

火災活動要領第 2 章

「第 6 節屋内進入」に関する実験結果

(令和 7 年 5 月 警防体制強化プロジェクト消防戦術チーム)

目 次

1	概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
2	実験内容及び結果	
(1)	屋内進入判断指標に関する実験	
(2)	隊員とホース間の結合方法に関する実験・・・・・・・・	5
(3)	ホースを動線とした活動に関する実験・・・・・・・・	8
(4)	進入、退出体形に関する実験・・・・・・・・・・・・・・・・	13
(5)	隊員間の結合方法に関する実験・・・・・・・・・・・・・・・・	18
(6)	退路確保資器材に関する実験・・・・・・・・・・・・・・・・	22
(7)	濃煙内の進入時における退路確保資器材に関する実験	25
(8)	熱画像直視装置に関する実験・・・・・・・・・・・・・・・・	32
(9)	退出時における合図に関する実験・・・・・・・・・・・・・・・・	37

1 概 要

警防体制強化プロジェクト消防戦術チーム報告書（以下、「報告書」という。）「第2火災活動要領（第2章第6節屋内進入）の検証」における「3 現行規範に関する課題と検証」で抽出された各種課題のうち、9項目について実証実験を実施した。当実験結果は、現行の火災活動要領（以下、「要領」という。）の課題を整理し、今後の見直しに向けた検証材料として活用するとともに、屋内進入活動の参考資料として示すものである。

2 実験内容及び結果

(1) 屋内進入判断指標に関する実験

ア 実験内容

屋内進入の判断は、隊員の安全確保に大きく関係し、先着隊などの小隊長は的確かつ迅速な状況判断が求められる。

しかしながら、屋内進入における状況判断は小隊長の知識、経験則等により合理的に判断し決定している状況であり、職員により判断が異なることや状況評価に迷うこと等が意見集約で挙げられた。そこで、屋内進入に関する状況評価について、火災動画（要救助者ありを想定）を任意に6つ抽出し、実験対象である指標A、B（実験時の判断は、赤枠内のみの図を用いて実施。）を用いて進入判断を行い、メリット、デメリットを整理した。実験対象を図1に示す。

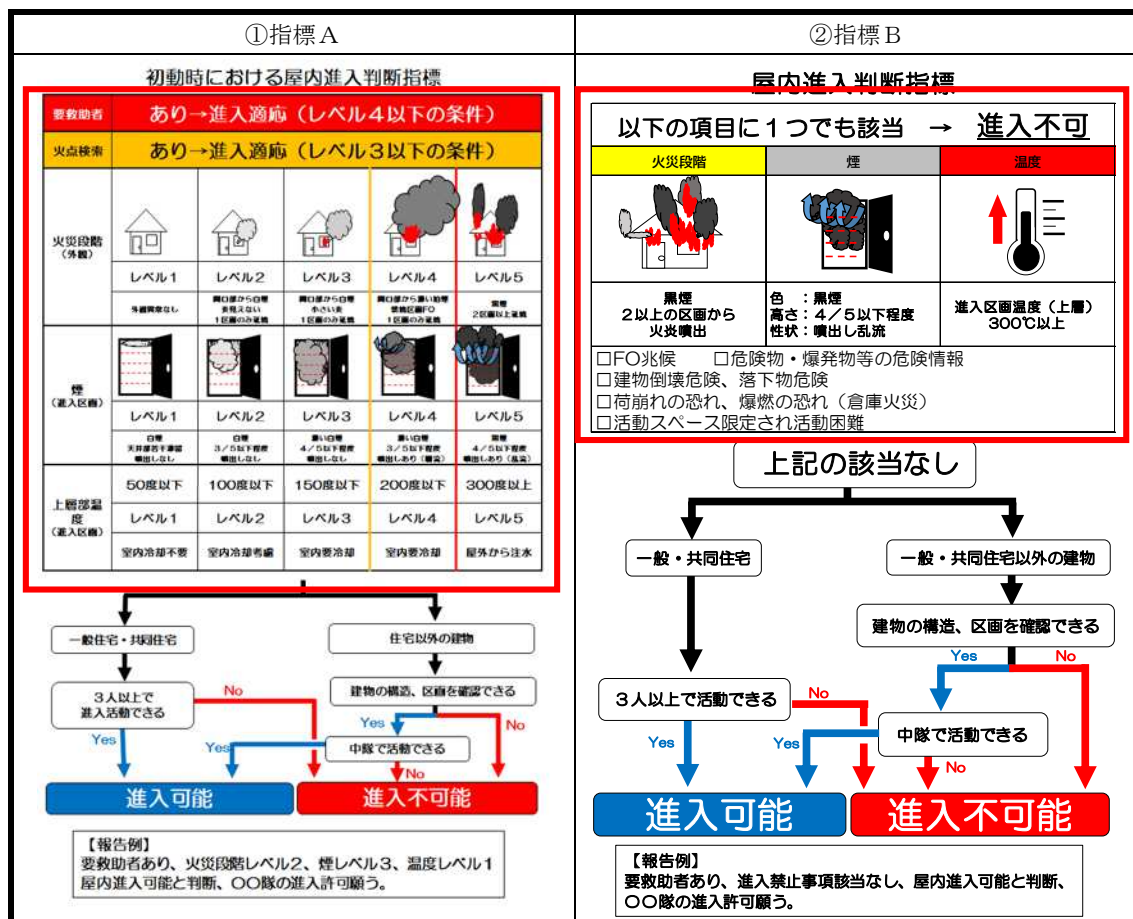


図1 実験対象

イ 結果（資料1参照）

任意に抽出した小隊長級職員8人（消防司令4人、消防司令補4人）に対し、実験を実施した。実験対象全2項目の実験結果を図2に示す。

(7) 指標Aの実験結果

6つの動画のうち、進入の適応不適応について全員の判断が完全に一致したものが4つ、判断が分かれたものが2つとなった。当指標は、火災段階、煙、温度の3項目を5段階のレベルで区分し、レベル4以上（火点検索）または5以上（人命救助）が1つでも含まれる場合は、進入不適応として判断するものである。

実験者のヒアリングでは「隊が別であっても、ある程度の火災段階のイメージが共有できる」「区分化されていて分かりやすい」との声が挙げられた。その一方で、「細かいので覚えることが困難」、「煙レベルの判断が難しい」との意見が挙がった。

(4) 指標Bの実験結果

6つの動画のうち、進入の適応不適応について全員の判断が完全に一致したものが2つ、判断が分かれたものが4つとなった。当指標は、危険項目が1つでも当てはまった場合は進入不適応とするもので、確認項目を簡素化したものである。実験者のヒアリングでは「シンプルで分かりやすい」といった声が挙がった一方で、「シンプルな判断で、隊員を進入させていいのか不安になる」との意見が挙がった。

(9) 総括

現段階において、指標を用いた屋内進入判断を行うには内容が成熟しておらず、統一的な判断を図ることは困難であることが実験結果から確認できた。また、指標の内容が当てはまらない現場があることも容易に想像でき、指標を用いても小隊長により屋内進入判断が異なる可能性が高い。事実、実験結果を見ても統一性がある結果には至っていない。

実験を踏まえた検証では、屋内進入時に確認すべきポイントを明確化した上で状況評価の指標として示すことにより、活動隊員同士の共通認識を高め、安全性の向上に期待できる可能性もあるとの意見が挙がった。火災現場における共通認識指標としての糸口となる可能性があるため、引き続き、検証を重ねていくことが重要である。

実験対象	①合図案1	②合図案2
実験動画1	進入適応 8人中8人	進入適応 8人中5人 進入不適応 8人中3人
実験動画2	進入不適応 8人中8人	進入不適応 8人中8人
実験動画3	進入適応 8人中5人 進入不適応 8人中3人	進入適応 8人中6人 進入不適応 8人中2人
実験動画4	進入適応 8人中2人 進入不適応 8人中6人	進入適応 8人中3人 進入不適応 8人中5人
実験動画5	進入不適応 8人中8人	進入適応 8人中1人 進入不適応 8人中7人
実験動画6	進入不適応 8人中8人	進入不適応 8人中8人
判断基準 指標A 進入適応 : 火災段階、煙、温度の3項目中1つもレベル5に該当しない。 進入不適応: 火災段階、煙、温度の3項目中1つ以上レベル5に該当する。 指標B 進入適応 : 危険項目に1つも該当しない。 進入不適応: 危険項目が1つ以上該当する。		

図2 屋内進入判断指標に関する実験結果

(2) 隊員とホース間の結合方法に関する実験

ア 実験内容

静岡市葵区呉服町建物火災の事故では、当時の警防活動基準に記載のない方法である「自己確保なしでのホースを動線とした活動」を実施した部隊で事故が発生し、この活動が事故原因の一つとして静岡市葵消防署管内建物火災事故調査報告書及び葵消防署管内建物火災事故行政的検証報告書において指摘されている。

ホースを動線とした活動は、小隊の編成が3人体制の場合や狹隘区画における進入等で円滑な活動が期待でき、機を逸しない活動が安全性の向上に繋がるとも考えられるが、これと並行して退路を確保することが必須となる。そこで、ホースを動線とした活動を実験する前段階として、隊員とホース間の結合方法の実験を実施した。ランヤードによる結合に加えて、スリング、テープスリングまたはオートロール及びムーニングカラーによる結合が隊員の自己確保となり得るか、また、動作時のメリット、デメリットを実験により確認した。実験対象の結合方法を図3～6に示す。



図3 実験対象（ランヤード）



図4 実験対象（スリング）



図5 実験対象（テープスリング）



図6 実験対象（オートロール・ムーニングカラー）

イ 結果（資料2参照）

実験対象全4項目の実験結果を図7に示す。

(ア) 自己確保機能実験の結果

実験対象全ての項目において、自己確保としての有効性が認められた。いずれの方法も比較的容易に設定ができ、活動中における作業負荷は少なかったが、状況により狭所巻き等のホースの重なりで動きに制限が生じることが確認できた。

①、②及び③では、ホースへの取り付け方をひばり結び等の形にすることで、必然的にホースを締め付ける形となってしまう、ホースを置いて要救助者の救出活動に当たる場合等の動きに制限が生じることが確認できた。

④については、ランヤード、スリングまたはテープスリングによる直付けに比べ、ホースを締め付けるような現象は確認できず、動きの制限を受けにくいことが確認できた。

しかしながら、町野式ホースの連結部にムーニングカラーが干渉し、連結金具が外れてしまう恐れがあるため、防止策としての資機材が必須となること、加えて、自動巻取り機能を有しているが故に、索信号による意思疎通が図りにくいことが確認できた。

(イ) 総括

全ての実験対象で自己確保としての有効性は確認できたものの、ホースに自己確保を取る場合は、取り付け方によっては動きを制限してしまう可能性があることが明らかとなった。その一方で、ホースを締め付けない対策をとることで、動きの制限を軽減できるとも考えられるため、設定時は特にこの点に留意する必要がある。ホースの展開状況によっては緊急脱出等の不測の事態に即座に対応できない可能性があるため、ホースに自己確保を取り付ける場合は、ホースを直線状に延長すること、不用意に進入区画内で狭所巻き、過度な余裕ホース等を設定しないことが安全性の向上に繋がると言える。

新資機材であるオートロール・ムーニングカラーについては、ムーニングカラーのビーズ部分がホース結合部に干渉し、ホースが離脱する可能性があることから、離脱防止措置を講ずることできる資機材を併せて使用する必要がある。

実験対象	①ホースにランヤード素通し	②ホースにスリングで結合
自己確保機能	○	○
メリット	・設定が容易。 ・新たな資機材を必要としない。	・長さの調整が可能。
デメリット	・ランヤードの取り付け方に工夫が必要。	・設定に時間を要す。 ・資機材の準備が必要。
実験対象	③ホースにテープスリングを介してランヤードで結合	④ホースにオートロールムーニングカラーで結合
自己確保機能	○	○

メリット	・設定が容易。	・設定が容易。 ・作業範囲が広がる。 ・自動巻き取りのため余長が生じない。
デメリット	・資機材の準備が必要。	・資機材の準備が必要。 ・腰回りが嵩張る。
凡例 自己確保機能 ○：有する ×：有しない		

図 7 隊員とホース間の結合方法に関する実験結果

(3) ホースを動線とした活動に関する実験

ア 実験内容

職員からの意見では、面体の着装を必要とする濃煙内への進入活動において、信号器付投光器のケーブルが活動を困難にする場合があり、ホースを動線とした活動を求める声が挙がっている。また、前項(2)で述べたとおり、小隊編成が3人の場合や狭隘空間での活動においては、初動における円滑な活動が期待できることから、隊員とホースを結合し、単独行動が不可能な状態でホースを動線とした活動の効果について実験を実施した。2人進入及び1人進入時における救出等の活動可否、所要時間、行動記録、実施者に対するヒアリング及び動作時のメリット、デメリットを実験により整理した。また、未充水のホースを動線とした場合のメリット、デメリットについても合わせて整理した。実験設定、評価ポイント及び実験対象を図8～10に示す。

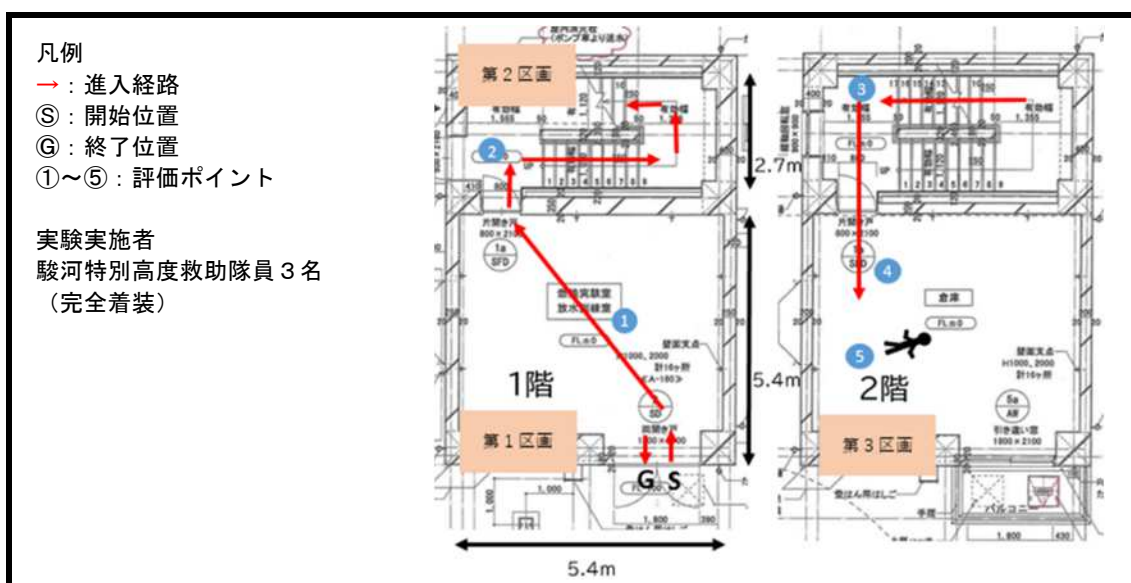


図8 実験設定

①ホースの展開性	②曲がり角 ホース処理：難易度小	
		
③曲がり角 ホース処理：難易度大	④筒先、ホース扱い	⑤要救助者搬送行動



図9 評価ポイント

①【充水】 50 mmホースを動線とした場合 2人進入	②【充水】 40 mmホースを動線とした場合 2人進入
	
③【充水】 50 mmホースを動線とした場合 1人進入	④【充水】 40 mmホースを動線とした場合 1人進入
	
⑤【未充水】 50 mmホースを動線（退路確保）とした場合 ※ランヤード直付け 1人進入	
	

図10 実験対象

イ 結果（資料3参照）

実験を実施するにあたり、実験設定は面体着装なしで屋内進入した場合に考え得る活動を想定し、複層階かつ要救助者を発見する内容とした。実験実施者は、特別高度救助隊A、B、C班のうちA班とした。2人進入時におけるホースを動線とした活動の実験結果を図11、1人進入時におけるホースを動線とした活動の実験結果を図12、未充水ホースを動線とした活動の実験結果を図13に示す。

(ア) 救出可否及び進入から退出までの時間結果

救出可否を判断するにあたり、進入から退出までの活動時間を10分間（10分経過後も退出まで実施。）と定め実験を行った。実験対象①～④のうち、③を除く項目で救出可能となった。

進入から退出までの時間については、①が8分2秒と最も速く、次に②の9分1秒、④の9分50秒と続き、③の13分14秒が最も活動時間を要した結果となった。

(イ) 各実験対象の結果

当実験では、いずれの場合にも実験実施者は1階南側開口部から隊員2名または1名で進入し、2区画目の階段室に進入後、狭所巻きを作成して上階へ進み、2階3区画目となる室内にいる要救助者（生体）に接触、救出を開始した。

a 2人進入時におけるホースを動線とした活動

①及び②は2人進入の活動となるため、③及び④の活動と比較して1人あたりの作業量が分散され、時間短縮に繋がったことが確認できた。また、実験者からのヒアリングでは、「ホース以外に屋外と繋がる資機材がないことから取り回しがしやすい」、「ホースに集中できる」、「40mmホースの機動性が特に高い」、「平面1区画であれば活動も可能ではないか」等の意見が挙げられた。その一方で、室内を区画する壁面等の角が2以上になる場合や活動階が下階から上階若しくはその逆となる状況下では、ホースの引き込みが必須となり、2人進入時においても活動の困難性が著しく高まることが確認できた。

当実験では、50mmホースを使用した①に対し、重量が軽い40mmホースを使用した②の活動時間が増加する結果となった。理由として、充水したホース2本のうち先端側のホースにおいて、屋内の2箇所（1階階段下及び階段踊り場）で狭所巻きを作成して2階まで進入したことにより、階段室内にホースの余長が生じ、その状況下で要救助者を搬出したことで、ホースの余長が退出時の障害となったことが挙げられる。これはホースの取り回しがしやすく迅速性の向上が期待できる40mmホースであっても、進入時に適切なホース延長や整理を行わなければ活動障害となり、危険性が高まることを示唆している。また、実験ごとに隊員を交代したこともあり、区画を形成するドアの使い方や屋外隊員との連携などで方法が異なり、活動時間に影響を及ぼす結果となった。

b 1人進入時におけるホースを動線とした活動

③及び④は1人進入による活動を実験した。1人あたりの作業量が増加することで、活動が複雑となる階段室における要救助者救出時などは特に集中力が一極化し、足元、筒先等に対する注意力が散漫になるなど、一時的に安全性が低下する場面が発生することが確認できた。実験者のヒアリングにおいても、「安全確認が疎かになる。」との意見が挙げられた。

しかしながら、ホースの取り回しの良さやホースに集中できる点については、前項同様に実験者ヒアリングで挙がっており、また、40mmホースの操作性については50mmホースよりも高いとの意見が出ている。更に、携行資機材が少なくなることによるメリットも確認することができた。書籍にもよるが、充水したホースは1本あたり50mmホースで46kg程度、40mmホースで29kg程度の重量とされており、時間結果からもホースの重量が活動の質に直接関係していることも確認できた。

c 未充水のホースを動線とした活動

未充水のホースを携行するため、迅速に体制を整えることができ、現場到着時の初動がより迅速化することが確認できた。平面1区画であれば、索信号の送信が可能である

ことも確認できたが、その一方で、ロープに比べると資機材そのものが大きくなり操作性が劣ること、進入時に障害物に干渉しやすくなること、多区画などでは索信号が送れないことが確認できた。

(ウ) 総括

いずれの実験対象でも人数の関係上、区画壁面の角等でのホース整理要員がいなかったことから、複層階、多区画の対象物では困難な活動が強いられることが確認できた。①から④の実験では、実験者ヒアリングにおいても活動の困難性が高く、周囲への注意力が散漫になるなどの意見が挙がっており、複層階、多区画の対象物における2人又は1人でのホースを動線とした活動は危険性が高いと言える。一方で、一般住宅や小規模建築物等の平面1区画であればホースを動線とすることができる可能性を見出すことができた。また、ホースを動線とした場合に、建物内で狭所巻きや過度な余裕ホースを設定することは、確保としての有効性が低下するほか、前項(2)イ(イ)に記載のとおり緊急脱出等の不測の事態に即座に対応できない可能性があるため、実施すべきではないことも明らかとなった。

実験対象	①50 mmホースを動線とした場合（2人）	②40 mmホースを動線とした場合（2人）
救出可否	○	○
時 間 進入～退出完了	8分02秒	9分01秒
実施者 ヒアリング	■メリット ・ホースとコードの干渉を考慮する必要がない。 ・ホースに集中できた。 ■デメリット ・3角でホースの処理を再度行う必要があった。 ・2名進入でも活動が困難であった。 ・火点を注視しての退出は難しい。 ・退出時に出入口の隊員がホースを引くことが難しい。 ・退出時、ホースが活動障害になった。 ・ホースに自己確保が取られているため、活動範囲が限られた。 ・ホースの取り回しが悪い	■メリット ・屋外におけるホースの処理が容易。 ・ホース以外の退路確保資機材がないため、絡まるリスクが少ない。 ・機動性に優れている。 ■デメリット ・緊急退出時、区画の途中で作成した狭所巻きが障害となり退出困難になる。 ・エッジにホースが引っ掛かるため、操作する隊員が1名ほしい。 ・今回の想定以上の作業負荷が加わると活動が困難。 ・隊員間結合を胴ベルトD環だと、要救搬送時活動しにくい。 ・投光器のケーブルと比較すると、取り回しが悪く、合図も送れないことから確保ロープとして成立していない。 ・ホースの絡まり等のトラブルが発生した場合、前後の動きが取り難いため対処に苦慮する。 ・要救の搬送で手がふさがるため、火点到筒先を向けた退出ができない。
メリット	・状況により火災の急変に対応できる可能性がある。 ・携行資機材が簡素化できる。 ・ホースと他の資機材が絡まるリスクが低い。	・状況により火災の急変に対応できる可能性がある。 ・携行資機材が簡素化できる。 ・ホースと他の資機材が絡まるリスクが低い。 ・ホース重量が軽く、取り回しが良い。 ・ホースに結合したランヤードを活用し、ホースの操作が可能。

デメリット	・緊急退避行動が困難。 ・外との通信が無線機のみとなる。 ・ホース重量が重く、取り回しが悪い。	・緊急退避行動が困難。 ・外との通信が無線機のみとなる。 ・ホースに結合したランヤードを活用する場合は、隊員の技量が求められる。 ・ホースの取り回しは良いが、展開方法により、活動障害になる可能性があり、活動時間が延長する可能性がある。
-------	---	--

図 11 2人進入時におけるホースを動線とした活動の実験結果

実験対象	③50 mmホースを動線とした場合（1人）	④40 mmホースを動線とした場合（1人）
救出可否	×	○
時 間 進入～退出完了	13 分 14 秒	9 分 50 秒
実施者 ヒアリング	■メリット ・なし ■デメリット ・狭所巻きを作成し、移動させるのが困難。 ・火点を注視しての退出は難しい。 ・緊急退避等の即時対応が困難。 ・ホースの携行だけでかなりの負荷がかかる。その他の資機材の携行は困難。 ・進入管理者と無線のみで情報共有するため、共通認識を持った活動ができない。 ・ホースの取り回しが悪い。 ・1区画以上の検索は困難。	■メリット ・ホースの取り回しが容易。 ・狭所作成、ホースの展開が容易。 ・出入口の隊員が退出時にホースを引けていなくても、ある程度捌くことが可能。 ・屋外におけるホースの処理が容易。 ・機動性に優れている。 ■デメリット ・一人進入時の安全確認が疎かになる。 ・進入管理者と無線のみで情報共有するため、共通認識を持った活動ができない。 ・1区画以上の検索は困難。
メリット	・状況により火災の急変に対応できる可能性がある。 ・携行資機材が簡素化できる。 ・ホースと他の資機材が絡まるリスクが低い。	・迅速に体制を整えることができ、火災初期段階、未燃焼区画等の場面では、状況により効果的な活動ができる。 ・平面1区画ではホースを用いた合図の送信が可能。
デメリット	・緊急退避行動が困難。 ・屋外において専任のホース整理員が必須。 ・進入隊員の負担が大きい。 ・救助時にノズルが手元から離れる可能性が高い。	・緊急退避行動が困難。 ・屋外において専任のホース整理員が必須。 ・進入隊員の負担が大きい。 ・救助時にノズルが手元から離れる可能性が高い。 ・ホースの取り回しは良いが、展開方法により、活動障害になる可能性があり、活動時間が延長する可能性がある。

図 12 1人進入時におけるホースを動線とした活動の実験結果 2

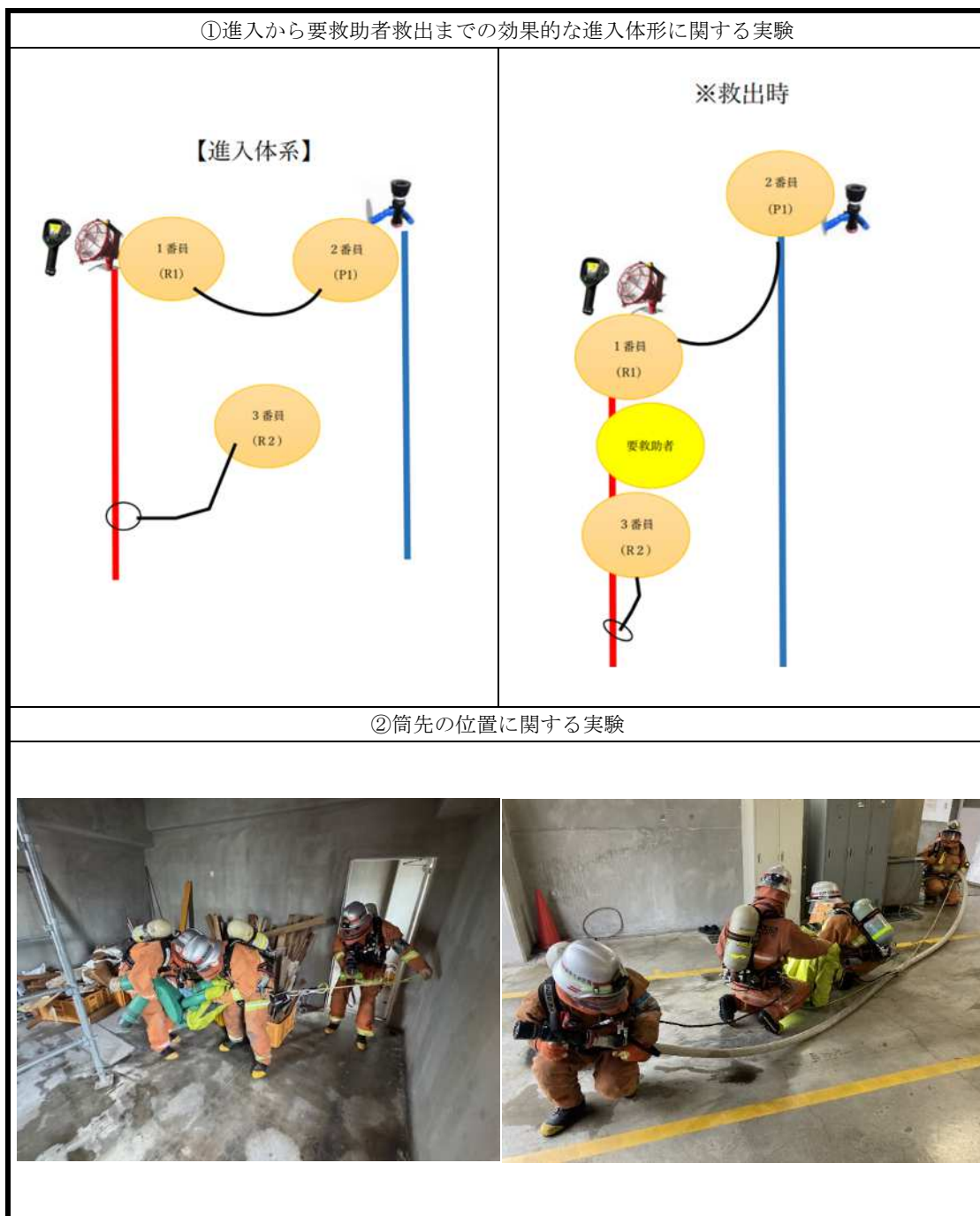
実験対象	⑤未充水 50 mmホースを動線（退路確保）とした場合（1人）※ランヤード直付け
メリット	・迅速に体制を整えることができ、火災初期段階、未燃焼区画等の場面では、状況により効果的な活動ができる。 ・平面1区画ではホースを用いた合図の送信が可能。
デメリット	・ロープに比べると嵩張るため、進入時に障害物に引っかかる可能性がある。 ・複層階または多区画では、ホースを用いた合図の送信ができない。 ・後の活動を考慮し、未充水の状態で内部に狭所巻きなどを作ってしまうと、確保としての役割を果たしていない。

図 13 未充水ホースを動線とした活動に関する実験結果 3

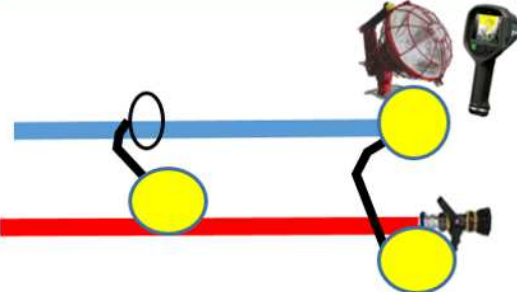
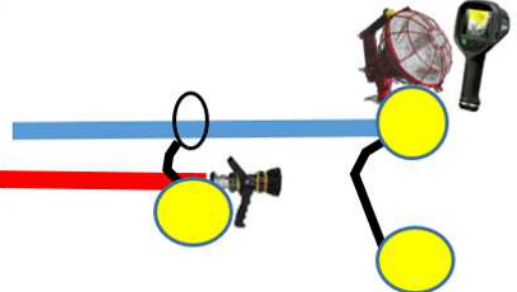
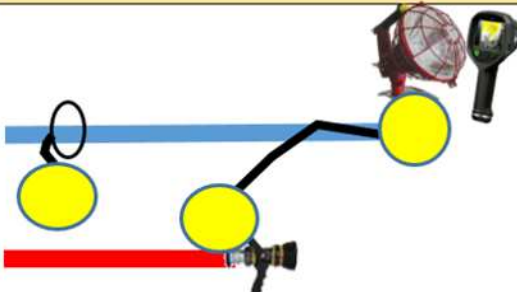
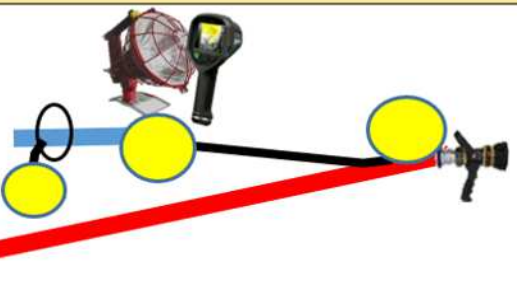
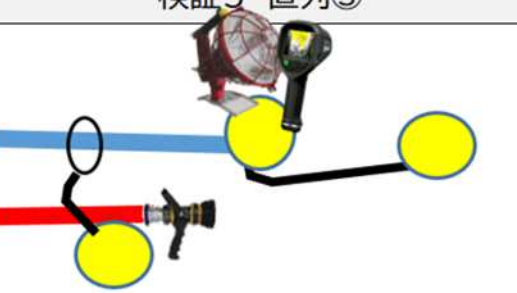
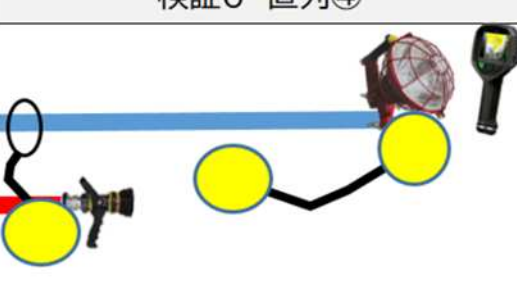
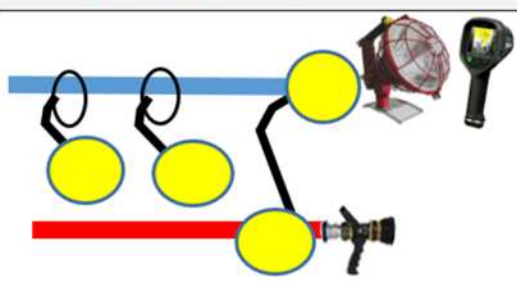
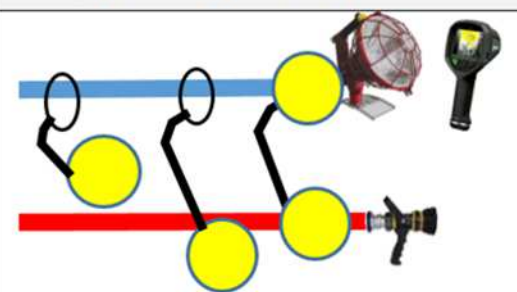
(4) 進入、退出体形に関する実験

ア 実験内容

濃煙内への進入時における屋内進入体形について、要領では「直列と並列」が明記されており、合わせて筒先の体形例が示されているが、その判断は小隊長または進入管理者に委ねられており、明確な判断基準は定められていない。そこで、筒先（複数の筒先の場合を含む）、検索員、合図送信者等の位置関係によって人命検索、救出活動または放水活動にどのような影響を及ぼすのか、また、救出等の活動中における体形変換や、効果的な退出体形のメリット、デメリットを実験により整理する。実験対象を図 14 に示す。



③隊員 3 人進入及び 4 人進入時における進入体形の実験

検証1 並列① 	検証2 並列② 
検証3 直列① 	検証4 直列② 
検証5 直列③ 	検証6 直列④ 
検証 並列から直列に変化 	検証 並列から直列に変化 

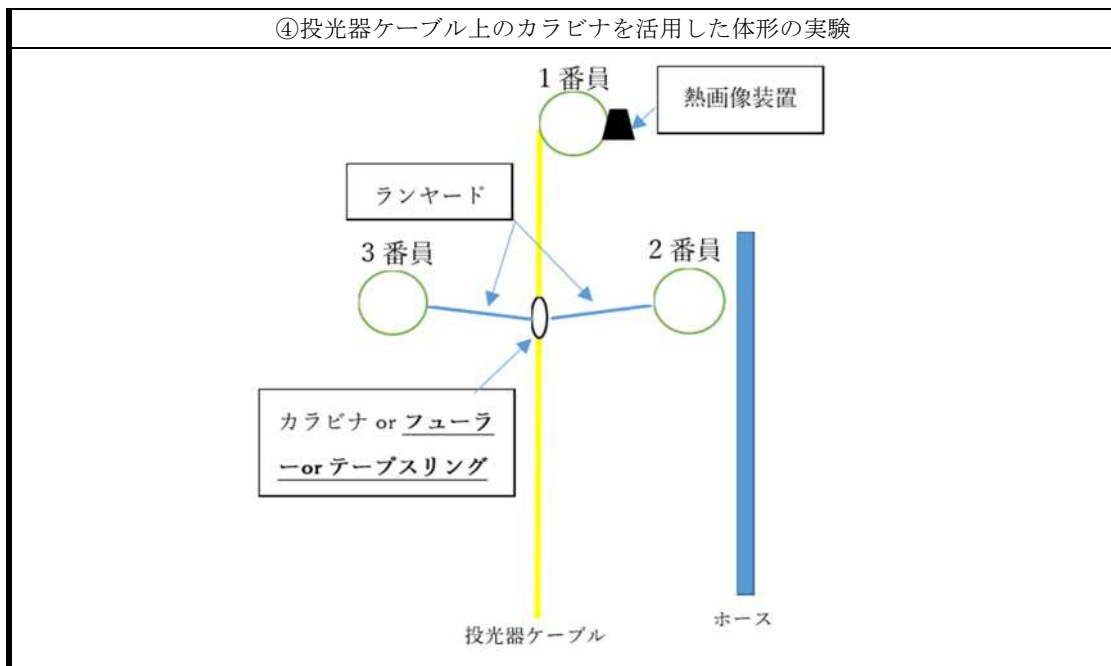


図 14 実験対象

イ 結果（資料 4 参照）

静岡市消防局の消防署 9 署のうち、任意に抽出した 4 署（A、B、C、D 署）において、体形に関する実験を行った。

(ア) 進入から要救助者救出までの効果的な進入体形に関する実験（A 署）

a 実験条件

当実験は、一般住宅、共同住宅、大空間を模した訓練場所において、要救助者ありの想定で実験を行った。進入隊員は検索員 2 人（ホース整理員含む。）及び筒先員 1 人の計 3 人で実施し、隊員間の結合方法は、1 番員が腰巻、2 番員が 1 番員の腰巻にランヤード直付け、3 番員は投光器ケーブル素通しとした。

b 実験結果

隊員間の結合方法を、腰巻にランヤード直付けの形をとることにより、ランヤードの取り付け位置に囚われることなく体の向きを変えることができ、要救助者の搬出等の活動において、現行方法よりも安全かつ円滑な活動ができた。

また、筒先を前方に配置することにより、急激な火災状況の変化に対応できるとの意見や隊員の混乱を防ぐため、進入体形は建物用途、規模、進入目的によって変更しない方がよいとの意見も挙げた。

(イ) 筒先の位置に関する実験（B 署）

a 実験条件

当実験は立体的状況を模して、建物 2 階出火、同階に要救助者ありの想定で実験を行った。進入隊員は検索員 2 人（ホース整理員含む。）及び筒先員 1 人の計 3 人で実施し、隊員間の結合方法は、2 番員が 1 番員の胴ベルト D 環にランヤード直付け、3 番員は投光器ケーブル素通しとした。

b 実験結果

筒先が前方にある体形では、火災局面でいち早く対応できる、筒先担当を交代する必要があるとの意見が挙げられた。一方で、狭隘部分や階段室等では、要救助者の搬出を実施している隊員の足元にホースがあるため、転倒による受傷危険がある等の意見が挙げた。筒先が後方にある体形では、筒先員以外の隊員の足元にホースがないため、救出等の活動が円滑になり、受傷危険も軽減できるとの意見が挙げた。

しかしながら、火点の直近に筒先がないことから、状況によっては筒先担当を交代しなければならない可能性があるとの意見もあった。

筒先の位置を判断する目安については、災害状況に応じて決定することが求められるため一概に言い切ることにはできないが、火点検索または消火活動を主眼とした活動と人命検索または人命救助を主眼とした活動で区別できる結果となった。

前者は、筒先を前方にすることで積極的な消火活動が可能となり、隊員を守ることに繋がる。後者は、筒先を後方にすることで検索や救助活動時に足元に障害となるホースがないことから、安全かつ円滑な活動が可能となり、場合により援護注水で隊員や要救助者を防御することも可能となる。筒先の位置を判断する目安としては、目的に応じて決定することが効果的であることが当実験から得られた。

(ウ) 隊員 3 人進入及び 4 人進入時における進入体形の実験 (C 署)

a 実験条件

当実験は、平面的状況で要救助者ありの想定で実験を行った。進入隊員は検索員 2 人または 3 人（ホース整理員含む。）及び筒先員 1 人で実施し、隊員間の結合方法は、2 番員が 1 番員の胴ベルト D 環にランヤード直付け、3 番員及び 4 番員は投光器ケーブル素通しとした。

b 実験結果

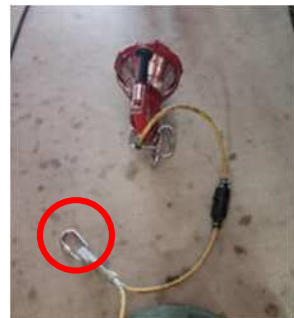
3 人進入の実験では、熱画像直視装置を担当する 1 番員が前方に位置することにより、人命検索が円滑に行える一方、後方から火点を消火するような放水が必要になる状況下では、有効的な放水が行えない可能性があることが確認できた。また、筒先員が後方かつ投光器ケーブル素通しの場合、進入時に筒先員が遅れてしまう可能性があるとの意見が挙がった。4 人進入時の実験では、区画壁面等の角のホース整理に人員を 2 人充てることが可能となるため、より円滑な進入、退出ができることが確認できた。ホース整理員 2 人を要救助者の搬出担当とした場合には、1 番員と筒先を担当する 2 番員が継続的に人命検索、火点検索、消火活動等の活動に移行できることも当実験から得られた。

3 人及び 4 人進入時の並列となる体形では、特に意思疎通が図りやすくなり、円滑な活動や隊員の不安軽減につながることも確認できた。

(エ) 投光器ケーブル上のカラビナを活用した体形の実験 (D 署)

a 実験条件

当実験は、3 番員が濃煙内において投光器ケーブル上を自在に移動できることを危険と捉え、その対応策を検討することを主眼に実施した。隊員間の結合方法は、1 番員が熱画像直視装置及び信号器付投光器を携行した状態で体形の前方に位置し、2 番員及び 3 番員は投光器ケーブル上に取り付けられたカラビナ（写真赤丸）にランヤードを直付けとした。



b 実験結果

当実験の体形をとることで、2 番員及び 3 番員は一定の間隔を保ちつつも、互いに干渉することなく動くことができ、かつ、1 番員からも離れることなく活動することが可能であることが確認できた。また、意思疎通がとりやすくなり、筒先員も臨機に動きがとれることから状況に応じた体形に変更できることが確認できた。その一方で、投光器ケーブルのコンセントが外れてしまう恐れがあり、対応策を考える必要があること、従来の 3 番員の行動範囲と比較すると制限がかかるため、区画壁面の角のホース整理に苦慮する恐れがあるなどの意見が挙がった。

(オ) 総括

体形にはそれぞれにメリット、デメリットがあり、一概にどの体形が有効とは言えないが、建物火災は構造、規模、用途、区画の広さ、要救助者の有無等により状況と活動が大きく変化するため、目的によって体形を選択し、状況変化に応じて体形を変化させ、常に

安全に重点を置いた形で実施していく必要がある。特に筒先の位置については、火点検索または消火活動を主眼とした活動と、人命検索または人命救助を主眼とした活動とで区別することで、活動隊員の安全にも繋がるのが当実験から確認できた。また、各実験結果を踏まえると、進入隊員間及び進入隊員と進入管理者を退路確保資機材で繋ぐことは、進入隊員の心理的負担の軽減や全員が同時に退出できることに直結し、安全構築の措置として大原則とすべき事項であることが確認できた。

(5) 隊員間の結合方法に関する実験

ア 実験内容

要領1章第6節4（1）ウでは、濃煙内への進入の際の退路は信号器付投光器とされており、同（1）カ（ア）では、進入管理者は進入隊員のランヤード等の取り付け状況の確認を行うこととなっている。さらに同節別表においては、基本進入体形や進入体形の例により進入隊員同士又は信号器付投光器とランヤードを結合した体形が図示されている。

しかしながら、当該結合方法については、具体的な方法は要領内に示されておらず、その判断は各隊に委ねられている状況である。そこで、現行の基本的な方法であるランヤードを相手の胴ベルトD環に取り付ける設定のほかに、現状考え得る新資機材を含めたその他の隊員間の結合方法を実験対象として抽出した。基本事項として結合した際の引張強度（評価基準は、胴ベルト型墜落制止用器具の実験結果について（04 静消警警第 1177 号通知）に基づき、50 kg 以上とする。）、結合後の動作時のメリット及びデメリットを実験により確認した。引張強度実験で使用した計測器及び計測方法を図 15 に、実験対象の結合方法を図 16 から図 21 に示す。

引張強度計測器 rock exotica 社製 LC1 ENFORCER	計測方法 訓練塔アンカー部と実験対象との間に 計測器を設定し測定
 出典：株式会社レスキュージャパン ホームページ	

図 15 引張強度計測器及び計測方法

現行 ①胴ベルトD環に ランヤード	②胴ベルトのベルト 部分にランヤード	③ランヤード腰巻に ランヤード
		

図 16 実験対象（ランヤード）

④防火衣ベルト通しにランヤード	⑤呼吸器ハーネスに ランヤード	⑥呼吸器腰バンドに ランヤード
		

図 17 実験対象（ランヤード）

⑦ランヤード同士結合	⑧別に装着した安全帯にランヤード
	

図 18 実験対象（ランヤード）

⑨投光器ケーブルにフューラーを作成しランヤード	⑩投光器ケーブルにランヤード素通し
	

図 19 実験対象（投光器ケーブル）

⑪テープスリングによる連結	⑫スリングによる連結
	

図 20 実験対象（テープスリング等）

⑬オートロールによる連結	【参考】COURANT 社製 オートロール V6
	横 150mm 縦 120mm 厚み 52mm 重量 93.2 g 平均破断強度約 250 kg 

図 21 実験対象（オートロール）

イ 結果（資料 5 参照）

実験対象①から⑬までの引張強度実験結果を表 1、結合方法実験結果を表 2、実験結果を踏まえた各状況下における有効的な方法を表 3 に示す。

(7) 引張強度実験の結果

実験対象全 13 項目のうち、引張強度で評価基準に満たない結合方法は、④のみであり、牽引 24 kg の時点で防火衣ベルト通し縫製部分の破断が開始した。（以降の実験は④を除いて実施。）

(イ) 結合方法実験の結果

④を除く実験対象全てにおいて結合の有効性を確認できた。検索範囲については、現行の基本的な方法である①と比較し、②、⑤、⑥及び⑧が若干程度、次いで③、⑨、⑪及び⑫が明らかに広くなり、最も広い範囲を検索できる方法は⑦、⑩及び⑬となった。ただ、検索範囲が広がるにつれて広範囲の検索が可能となる反面、隊員間の位置関係が把握しにくくなり、活動中の意思疎通が困難になる可能性があることが確認できた。

③については、ランヤードを腰巻にした隊員が方向転換時にランヤードの取り付けによる制限を受けず、活動が円滑になることが確認できたが、一方で、隊員の体型により不具合が生じる可能性があることについて意見が挙がった。この点、細身、小柄といった体型の場合は、腰巻にしたランヤードが太もも部分まで垂れ下がる形となり、活動に支障がでることが確認できた。⑬については、自動巻き取りによるケーブル処理がなされ、無駄な余長が発生しないことから、検索、救出活動等の活動が円滑にできることが確認できた。

呼吸器のハーネスやベルト部分に結合する場合（⑤、⑥）については、バランスを崩し転倒の恐れがあり、受傷する可能性があることが確認できた。

(ウ) 総括

検索範囲、姿勢、設定の容易性等を総合的に判断すると、①の現行の方法に加え、③の方法で隊員間結合することが様々な場面においてバランスが取れていることが確認できた。ランヤードを腰巻した隊員が動きの制限を受けにくくなるため、左右どちらの方向転換も可能となり、現行の基本的な方法と比較すると安全を担保しながらも、活動の円滑化にも繋がる。また、新たな装備を必要とせず、隊員同士で共通認識を最も図りやすい方法でもある。

しかしながら、隊員の体型により不具合が生じる可能性もあることから、この方法を選択する場合には、隊員の配置に注意が必要である。⑨、⑪についても効果的な活動が期待できる結果となったが、⑨は、投光器ケーブルに結索を作成することからケーブル内の配線断線または過負荷による過熱に注意が必要であること、⑪は設定時のかけ間違いや障害物の影響を受けやすくなる可能性があり、基本的な方法としては適さないものと言える。また、広範囲検索を必要とする大規模倉庫等における災害時には、⑦、⑩及び⑬の方法により効果的な活動が期待できる可能性もあるが、隊員間の位置関係が把握しにくくなることで意思疎通が上手く図れない恐れもあるため注意が必要であることが確認できた。

引張強度実験													
評価基準	胴ベルト型墜落制止用器具の実験結果について（04 静消警警第 1177 号通知）に基づき、50 kg 以上の強度を有するか否かを評価基準とする。												
実験対象	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
結 果	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
凡例 ○：引張強度 50 kg 以上 ×：引張強度 50 kg 未満													
結合方法実験													
実験対象	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
範 囲	基	△	○	－	△	△	◎	△	○	◎	○	○	◎
姿 勢	基	○	○	－	×	×	○	○	○	○	○	○	○
設定容易性	基	×	○	－	○	○	○	×	○	○	○	×	○
凡例													
「範囲」以外の項目 ○：良 ×：不良													
範囲 基：基準 △：若干広い ○：明らかに広い ◎最も広い													

(基=1.2m △=基+50 cm未満、○=基+1 m未満、◎=基+1 m以上)

表1 隊員間の結合方法に関する実験結果

実験結果を踏まえた各状況下における有効な方法	
一般住宅、小規模建築物等（小区画）	倉庫、大規模建築物等（大区画）
①胴ベルトD環にランヤード ③ランヤード腰巻にランヤード	左表に加え ⑦ランヤード同士結合 ⑩投光器ケーブルにランヤード素通し ⑬オートロールによる連結 ※⑦、⑩、⑬については、隊員間の意思疎通に注意が必要となる。

表2 実験結果を踏まえた各状況下における有効な方法

(6) 退路確保資機材に関する実験

ア 実験内容

要領第6節1(1)エには屋内進入時に「必ず退路を確保する」ことが明記されている。しかしながら、白煙や見通しのきく環境下における屋内進入では退路を確保する資機材（以下、退路確保資機材という。）に特段の指定はなく、その判断は小隊長に委ねられている状況である。そこで、新資機材を含めた現状考えられる退路確保資器材を実験対象として抽出し、メリット、デメリットを実験により整理した。実験対象の資機材を図22に示す。（ホースについては、前項(3)で検証しているため当項目では省略。）

①信号器付投光器	②三打ちロープ	③編みロープ
		
株式会社カネコ 信号器付投光器 (LED)	東京製綱 ナイロンレンジャーロープ	エーデルワイズ テンブ 11
④COURANT 社製 ポラリスガイドライン		
 長さ 50m 直径 6mm 耐熱温度 500℃ プログレスマーカー（黄色の珠）が 2.5m毎に配置		

図 22 実験対象

イ 結果（資料6参照）

実験対象全4項目の実験結果を図23に示す。

(7) 退路確保としての有効性

実験対象4つ全てが有線であり、退路としての有効であることが確認できた。

(i) 性能結果

a 強度

実験対象4項目についてカタログ値を参考に強度性能の比較を行った。②、③及び④のロープ系の資機材が高強度の結果であったのに対し、最も低い数値（カタログ値）となったものはビニール樹脂で被覆された①であったが、その強度が約 800 kgとされており、退路確保としては十分な強度が保たれていることが確認できた。

b 耐熱性能

耐熱性能については、④の約 500℃が最も数値が高かったのに対し①の約 90℃が最も低い数値となった。退路資機材として使用する場合は、いずれの資機材も床面に近い位置で使用する事が考えられるが、燃焼中の火災室内の床面の表面温度が 90℃に達する

状況は、既に室内に入ることができない状況である可能性が高い。事実、後記(8)熱画像直視装置に関する実験結果においても、その結果は明らかである。よって、①の約 90℃という耐熱性能の数値が性能的に他の資機材に劣るということにはならないと言える。

(ウ) 総括

性能結果の数値については、資機材により違いはあるものの、退路確保としては有効であり、一般的な火災活動においては問題なく使用できるものと判断できる。特に濃煙時の屋内進入で使用が指定されている信号器付投光器については、退路機能に加え、音と灯火による信号機能、照明機能を有しているため、濃煙時の進入で使用する退路確保資機材として有効な資機材であることが確認できた。濃煙などの見通しがきかない状況において、他の退路確保資機材を信号器付投光器と同等の資機材として使用する場合は、信号及び照明機能を別の資機材で補完することや隊員を増員する等の対応が必要であることが当実験から得られた。

実験対象	①信号器付投光器	②三打ちロープ
退路確保	○	○
強 度	約 800 kg	約 2,800 kg
耐熱性能	約 90℃	約 180℃
メリット	・全職員が使い慣れている。 ・音と灯火による信号を送れる。 ・信号が送れなくてもケーブルで合図を送れる。 ・畜光式のものは目立つ。 ・照明機能を有している。	・全隊に車載している。 ・新人や若い職員でも基本結索や結着が可能。 ・確保ロープを兼ね合図を送れる。 ・接炎実験で 22 秒耐える^(※) ※平成 19 年度救助技術の高度化等検討会報告書参照
デメリット	・ケーブルの長さで活動に制限がある。(清水 R、牧之原 R 以外は 30m) ・旧式は重さを感じる。 ・ケーブルの被覆がゴム製のため摩擦抵抗が大きい。	・解絡する手間があり絡みやすい。 ・燃れが生じる。 ・信号が送れない。
実験対象	③編みロープ	④ポラリスガイドライン
退路確保	○	○
強 度	25KN	約 500 kg
耐熱性能	約 300℃	約 500℃
メリット	・ロープバッグに収納されているため解絡の必要がない。 ・使用中の燃れが少ない。 ・摩擦抵抗が少ない。 ・確保ロープを兼ね合図を送れる。 ・接炎実験で 24 秒から 46 秒耐える。^(※) ・難燃耐熱性の製品では接炎実験で 55 秒から 79 秒耐える。^(※) ※平成 19 年度救助技術の高度化等検討会報告書参照	・ロープバッグに収納されているため解絡の必要がない。 ・使用中の燃れが少ない。 ・摩擦抵抗が少ない。 ・確保ロープを兼ね合図を送れる。 ・プログレスマーカーにより進行方向が分かる。 ・反射材が織り込まれており、視認性が高い。

デメリット	・救助隊にしか車載していない。 ・使用方法、結索等の再教育が必要。 ・信号が送れない。	・プログレスマーカーが、エッジやドア等の隙間で引っかかる可能性がある。 ・ロープ径が細いため、たるみにより絡まる可能性がある。 ・信号が送れない。 ・使用方法の再教育が必要。
凡例 退路機能 ○：有する ×：有しない		

図 23 退路確保資機材に関する実験結果

(7) 濃煙内の進入時における退路確保資機材に関する実験

ア 実験内容

現行の要領では、濃煙時における面体着装を要する屋内進入において、信号器付投光器の携行が必須となっている。しかしながら、火災現場で活動する職員からは、信号器付投光器を携行することにより、消火、人命検索、救助活動等の一連の消防活動において動きの制限を受けているとの意見が挙がった。また、信号器付投光器を指定していることにより、万が一、当資機材に不具合が生じた場合は代替の信号器付投光器を用意しなくてはならず、中隊の屋内進入活動が自己完結できない恐れがある。そこで、新資機材を含めた退路確保資機材6種類を実験対象として抽出した。ポラリスガイドラインについては、通常、誘導ロープとして使用するものであるが、その形状やプログレスマーカーの有効性を確認するため、退路確保資機材としての効果を確認した。3人進入時における救出等をはじめとした活動と合図が正確に伝達できるかを所要時間、実施者に対するヒアリング、実験対象の機能性、操作性のメリット、デメリットにより整理した。実験設定は前項(3)と同施設で行い、活動環境は濃煙を再現して実施した。実験対象を図24に示す。

なお、検証対象④については、当実験により、前項(6)退路確保資機材の実験も兼ねることとした。

①信号器付投光器	②三打ちロープ
	
③編みロープ ※三打ちロープと形状、性質が類似しているため検証は省略	④小径編みロープ
	 スターリンファイヤーテック2 出典：株式会社レスキュージャパン ホームページ
⑤ポラリスガイドライン	⑥ホース (オートロール・ムーニングカラー)
	

図24 実験対象

イ 結果（資料7参照）

実験設定は前項(3)と同様に、屋内進入した場合に考え得る活動を想定し設定した。また、合図が正確に伝達できているかを確認するため、消防救助操法の基準に定める所定の合図を送信する場合は、無線により合図の内容を口頭で伝達した上で、実験対象による合図を送ることとした。実験実施者は、特別高度救助隊A、B、C班のうちB班とした。実験結果を図25～27に示す。

(7) 進入から退出までの時間結果

進入から退出までの活動時間（救出活動を含む。）を10分間（10分経過後も退出まで実施。）と定め実験を行った。実験対象①から⑤までのうち、③及び⑤を除く項目で設定時間を超過した。時間内に退出した③は8分50秒、⑤は8分32秒であった。

(4) 各実験対象の結果

当実験では、いずれの場合にも実験実施者は1階南側開口部から隊員3名で進入し、2区画目の階段室に進入後、壁面角部分で隊員1名にホース整理を担当させ、2階3区画目に進入後、室内にいる要救助者（生体）に接触、救出を開始した。

a ①信号器付投光器

当資機材は、現行の火災活動要領に定められた資機材であることから、設定から取扱いまで隊員間の共通認識を容易に図ることができ、投光器ケーブルとホースの干渉についても円滑に処理できていた。投光器のブザー音及びランプの点灯により濃煙時でも分かりやすく、聴覚と視覚から情報を得ることができることから、隊員間同士の共通認識の正確性が確認できた。その一方で、実験者ヒアリングでは、「腰回りに資機材を携行することになるため、隊員の負担が増える。」、「大多数の部隊に搭載されている投光器ケーブル長が30mであり、進入距離に制限が生じる。」、「ケーブルの被覆素材が滑りにくく、壁面角の抵抗が大きい。」などの意見が挙げられた。

b ②三打ちロープ（編みロープ）

三打ちロープは、消防救助操法の基準に定められた濃煙中検索操法で用いられる基本的な資機材であり、部隊の全車両に搭載されていること、軽量であるため隊員の負担が少ないこと等がメリットとして挙げられた。当実験においては、区画を隔てる壁面の角にロープのヤーン部分が引っ掛かり、進入隊員の足元に余長が発生し活動障害となっていた。さらに、壁面角などに干渉することで索信号を送ることができないため、進入隊の局面指揮者が3番員を伝令として下命し、階段中腹まで移動させた後、3番員が索信号を送る場面も見られた。これにより、合図の伝達に時間を要した結果となった。

c ③小径編みロープ

当実験により、前項(6)における退路確保資機材としての有効性も確認できた。

通常の編みロープは直径が11mmであるのに対し、小径編みロープは直径が7.5mmとなっており、操作が容易であることから進入から退出までの活動が円滑であった。さらに、屋外隊員がロープを進入口の高い位置で保持していたことにより、内部ではホースとロープが干渉せず、円滑な進入及び退出活動ができていた。実験者ヒアリングでは、「壁面角の抵抗が少ない」との意見が挙げたものの、壁面角が複数になることにより、索信号が送れなくなり、3番員が伝令として活動する場面が確認できた。また、ロープ径が細いことから、隊員、資機材、障害物等に絡みやすくなるといった意見も挙げた。

d ④ポラリスガイドライン

ポラリスガイドラインは、小径編みロープよりも更に直径が細く6mmとなっている。操作性については、小径編みロープと同様に良好であることが確認できたものの、ロープ上に2.5m間隔で取り付けられたプログレスマーカーがホースと床面に挟まれ、進入、退出が円滑にできない場面が確認できた。索信号の伝達についてはb、cと同様であり、索信号や伝令員の移動等で合図送信の時間的配分が多くなり、さらに、先述のプログレスマーカーが退出時に壁面に干渉し、屋外隊員と連携が上手く取れなかったことが時間を要した原因となった。その一方で、実験者及び委員からは、当マーカーがある

ことにより、「進入口の方向が判断しやすい。」、「マーカーが蛍光色で視認しやすい。」、「反射材により視認性が高い」等の意見が挙げられ、確保ロープとして有効な要素が多く含まれる資機材であることが確認できた。

e ⑤ホース（オートロール・ムーニングカラー）

当実験は、50 mmホースに新資機材であるオートロール及びムーニングカラーを設定し実験を行った。

ホース以外の携行資機材がないことから、ホースの処理に専念でき、隊員間の意思疎通も他の実験対象に比べ円滑にできていることが確認できた。オートロールによる余長巻取りにより、余分なケーブルが出ないことから、進入隊員の転倒、障害物への引っ掛かり等の危険要素を排除できることが確認できた。ムーニングカラーを用いた隊員の移動は円滑であったが、ホースバンドやホース結合部等では、引っ掛かりが認められた。合図については、消防救助操法の基準に定められた所定の合図は物理的に送ることができず、無線と併せて3番員を伝令員として下命し活動することで、屋内と屋外の意思疎通を図ったが、他の退路確保資器材の実験で実施した索信号とは異なり、伝令内容を即座に屋外の隊員に伝えることが可能であり、その後の行動も速やかに行うことができたことから、結果的に実験対象の中で一番早い活動となった。

(ウ) 総括

濃煙内の活動において、退路確保としての有効性、合図の伝達性能は安全な活動に直結するため、現時点では信号器付投光器と同等又はそれを上回る資機材はなく、濃煙内の屋内進入時に退路確保資機材として選定すべき資機材は、信号器付投光器であることが確認できた。

一方で、取り回しについては信号器付投光器と同等もしくは上回る資機材が確認できた。さらに、一般住宅、小規模対象物等における平面1区画のような状況下であれば、索信号の送信ができる可能性が高く、また、信号器付投光器が故障等により使用できなくなった場合の対応策を検討する上でも、ロープをはじめとした実験対象を無暗に排除するべきではないと言える。通信手段の確立等の課題を解決することで、安全性、操作性の向上に期待できる資機材があることを当実験で確認することができた。

実験対象	①信号器付投光器	②三打ちロープ
時 間 進入～退出完了	10 分 34 秒	10 分 44 秒
実施者 ヒアリング	【メリット】 ・扱い慣れている。 (共通認識ができている。) ・進入隊員と進入管理者の意思疎通が図りやすい。 ・投光器の光によって、活動がしやすい。 (バッテリー式ではないため、充電切れがないため安定感がある。) ・コードの視認性が良い。 【デメリット】 ・先端（投光器）を携行する隊員に若干の負担が生じる。 ・進入が 30m までという制限がある。 ・エッジ部分での抵抗が大きい。	【メリット】 ・在庫があるため交換が可能。 ・故障しない。 ・軽量なため活動の負担が少ない。 ・ロープの長さの進入が可能。 【デメリット】 ・進入隊員と進入管理者の意思疎通が進入すればするほど難しくなる。 (1 エッジ△、2 エッジ×) ・そもそも進入管理者からすると「中から合図を送っているのか、進入しているのか」が分かりづらい。 ・エッジ部分での抵抗が大きい。 ・暗所の視認性が悪い。 【その他】 ・ロープが伸びてしまうため、進入距離(ロープ) が長い場合、エッジを介していないとしても、その伸びで合図が送れるのか？要実験。

メリット	・信号による合図が確実に送れる。 ・通信 2 系統が確保できている。 ・照明による視認性が他の資機材より確保できている。 ・合図をすぐに送れる。 ・合図の際に、音と光で濃煙時でも分かりやすく、一緒にいる隊員にも、周知することが出来る。 ・信号による伝令、応答が正確かつ速い。 ・日ごろから使い慣れている ・多少ホースが乗っていても、階段室のエッジマンが支障なく引けていた。 ・投光器のコードがたるんでいても信号で合図が送れていた。 ・無線による合図及び信号による合図も支障ない。 ・無線トラブルが発生しても、信号で意思疎通ができる。	・動きやすい。 ・エッジのない区画であれば有効。 ・照明器具が軽いため、体力的負担が少ない。 ・収納が容易で再検索可能。
デメリット	・投光器がある分、行動に支障がでる。 ・エンジンユニットの騒音が活動障害となる可能性がある。 ・ホースとロープが絡む可能性がある。(エッジマンの技能による) ・エッジの干渉がある。 ・ホースの下にコードが入ってしまう。 ・ホースとコードの 2 つを捌かないといけない。	・ホースとロープが絡む可能性がある。(エッジマンの技能による) ・合図が正確に送れていない。 ・退出時に、進入管理がロープ引っ張っているが、進入隊員と管理者の意思の疎通が不明確である。引いたことにより最悪の場合、階段などで転落も考えられる。 ・信号が送れなく、伝令員が必要。 ・エッジ等での摩擦抵抗が信号器付投光器に比べて強い ・2 角以上あると無線以外合図が送れない。 ・エッジにロープが干渉し、引けていない。 ・救出時に必要以上に引っ張られると危険 ・進入管理が合図に全く気付かず、エッジマンが 1 階まで下りてきて合図していた。 ・エッジ部分でロープに荷重がかかりすぎて、ロープの損傷が危惧される。 ・全体的にロープをたるませている場面が多い。(捌く時の余長取り等) ・1 番員と 2 番員から直接合図が送れない。 ・救出時、要救助者の下にロープが入ってしまったため、隊員の動きに注意が必要。 ・ホースの下にロープが入ってしまう。 ・ホースとロープの 2 つを捌かないといけない。 ・エッジの干渉がある。

図 25 濃煙内の進入時における退路確保資機材に関する実験結果 1

実験対象	③小径編みロープ	④ボラリスガイドライン
時 間 進入～退出完了	8 分 50 秒	10 分 32 秒
実施者 ヒアリング	【メリット】 ・軽量のため活動の負担が少ない。 ・故障しない。 ・ロープの長さの進入が可能。 ・エッジの抵抗が小さい。 【デメリット】 ・進入隊員と進入管理者の意思疎通が進入すればするほど難しくなる。 (1 エッジ○、2 エッジ×) そもそも進入管理者からすると「中から合図を送っているのか、進入しているのか」が分かりづらい。 ・暗所の視認性が悪い。 ・ロープが細いため資機材や隊員と絡みやすい。(燃れが付いていたからか)	【メリット】 ・進入までの準備が早い。 ・軽量なため活動の負担が少ない。 ・故障しない。 ・ロープの長さの進入が可能。 ・エッジの抵抗が小さい。 ・暗所の視認性が良い。 (玉の部分が光っているため。) 【デメリット】 ・進入隊員と進入管理者の意思疎通が進入すればするほど難しくなる。 (0 エッジでも×) ・進入管理者からすると「中から合図を送っているのか、進入しているのか」が分かりづらい。
メリット	・他のロープより、径が細いため操作性が良く軽い。 ・三打ちに比べ更に動きやすい。 ・エッジのない区画であれば有効。 素材がしなやかで取扱いやすく、救出時の扱いが容易。 ・ロープの中では、一番摩擦抵抗がない。 ・エッジ部分でホースの下に入ってしまったらスムーズに捌けていた。 ・階段室からの合図でも、進入管理者が把握できていた。 ・バック等に収納することで、すぐに屋内進入ができる。(三つ打ちと比較) ・エッジ等での摩擦抵抗が三打ちロープに比べて弱い。 強 度：22KN 耐熱性能：約 500℃	・プログレスマーカーがあるため、出入口方向が明確にされている。 ・三内打ちや編みロープに比べ更に動きやすい。 ・エッジのない区画であれば有効。 ・視認しやすい。 ・エッジの干渉がなく活動に支障がない。 ・バックを持っていけば、大区画の検索時にはフィックス線として有効かもしれない。 ・何m進入したかわかりやすい。
デメリット	・径が細いため、ロープを辿る際には注意が必要である。 ・信号が送れなく、伝令員が必要。 ・ホースと絡まりやすい。 ・伝令を送るが、伝令が戻ってくるまで活動が出来ず、タイムロスがある。 ・3 角以上あると無線以外合図が送れない。 ・1 番員と 2 番員から直接合図が送れない。 ・ホースの下にロープが入ってしまう。 ・ホースとロープの 2 つを捌けないといけない。 ・エッジの干渉がある。	・ラインが細いため、細かい隙間に引っかかる可能性がある。 ・プログレスマーカーがドア等の隙間に引っかかる可能性がある。訓練中もその様な場面が確認された。 ・通常の使用法で使用しないと有効性が見られなかった。また、小規模区画では有効性が確認できなかった。 ・信号が送れなく、伝令員が必要。 ・ホースと絡まりやすい。 ・伝令を送るが、伝令が戻ってくるまで活動が出来ず、タイムロスがある。 ・ロープに反射材が使用されているが、あまり発光せず濃煙時は分からない。 ・発光度が弱い。 ・ロープによる合図が送れない。 ・ホースの下にロープが入ってしまう。

		・ホースとロープの2つを捌かないといけない。 ・エッジにロープが干渉し、引けていない。 ・救出時に必要以上に引っ張られると危険。 ・本来の使用目的以外に使うのであれば、これを使う意味がない。 ・編みロープほどの取り回しの良さは感じない。 ・1番員と2番員から直接合図が送れない。 進入隊員からの合図に気が付かなかった。 ・エッジ等での摩擦抵抗が信号器付投光器に比べて強い。 ・2角以上あると無線以外合図が送れない。
--	--	--

図 26 濃煙内の進入時における退路確保資機材に関する実験結果 2

実験対象	⑤ホース（オートロール・ムーニングカラーにより結合）	
時 間 進入～退出完了	8 分 32 秒	
実施者 ヒアリング	【メリット】 ・ホースのみのため動きやすい。（活動がしやすい。） ・ホースの長さの進入が可能。（5種類の中で最も制限を受けない。） 【デメリット】 ・無線が使えない場合、伝達手段が伝令しかない。 ・ホースバンドとムーニングカラーが干渉して多少のストレスを感じた。（3番員は2回中2回干渉した。）	
メリット	・ホースだけのため絡む可能性がない。 ・設定がシンプルであり操作性が容易である。 ・絡まりがなく動きやすい。 ・エッジのない区画であれば有効。 ・隊員間の距離が取れて、動きが早く良かった。取扱いに慣れれば検索時には有効だと感じた。 ・活動が速い。 ・直線的な進入時には迅速である。（準備も含めて） ・携行資機材が少ない。 ・ロープがない分、上階への進入時作業が少ない。 ・検索、作業範囲が広がる。 ・ムーニングカラーの取り回しは支障なし。 ・エッジマンの動きや伝令の移動には、適している。 ・ムーニングカラーは、階段のエッジ（ホース導線）で多少抵抗がありそうだが、通過できる。 ・検索箇所範囲が最大 6 m まで可能になる。	

デメリット	・ホースバンド部分で、ムーニングカラーの引っ掛かりが認められる。 ・操作性が容易であるが、資機材の取扱い等の習熟が必要である。特に退出の際、ムーニングカラーに気を配る必要がある。 ・通信2系統が保てない。しかし、3番員の伝令員として効率的に配置できれば有効である。 ・信号が送れなく、伝令員が必要。 伝令を送るが、伝令が戻ってくるまで活動が出来ず、タイムロスがある。 ・ホースの結合部を通過する際に引っ掛かりにより離脱してしまう可能性がある。 ・1番員と2番員から直接合図が送れない。 ・狭所巻きをムーニングカラーで通過することが厳しい。特に、狭隘な階段室等では。 ・筒先の隊員がムーニングカラーを装着しても、筒先を保持している時、ホースが床面から浮いているため効果がないように感じる。
-------	--

図 27 濃煙内の進入時における退路確保資機材に関する実験結果 3

(8) 熱画像直視装置に関する実験

ア 実験内容

要領には、面体の着装を必要とする濃煙内の進入の留意事項として、熱画像直視装置の活用が記載されている。しかしながら、当要領内には熱画像直視装置の具体的な使用方法や特性等に関する項目はなく、当該装置に係る知識、取扱技術、映像分析等の習熟は職員に委ねられているのが現状である。熱画像直視装置は、通常は肉眼で見ることのできない濃煙内での内部状況、温度変化等を可視化し、火災を評価する上では有効的な資機材である。その反面、当該資機材の性質上、その性能を過信し、資機材に頼りすぎた状況評価をしてしまい、火災性状を正しく評価できない危険性があることを理解しなければならない。そこで、模擬家屋を実際に燃焼させ、データロガー（室内の温度）と熱画像直視装置の温度表示を比較し、当該装置の特性、活用方法を確認した。実験設定を図 28、測定機材を図 29 に示す。

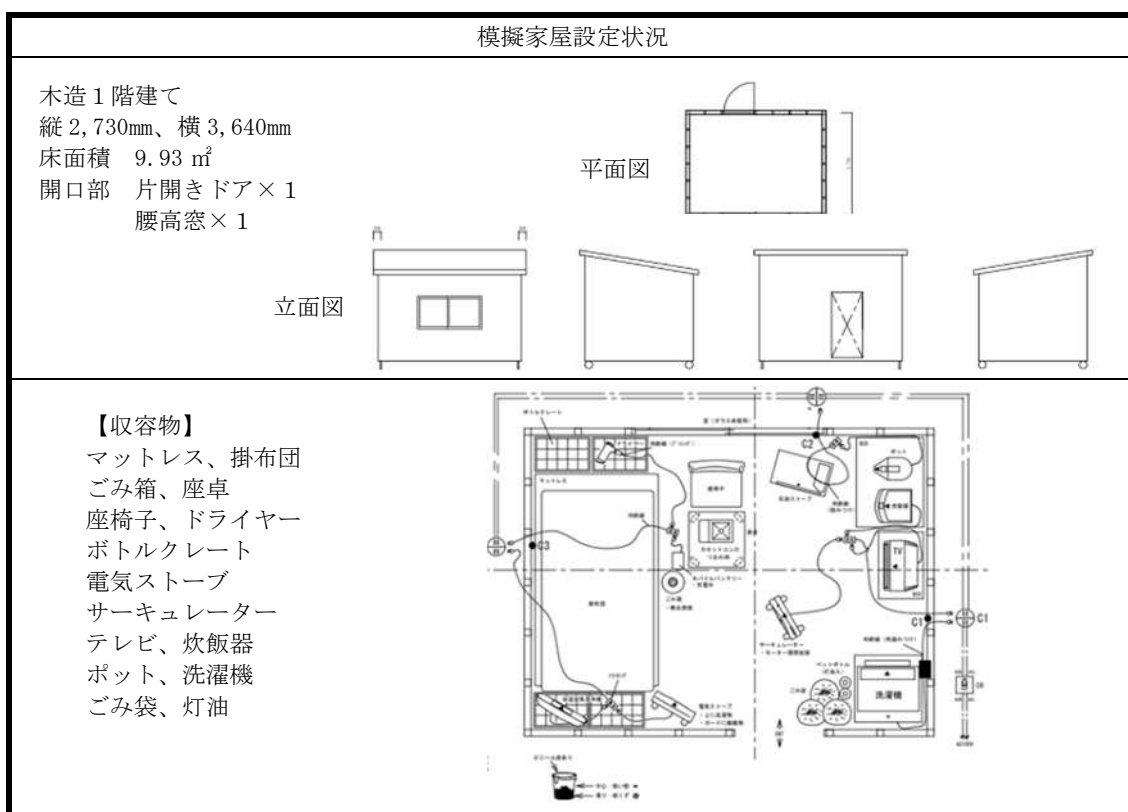


図 28 実験設定

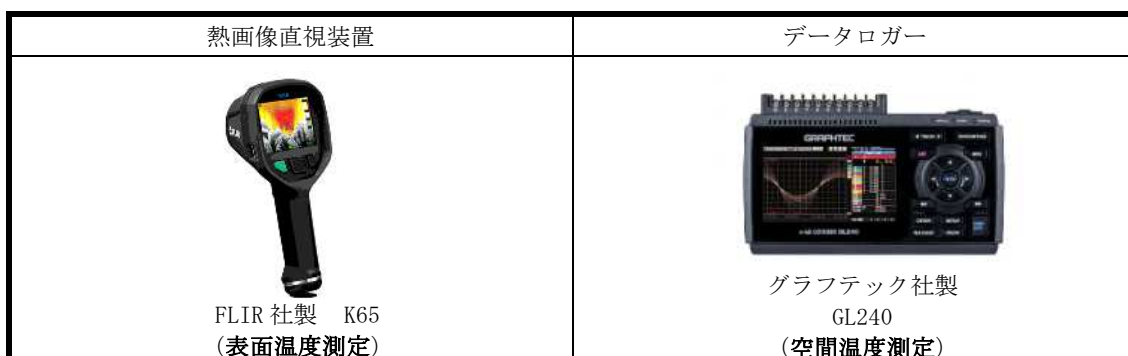


図 29 測定機材

イ 結果（資料 8 参照）

当実験は、室内に置かれたごみ箱内に火が点いたタバコを入れ実験を開始した。熱画像直視装置は天井部分を定点で測定し、データロガーは床面から 30 cm、100 cm、180 cm の位置に測定器を設定し測定を行った。当実験結果については、主に火災性状の変化が顕著に確認できた着火から約 11 分後、約 13 分後、約 14 分後時点の状態について示すものである。実験結果を図 30 に示す。

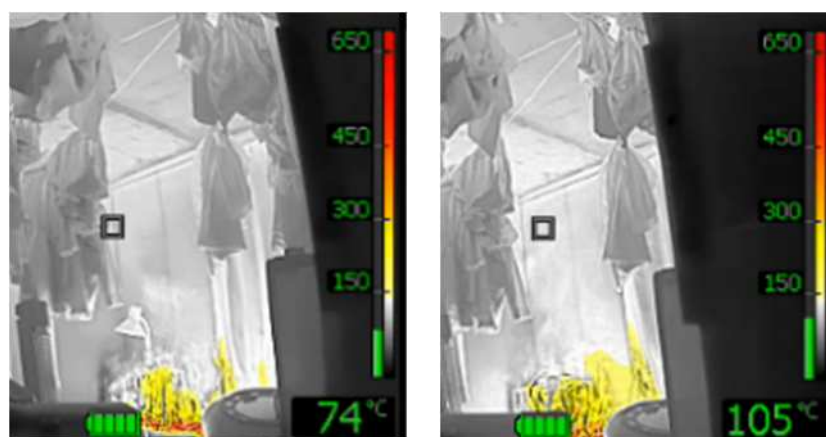
(7) 熱画像直視装置の実験結果

着火から約 3 分後、肉眼では火点の特定はできなかったが、熱画像直視装置では火点箇所が白色に変化しており識別が可能であった。



着火から約 3 分後(左：ビデオカメラ映像、右：熱画像直視装置映像)

着火から 11 分 14 秒の時点で、天井の表面温度は 74°C を示していた。出火箇所から上がった炎は画面上において色による識別ができるようになるが、天井面に滞留している黒煙や中性帯は透過することから煙自体の温度を識別できなかった。着火から 13 分 14 秒後、天井の表面温度は 105°C まで上昇するが、画面上では火点箇所以外に色の変化はなく、周囲は実験開始当初と変化がない。

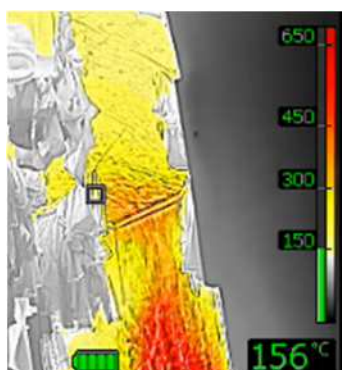


着火から 11 分 14 秒後

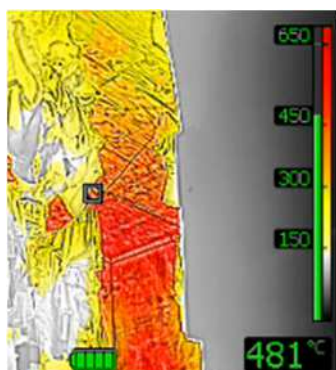
着火から 13 分 14 秒後

その約 40 秒後の 13 分 53 秒の時点で壁、天井部分の色の識別が確認できるようになるが、表面温度は 156°C を示しており、識別された天井部分の色は参照バーと照らし合わせても、300°C 以下であると認識できた。更にその 13 秒後である 14 分 06 秒の時点では、天井部分が赤色の識別となり、表面温度は 481°C に入りフラッシュオーバーの発生範囲に突入したことが確認できた。14 分 22 秒では、フラッシュオーバーが発生し、全面火災へ移

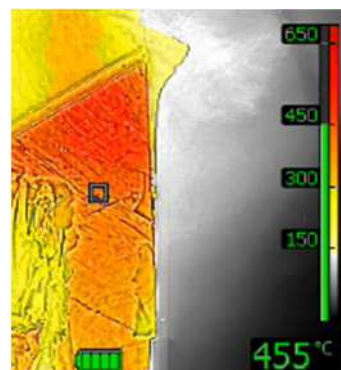
行。画面上では、天井全面が赤色で識別され、開口部から噴出している火炎についても、色の識別ができる状態となった。



着火から 13 分 53 秒後



着火から 14 分 06 秒後



着火から 14 分 22 秒後

(イ) データロガーの実験結果

着火から 11 分 14 秒の時点で、灰色の煙は中央から上方に滞留し、中性帯が形成されており、床面から 180 cm の温度は 146.2℃を示していた。既に可燃性ガスが滞留しているが、可燃性ガスへの着火は確認できなかった。着火から 13 分 14 秒後には床面から 180 cm の温度が 189.4℃に達し、灰色の煙が黒煙に変化するとともに、中性帯が降下を始めた。上層部の温度は、200℃近くに達しているが、この時点でも可燃性ガスへの着火は確認できなかった。



着火から 11 分 14 秒後



着火から 13 分 14 秒後

13 分 53 秒の時点では、可燃性ガスを含む煙が引火し始め、炎が急激に拡大し始めた。床面から 180 cm の温度は 448.1℃となりフラッシュオーバーの発生範囲に到達し、床面から 100 cm の位置では 204.9℃となり、立位での屋内進入は困難を極める状況であることが確認できた。その 13 秒後の 14 分 06 秒には、ロールオーバーが発生し始め、床面から 180 cm の温度は約 830℃となり、短時間で火災性状が著しく変化したことが確認できた。着火から 14 分 22 秒後には、前項(ア)に記載のとおり、フラッシュオーバーに移行し、床面から 100 cm の温度は 671.7℃に達し、30 cm の位置でも 270.8℃となった。



着火から 13 分 53 秒後



着火から 14 分 06 秒後



着火から 14 分 22 秒後

(ウ) 総括

実験の初期段階（着火から約 3 分後）から、煙により肉眼では確認できない暗い室内の状況を熱画像直視装置で確認することにより、壁、天井、収容物の位置などを識別することができた。また、火点の位置についても特定ができ、早期の要救助者検索や火点検索に有効的な資機材であることが確認できた。その一方で、熱画像直視装置とデータロガーの温度測定結果を比較すると、火災が進展するに連れて温度の差が顕著に表れる結果となった。熱画像直視装置は、物質から発せられる赤外線を検知することで、壁面や天井等の表面温度を測定し、煙を透過することで室内の間取りや障害物位置の把握、要救助者の検索等に活用する資機材である。赤外線はあらゆる物質から放たれており、熱気を帯びた気流についてもその微粒子から発せられる赤外線を検知することになるため、気流の動きや温度を色で識別することは機能上可能である。

しかしながら、本来は表面温度を測定するための資機材であるため、熱を帯びた気流の動きや色による温度の識別が画面上で表示されていても、正確な数値を示しているとは言えず、実験結果からもそのことが明確となった。熱画像直視装置のみに頼った活動は、実際の火災性状を正確に把握できない可能性があること、事故を誘発する危険性が潜んでいることから、熱画像直視装置から得られる情報と併せて、火災の進展状況、煙の色、量、圧力等を読み取り、火災状況を総合的に評価することが重要であることが当実験で明らかとなった。

時間経過		11:14	13:14	13:53	14:06	14:22
K65 天井付近		74℃	105℃	156℃	481℃	455℃
GL 240	床面から 180 cm	146.2℃	189.4℃	448.1℃	830℃	877.5℃
	床面から 100 cm	116.9℃	116.9℃	204.9℃	332℃	671.7℃
	床面から 30 cm	33.5℃	40.1℃	49.7℃	63.6℃	270.8℃
K65 と GL240 (天井 180) の差		99.2℃	187.9℃	292.1℃	349℃	422.5℃

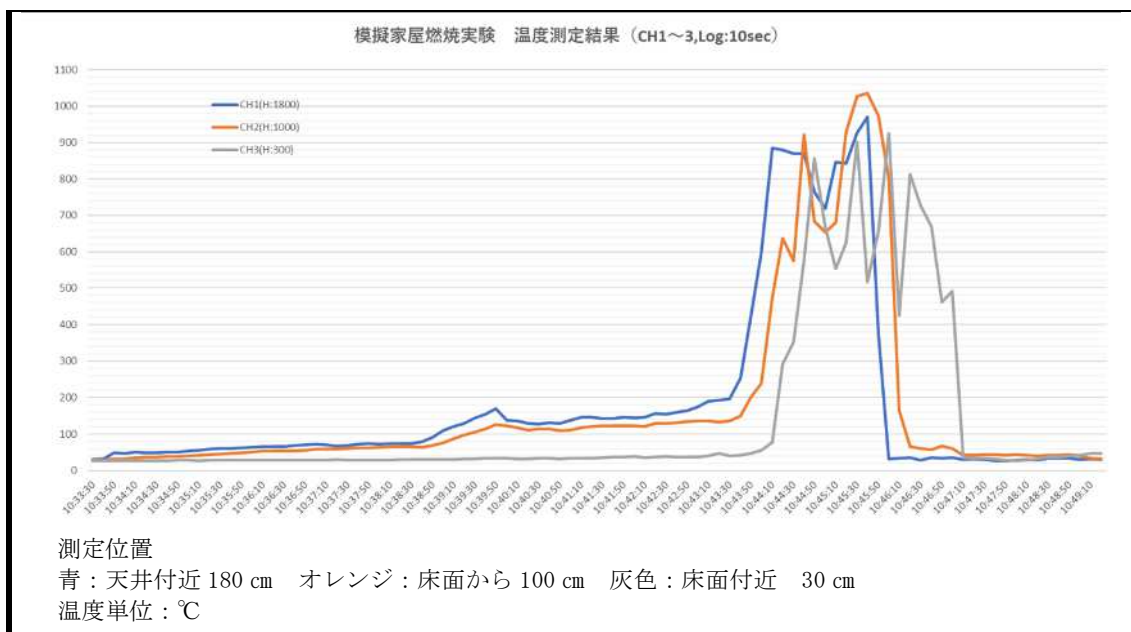


図 30 熱画像直視装置に関する実験結果

(9) 退出時における合図に関する実験

ア 実験内容

要領では、退出に係る合図について、通常退出と緊急脱出の区分がされておらず、退出時における進入隊員と屋外隊員の認識に齟齬が生じる可能性がある。そこで、退出に関する合図について、通常時と緊急時を区分した場合の方法を例示し、メリット、デメリットを実験により整理した。実験対象を図 31 に示す。

方 法		①現行	②合図案 1	③合図案 2
合図 内容	1 回押す	始め	(救出又は退出) 始め	始め
	2 回押す	よし 了解・OK	よし 了解・OK	よし 了解・OK
	3 回押す	発見	発見	発見
	4 階押す	待て	待て	待て
	連続して 押す	退出	緊急脱出	長音 (通常) 短音 (緊急)
※方法の「押す」について、検索ロープによる場合は「引く」に読み替えるもの。				

図 31 実験対象

イ 結果 (資料 9 参照)

(ア) 合図案 1 実験結果

当合図は、通常退出を (救出又は退出) 始め 1 回とし、緊急脱出を連続とする方法である。区分けが明確化され押し間違いも起こりにくいこと、また、索信号でも対応が可能であることから、現行の合図と比較し、進入隊員と屋外隊員の連携がこれまで以上に向上することが確認できた。緊急時における初動対応力の強化に繋がり、退出時における安全性の向上効果が期待できる結果となった。

(イ) 合図案 2 の実験結果

当合図は、現状の退出の合図である「連続」の出し方に違いを設けるものであり、長音連続を通常退出、短音連続を緊急脱出とする方法である。短音連続を緊急脱出にすることとで、現行の合図の意味合いや方法を大きく変更することなく区分できることや短音連続とすることで緊迫度が屋外隊員に伝わりやすい等の意見が挙げられた。一方で、職員により長音と短音の感覚が異なることや索信号での対応が困難であり、新たな合図として導入するには課題が多く残る結果となった。

(ロ) 総括

通常退出と緊急脱出を区分けする 2 案について実験した結果、進入隊員と屋外隊員の退出に関する意思疎通が円滑にできること、不測の事態が発生した際の早期対応に期待できること、無線が使用できない状況でも進入隊員から発信が可能であること等が確認できた。

特に、合図案 1 では現状の屋内進入の活動で用いている方法と大きな差はなく、索信号でも通常退出と緊急脱出を区分けできることから即効性のある方法であると言える。例えば、進入後に要救助者を発見した際は、「発見 3 回」の合図を送り、続いて「始め 1 回」を送った後に搬送を開始するが、この「始め 1 回」は救出始めの意味合いであるものの、これとは別に「退出」の合図を行っていない部隊がほとんどであることが実験後の検証で明らかとなっている。そうであるならば、合図案 1 の方法についても、大きな違和感なく職員に浸透する可能性があると言える。

その一方で、両合図案を実験するにあたり、各種の操法基準との整理が必要であること、緊急脱出時にホースを引かれる等の進入隊員が意図しないことをされてしまう可能性があること等が意見として挙げた。これまで定められた火災活動要領の合図を変更する

ことは、その意味合いや方法が職員に正しく理解されない恐れがあり、危険要因にも繋が
り兼ねない。そのため、合図を区分けすることの有効性とその意味合い、方法等を丁寧に
説明した上で取り組むことが重要であることが確認できた。