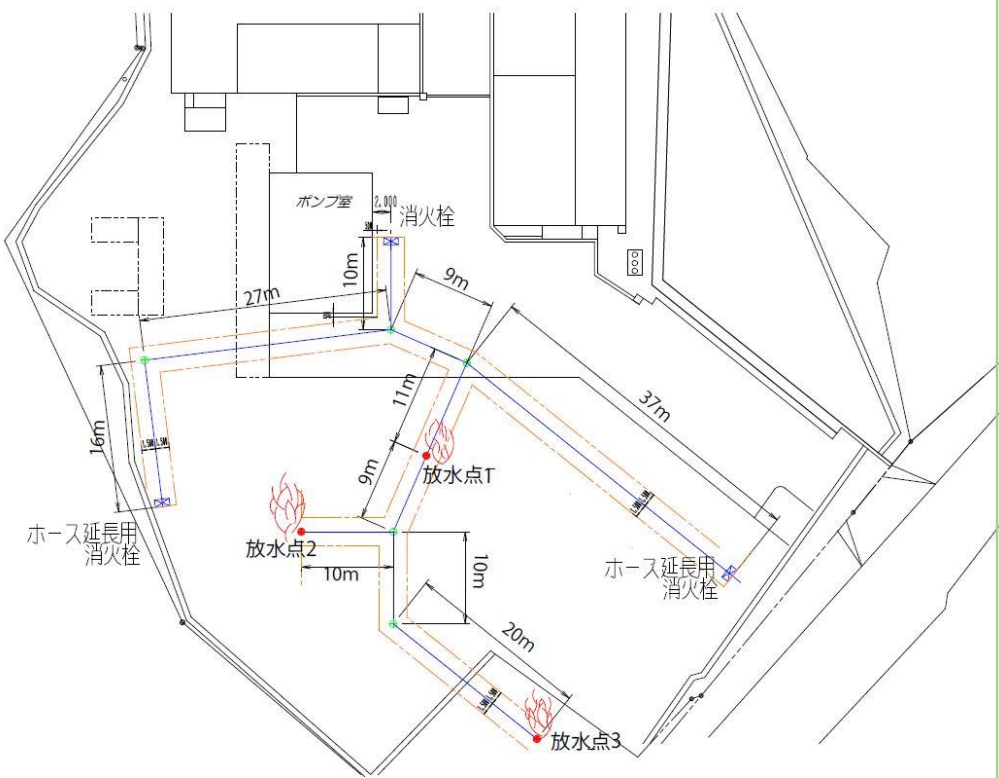
活動限界時間は10分のため、実験の消火活動は6分以内が目安となる

4) 中野孝雄・熊谷良雄 震災時における消防水利の到達可能性評価手法に関する研究 日本火災学会 Vol 54.No.2 2004

5) 中野孝雄 川村達彦 清水智乗 高須是樹 軽可搬ポンプによる消火活動能力評価手法の構築と消火活動能力向上方策 地域安全学会梗概集 (20), 9-12, 2007-05



# 実験概要－実験場所－



場所：株式会社横井製作所柘植工場

日付：2017年1月12日、18日

### 配置概要

放水点1・・・消火栓からの距離30m  
屈曲点2

放水点2・・・消火栓からの距離49m  
屈曲点3

放水点3・・・消火栓からの距離69m  
屈曲点4

消火栓から延長用ホースまでの距離  
それぞれ53m

# 実験結果・分析 — 消火時間 —

## 改良された市民消火栓結果 シナリオ③～⑤

	ホース1本分	ホース2本分	ホース3本分
20代男性A	27秒	2分17秒	4分4秒
20代男性B	23秒	1分52秒	4分0秒
20代男性C	29秒	2分29秒	4分51秒
70代男性A	29秒	2分59秒	5分56秒
70代男性B	26秒	2分28秒	4分48秒
20代女性	39秒	3分9秒	6分23秒
70代女性	39秒	3分0秒	6分9秒

## 現在清周辺に設置してある

## 既存の市民消火栓結果 シナリオ③～⑤

	ホース1本分	ホース2本分	ホース3本分
20代男性A	26秒	3分22秒	6分14秒
20代男性B	26秒	2分54秒	5分44秒
20代男性C	25秒	3分17秒	6分34秒
70代男性A	38秒	4分34秒	9分17秒
70代男性B	36秒	4分45秒	9分56秒
70代女性	52秒	5分13秒	10分34秒

本実験では高齢者の場合は体力等を考慮しホース2本分までの実験を実行



ホース3本分までの時間は各作業時間と移動速度より予測(赤文字)

改良型消火栓

初期消火活動限界時間を超えているのは2人

既存型消火栓

ホース3本を繋いでいる時間はない  
ホース2本目までが限界である



- 現在清水周辺に設置してある既存型の消火栓ではホース2本目までの延長が現実的となった。
- 改良型消火栓では3本まで延長できることが明らかとなった。

# 実験結果・分析 — 消火時間 —

延長用ホース取り出し時間 ← 各作業の中で時間が1番かかる

	延長用ホースの取り出し時間
20代男性A	54秒
20代男性B	24秒
20代男性C	22秒
70代男性A	54秒
70代男性B	30秒
20代女性	45秒
70代女性	35秒

	延長用ホースの取り出し時間
20代男性A	49秒
20代男性B	38秒
20代男性C	38秒
70代男性A	57秒
70代男性B	60秒
70代女性	65秒

改良型は平均36.5秒、既存型は平均51.2秒でありその差は14.7秒となった。

↑  
収納形式の改善による効果と考えられる

## 訓練経験の有無での比較

	ホース1本分	ホース2本分	ホース3本分
30代男性(訓練経験有り)	16秒	1分19秒	2分39秒
40代男性(訓練経験有り)	20秒	1分44秒	3分19秒

訓練経験なしの平均は135.1秒であり、訓練経験ありの平均は91.5秒であった。平均値から両者を比較するとその差は43.6秒

訓練経験なしの被験者の最高タイムは1分54秒

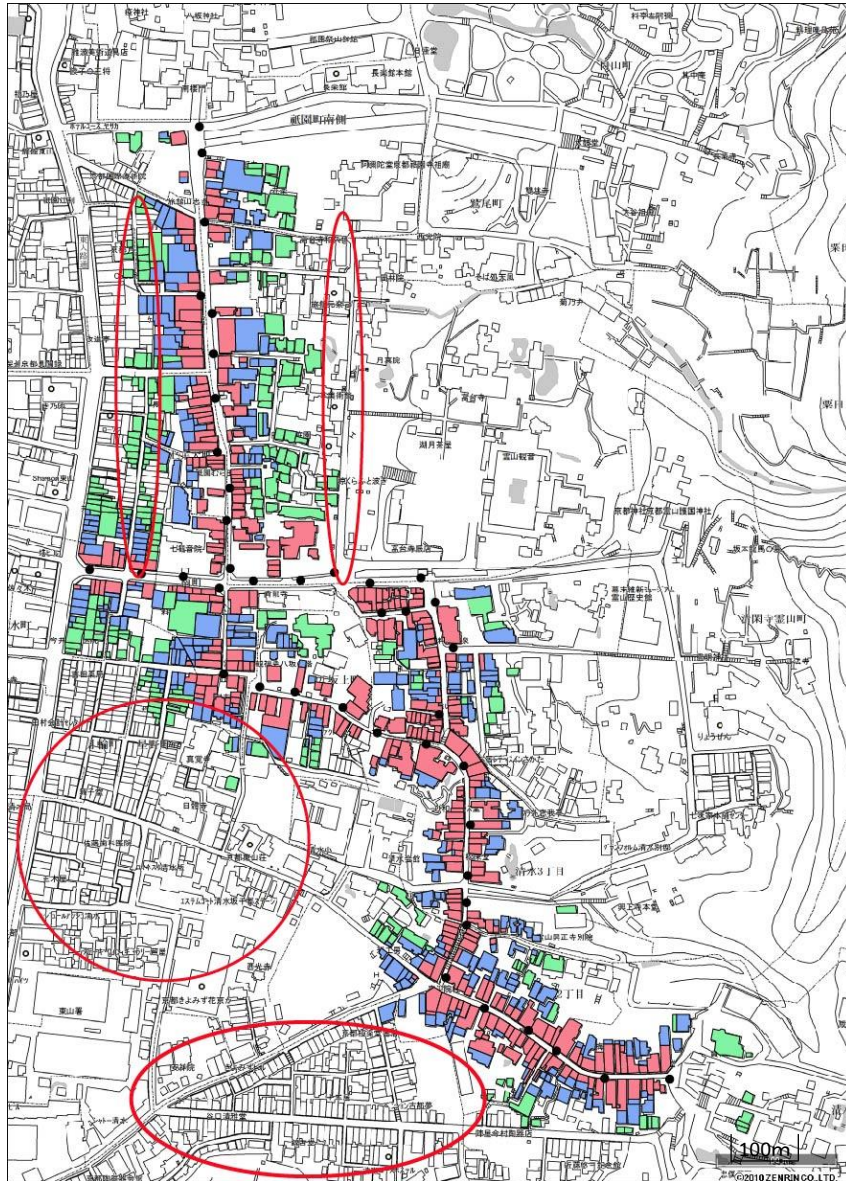


移動時間のタイムはほとんど変わらないため、時間がかかった理由には以下の失敗要因が影響していると考えられる。

- ・既存型: ホースが絡まる、延長に手間取る、バルブを開閉し忘れる、接続に手間取る、減圧を忘れる
- ・改良型: 引き出し時にノズルが閉まっているのを確認し忘れる、ホースが絡まる



# 配置計画～実験結果を考慮した設置範囲の拡充方針の検討



←現在設置してある市民消火栓のホース到達範囲(1, 2, 3本)の全体図

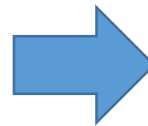
「・」……既存型市民消火栓の位置

延焼の及ぶ範囲のうち、赤丸で囲った空白部分を新たに市民消火栓を拡充配置する場所を選定し、実験結果をもとに配置計画の提案を行うものとする

# 配置計画 —市民消火栓設置間隔の検討—

実験結果より...

- 各作業時間
- ホースを持っているときの移動速度
- ホースの引き延ばし速度
- ホースを持っていない時の移動速度



消火栓間の移動できる時間を活動限界時間から各作業時間と移動時間を引いて算出

※各手順で最も時間のかかった被験者の作業時間をつなぎ合わせて算出



消火栓間の移動できる時間 × 移動速度 = 設置間隔

# 配置計画 — 市民消火栓設置間隔の検討 —

例

	延長用ホースの取り出し時間
20代男性A	54秒
20代男性B	24秒
20代男性C	22秒
70代男性A	54秒
70代男性B	30秒
20代女性	45秒
70代女性	35秒

各作業時間で1番時間のかかった人の時間を抽出する



抽出した各作業時間の合計123秒

次に、各移動時間を計算する

ホース引き延ばし時間(2本分)

$$30(\text{ホースの長さ}) \div 1.0\text{m/s}(\text{ホース引き延ばし速度}) = 30$$

$$30 \times 2(\text{ホース2本分}) = 60\text{秒}$$

ホースを取りに行く移動時間

$$30(\text{ホースの長さ}) \div 2.2\text{m/s}(\text{移動速度}) = 13\text{秒}$$

ホースを持つての移動時間

$$30(\text{ホースの長さ}) \div 1.5\text{m/s}(\text{ホースを持つての移動速度}) = 20\text{秒}$$

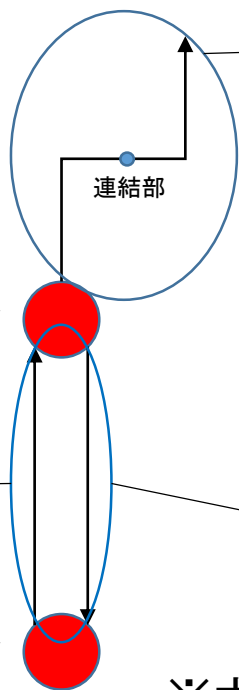
限界時間6分 - 合計216秒 = 144秒

(消火栓間の移動に使える時間)

$$144 \times 1.85 \div 2 = 133\text{m} \leftarrow \text{設置間隔}$$

$$(2.2 + 1.5) \div 2$$

※ホース3本分が延長可能であるが、結果的に2本までの延長距離でもカバーできる距離となった



消火栓

連結部

消火栓

設置間隔

# 配置計画

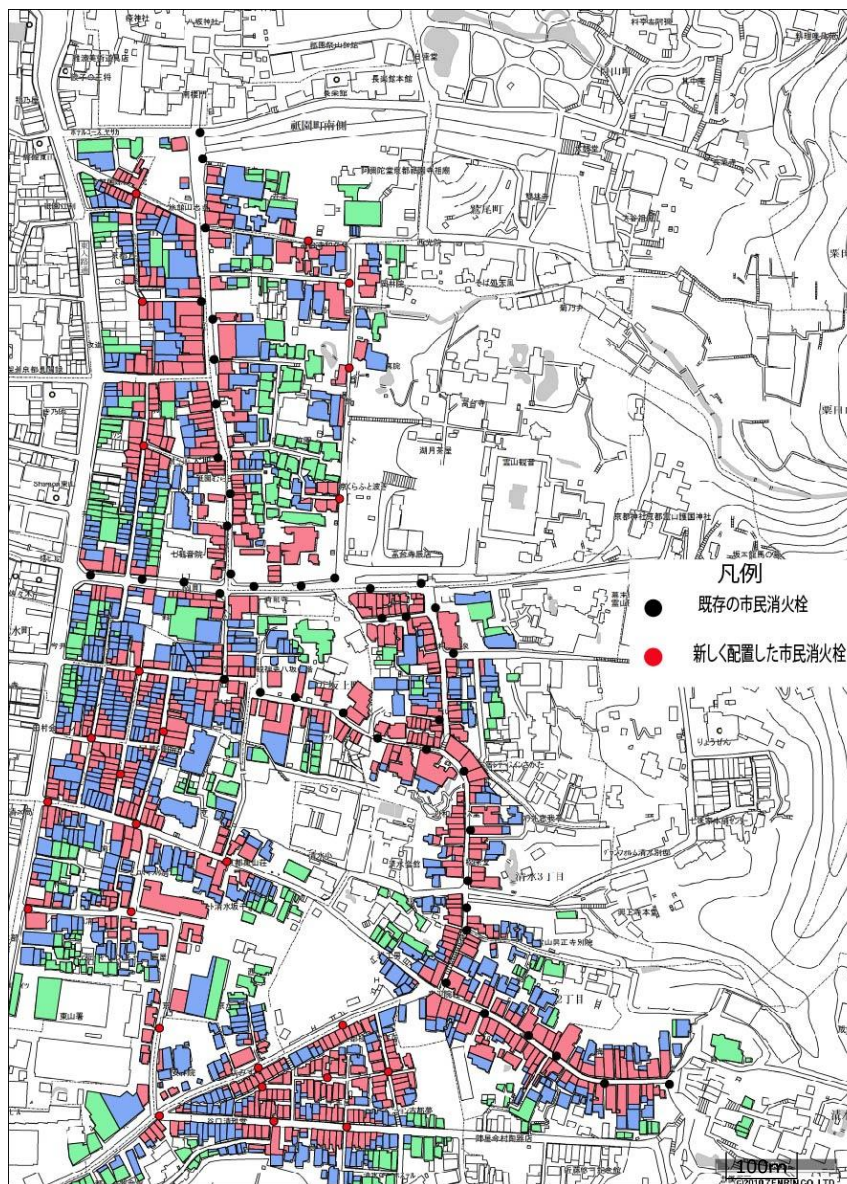
## －配置する際の手順－

---

- ①消火栓同士の間隔距離が最大133m以内になるように留意する
- ②既存の消火栓から視認でき、かつ設置したい方向(市民消火栓が未整備のエリア)に向かって順に設置する(分かれ道がある場合すべての分岐した先に配置)
- ③交差点や曲がり角など消火栓がより多くの視界の入る場所に設置する
- ④分岐した先に置いた2つの消火栓同士が最短距離で60m以内にある場合は、中間点または交差点に1つを配置するようにする
- ⑤すでに設置された方向には戻らないようにする。  
すでに設置してある消火栓の方向・方角には拡充しないようにする



# 配置計画



## 拡充配置の結果に対する ホース到達度の評価

不足していたエリアについても、新設の市民消火栓を使って、**ホース2本目まで**でも**おおよそ到達できる結果**となった



求めた設置間隔で合理的な市民消火栓の配置ができていると考える

ArcGISのアルゴリズム計算を使えば自動配置も可能!!



# まとめ

---

## 実験結果

- ・実験結果の各作業時間や移動時間より現在清水周辺に設置してある市民消火栓はホース2本までが延長可能であることが明らかとなった。
- ・各作業の中で一番時間のかかる作業はホースを収納箱から取り出す作業であった。
- ・経験者ありとなしとの差は移動時間ではなく作業の失敗要因によることが明らかとなった。

## 配置計画

実験結果より求めた設置間隔ではホース2本分の延長でほとんど建物のホースの到達が可能である

# 今後の課題

---

- 階段や坂道があるときのホースの延長速度も考慮する必要がある
- 道の形状によって消火栓の視認のされ方も考慮する必要がある

---

ご清聴ありがとうございました

---

# 參考資料

# 実験結果・分析－各作業時間－

## 改良型各作業時間

	ホース1本分			ホース2本分						合計
	バルブを開ける時間	ホースを放水地点まで引き延ばす時間	到着してから放水までの時間	放水地点から延長用ホースまでの移動時間	延長用ホース取り出し時間	延長用ホースを持つ移動時間	延長用ホース取り付け時間	取り付け完了から放水地点までの移動時間	放水地点到着後、放水開始するまでの時間	
20代男性A	10秒	15秒	2秒	12秒	54秒	12秒	12秒	12秒	22秒	137秒
20代男性B	13秒	8秒	2秒	9秒	24秒	16秒	5秒	15秒	10秒	112秒
20代男性C	16秒	10秒	3秒	24秒	22秒	16秒	13秒	13秒	16秒	149秒
70代男性A	4秒	17秒	8秒	22秒	54秒	34秒	10秒	17秒	10秒	179秒
70代男性B	4秒	14秒	8秒	17秒	30秒	25秒	13秒	12秒	25秒	148秒
20代女性	15秒	15秒	9秒	20秒	45秒	33秒	27秒	20秒	5秒	189秒
70代女性	8秒	19秒	11秒	21秒	35秒	33秒	28秒	19秒	6秒	180秒

## 既存型各作業時間

	ホース1本分			ホース2本分										合計
	バルブを開ける時間	ホースを放水地点まで引き延ばす時間	到着してから放水までの時間	バルブを閉めに戻る移動時間	バルブを開める時間	延長用ホースまでの移動時間	延長用ホースの取り出し時間	延長用ホースを持つ移動時間	延長用ホース取り付け時間	バルブを開けに戻る時間	バルブを開ける時間	バルブを開けてから放水地点までホースを引き延ばす時間	放水地点到着後、放水開始までの時間	
20代男性A	15秒	9秒	2秒	8秒	10秒	12秒	49秒	16秒	40秒	13秒	10秒	14秒	4秒	202秒
20代男性B	19秒	5秒	2秒	8秒	8秒	10秒	38秒	20秒	11秒	10秒	10秒	26秒	7秒	174秒
20代男性C	16秒	6秒	3秒	6秒	8秒	15秒	38秒	20秒	25秒	15秒	15秒	21秒	7秒	197秒
70代男性A	14秒	6秒	6秒	14秒	11秒	26秒	57秒	37秒	34秒	15秒	7秒	28秒	7秒	274秒
70代男性B	8秒	10秒	10秒	17秒	7秒	35秒	60秒	40秒	40秒	20秒	5秒	22秒	6秒	285秒
70代女性	17秒	7秒	7秒	15秒	6秒	27秒	65秒	37秒	41秒	12秒	9秒	51秒	8秒	313秒



# 実験結果・分析－失敗要因－

## 改良された消火栓の失敗要因

大項目	小項目	回数
引き出し	ノズルの先端が閉まっているかの確認を忘れる	4
	バルブの解放を忘れる	1
	水圧でホースが暴れてノズルを手放す	1
ホースの引き延ばし	引き延ばす時にホースが絡まる	3
	ノズル部分を持って引き延ばしていたためノズルが空いて水が出る	1
	曲がり角で引き延ばしにくくなり手間取る	1
ホースの延長	延長用ホースのジョイントを1本目のホースのノズルに取り付ける際向きがわかっていない	2
	ホース同士を取り付けた後のダイヤルを回して通水する作業に手間取る	2
	ホース同士を繋げた後ダイヤルを回して通水することを忘れる	1
	格納箱のバルブからホースのジョイントを外すことに手間取る	1
	格納箱からホースのジョイントを外すことを忘れてホースを取り出す	1
	格納箱からホースのジョイントを外す際ジョイント部分が格納箱に引っかかる	1
	格納箱からホースを取り出す時にホースが絡まる	1
放水	放水作業に手間取る	2
	放水圧に押されて狙いが定まらない	1
	放水停止作業に手間取る	2

「引き出す時にノズルの先端が閉まっているかどうかの確認を忘れる」次に「ホースを引き延ばす時に絡まる」といった要因が上位を占めた

比較的に確認された失敗要因は少ない

# 実験結果・分析－失敗要因－

## 現在清水周辺に設置してある消火栓の失敗要因

大項目	小項目	回数
引き出し	ノズルの先端が閉まっているのかの確認を忘れる	1
	取り出す時に消火栓の収納箱の開け閉めに手間取る	1
	水圧でホースが暴れてノズルを手放す	1
ホースの引き延ばし	引き延ばす時にホースが絡まる	4
	引き延ばす時にコケる	1
	引き延ばす時に手間取る	3
ホースの延長	バルブを閉めに戻すのを忘れる	3
	ホースを繋げる前に減圧するのを忘れる	3
	ホースを同士を繋げるときに手間取る(時間がかかる)	3
	ホースを繋げたあとバルブを開けに行くことを忘れる	3
	ホースを繋げる向きを分かっていない	2
	格納箱からホースを取り出すのに手間取る(時間がかかる)	3
	バルブを開けた後ホースが暴れて手間取る	1
放水	放水作業に手間取る	1
	放水圧に押されて狙いが定まらない	1
	放水停止作業に手間取る	1

既存型の失敗要因ではホースに関する項目が多いことが分かる

原因としては長さが改良型に比べて長いためにホースの重量が重くなり、ホースでの失敗要因が多いのではないかと考えられる