

消防防災科学技術研究開発事例集 I

〈競争的研究資金制度 平成 15 ～ 17 年度 終了課題〉

平成 1 8 年 1 2 月
総務省消防庁

目次

第1 防災情報通信システム等の高度化	
1. 1 防災情報通信のための臨時回線用長距離・大容量無線 LAN の研究開発	3
第2 住宅防火対策等の推進	
2. 1 地下空間における避難と消防活動支援のための煙制御に関する研究	11
2. 2 高齢化社会に対応した火災予防検知システムの開発	15
2. 3 避難安全の高度化を目的とした避難者タイプの設定とその適用に関する研究	25
2. 4 防災のための高信頼性ガスセンサの開発	41
第3 防災力の向上	
3. 1 豪雨災害対策のための危機管理・凶上訓練システム	47
3. 2 地域防災体制のための心理学的プログラムの構築	55
3. 3 参加型救命設計システムの構築と実践	59
第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化	
4. 1 障害となる物品を排除しながら閉鎖する防火戸の研究	67
4. 2 消火設備を考慮した火災性状予測ツールの構築	77
4. 3 複合センサによる消防隊員の携帯型位置特定システム	83
4. 4 2流体ノズル PAG を用いた水損低減型消火システムの開発研究	87
4. 5 防災観測機システムの開発	91
4. 6 地下浸水時の避難・救助システムに関する研究	95
第5 特殊災害対策の強化	
5. 1 大容量泡放射システムにおける吸水設備の研究	113
第6 危険物施設等の保安対策の充実	
6. 1 セルフスタンドにおける顧客の静電気を主因とする防火対策に係る研究	119
6. 2 津波による石油タンクの被害予測手段に関する研究	129
6. 3 大型タンクの地震時スロッシングの予測と制御	133
6. 4 廃棄物系バイオマスによる可燃性ガス発生危険度評価手法の構築	139
第7 救急・救助業務の高度化	
7. 1 レスキュー工学の構築を目指した啓発活動のための核心的企画研究	149
7. 2 消防・危機管理用具の性能に関する研究	153
7. 3 救急需要に関する研究	159
第8 環境への配慮	
8. 1 環境に配慮した一般火災用消火剤の開発	167
第9 その他	
9. 1 消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究	173

はじめに

近年の災害・事故の態様は、平成7年に発生した都市直下型地震である阪神・淡路大震災、平成11年に茨城県東海村ウラン燃料加工施設で発生した臨界事故、平成12年に群馬県の化学工場で発生したヒドロキシルアミンの爆発事故、平成15年のRDF貯蔵槽火災・ブリヂストンタイヤ工場火災・十勝沖地震に伴う石油タンク火災、平成16年の新潟県中越地震など大規模化・特殊化が著しく、消防にとって新たな対応を迫るものとなっている。

また、NBCテロや過密都市災害など新たな形態の災害や切迫性と発生した場合の被害が深刻さが懸念される東海・東南海・南海地震や首都圏直下地震等の地震災害に対し、災害の防止や被害の軽減を行うため、消防はファーストレスポンスとして迅速かつ効果的な消防防災活動を展開することが強く期待されている。このような国民の期待に応えるためには、消防防災科学技術に関する研究開発に積極的に取り組み、より高度で先進的な消防防災活動を実施することが極めて重要となっている。

このようなことを背景に、消防防災科学技術に関する研究開発については、消防防災に係る各分野の専門家・有識者の意見も聴く等幅広い視点から、産学官の消防防災関係者の力を結集して、推進する必要があるとして、平成15年度から消防防災科学技術の振興を図り、安心・安全に暮らせる社会の実現に資する研究を、提案公募の形式により、産学官において研究活動に携わる者等から幅広く募り、優秀な提案に対して研究費を助成し、産学官の連携を推進するとともに革新的かつ実用的な技術へ育成するための「消防防災科学技術研究推進制度」を実施しているところである。平成18年度までに、48件の研究課題を採択しており、平成17年度までに24件の課題が終了したところである。

本報告書は、これらの課題の成果概要について、消防機関をはじめとする関係機関の方々に広く周知し、実際の消防防災活動における活用や実用化へ向けたさらなる研究につなげて頂くことを目的として取りまとめたものである。関係機関の方々におかれては、本報告書を活用し、消防防災に係る諸課題の解決に活用して頂くと共に、一層の消防防災科学技術の発展のために利用して頂きたいと考えている。

本報告書の見方

各研究課題については、平成13年11月に消防防災に係る各分野の専門家・有識者の意見も聴きつつ、消防防災科学技術に係る研究開発に携わる関係者の共通の認識・目標として位置づけられるものとして、消防庁において策定した「消防防災科学技術高度化戦略プラン」の課題に従って分類している。また、それぞれの研究課題は、総括票及び研究結果報告書から構成されており、必要に応じ参考資料を添付している。

○総括票の構成は次のとおりである。

- ・ 研究実施期間
- ・ 配分額（研究実施各年度の競争的研究資金の配分額（契約額））
- ・ 研究代表者
- ・ 所属機関（研究代表者の所属機関）
- ・ 研究体制（研究に参加している機関の種別：産→民間企業等、学→大学等研究機関、官→消防機関等行政機関）
- ・ 研究概要
- ・ 研究成果の活用事例（研究成果を活用した事例又は活用を予定している事例）
- ・ 応用の方向性（今後、さらに研究を進めることによって期待される成果の活用）
- ・ キーワード
- ・ 研究結果コメント（消防防災科学技術研究推進評価会の委員及び「消防防災科学技術研究推進制度」におけるPO※（プログラムオフィサー）のコメントの取りまとめ（特に、POについては、成果の消防防災分野への活用の観点からの評価を重視））

※PO（プログラムオフィサー）：プログラムや研究分野で課題の選定、評価、フォローアップ等の実務を行う研究経歴のある責任者（総務省消防庁の研究官を選任）

第1 防災情報通信システム等の高度化

【1.1 防災情報通信のための臨時回線用長距離・大容量無線 LAN の研究開発】

研究実施期間	平成15年度～平成17年度
配分額(千円)	19,013(平成15年度)、19,013(平成16年度)、19,500(平成17年度)
研究代表者	中村正幸
所属機関	長野県情報技術試験場設計技術部
研究体制	産・学・官
研究概要	<p>大規模災害発生時には、電話等の通信システムが停止すると共に防災無線等も利用できない状況が発生し、通信において孤立した地域が発生する。災害発生直後において、このような地域と災害対策本部等の防災関連機関との間で、小型軽量の無線機器により動画像の伝送が可能な大容量の通信網を短時間に構築することにより、効果的な災害対策が実現できる。</p> <p>このため、長距離通信が可能で、妨害電波に強い、IEEE802.11g 方式に基づく無線LANの研究開発を行うとともに、この無線LANを利用した実証実験を実施した。距離30kmにおいて無線部の通信速度 54Mbps を達成するとともに、最大42 kmの区間を含む複数の中継区間を持つ無線回線による実証実験等を地元の消防局、大学病院等と実施し、遠隔医療支援に活用できる高画質の動画像の伝送を行った。その結果、災害時の緊急の大容量通信網の構築への利用の他、緊急医療支援として活用できる結果が得られた。</p>
研究成果の活用事例	都道府県、市町村、企業などが利用する緊急時における防災情報通信への活用
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘリコプタからの映像伝送用として活用 ・自治体が設置する通信システムへの活用 ・企業が設置する事業所間ネットワークへの活用
キーワード	無線 LAN、長距離、大容量、大規模災害時、防災情報
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトプットにより、実用化等へ向けてさらに研究開発を行うことが期待される。比較的安価で高速通信が可能なシステムの活用は意義がある。今後、防災システムとして具備すべき耐環境性や輻輳、停電対策等を低コストで実現し、実用化を行うかが課題である。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告書

1. 研究課題名

防災情報通信のための臨時回線用長距離・大容量無線 LAN の研究開発

2. 研究実施期間

平成 15 年度～平成 17 年度(3 年間)

3. 研究代表者氏名

中村正幸

4. 研究代表者所属機関

長野県情報技術試験場

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

高木秀昭、長洲慶典

6. 研究共同機関名及び参加者名

長野県危機管理室危機管理・消防防災課消防防災航空分室 望月勝人、井堀正行

松本広域消防局 横山正志

三菱電線工業(株) 栄永清志

信州大学 村瀬澄夫

(株)アイネット 山崎英樹

7. 研究課題の要旨

これまでの大規模災害発生時には、電話等の通信システムが停止すると共に防災無線等も利用できない状況が発生し、通信においての孤立した地域が発生する。災害発生直後において、このような地域と災害対策本部等の防災関連機関との間で、小型軽量な無線機器により動画像の伝送が可能な大容量の通信網を短時間に構築し情報の共有ができれば、より効果的な災害対策が実現できる。消防、医療機関、ボランティア等と災害現場の住民等が無線局免許制度に関係なく利用でき、且つ高速データ通信が可能な無線システムとして、2.4GHz 帯の無線 LAN の活用が考えられるが、市販の無線 LAN は屋内用のため屋外での長距離通信ができない、また他の無線 LAN からの電波の混信の影響を受けやすい、という問題点がある。そこで、長距離通信が可能で、妨害電波に強い無線 LAN の研究開発を行うと共に、この無線 LAN を利用した実証実験を実施した。

8. 研究結果

IEEE802.11g 方式に基づく長距離無線 LAN の研究開発を行った。この無線 LAN は、既存の単一アンテナ方式とは異なり、送信・受信に独立したアンテナの利用を可能とする信号処理手法により、妨害波の低減と長距離通信を実現した。また本無線 LAN で使用する長距離通信用のアンテナとして、通常の直線偏波方式と異なる 2.4GHz 帯の円偏波の 1.2mφ パラボラアンテナの研究開発を行い、約 25dBi の高利得が得られた。これらの手法により、本無線 LAN 装置は、距離 30km において無線部の通信速度 54Mbps(IEEE802.11g 方式の最大速度)で通信が可能である結果が得られた。更に、災害発生時等において、いかなる場所においても迅速な回線構成を可能とするため、小型・

低消費電力である本無線 LAN の特徴を活かし、容易に組立て・分解および運搬が可能で、かつ商用電源が得られない場所においてもソーラーパネルによる電源で長期間運用が可能な、本無線 LAN を使用した仮設無線 LAN 中継装置の研究開発を行った。これらの成果を基に、この無線 LAN を利用し、最大 42km の区間を含む複数の中継区間を持つ無線回線による実証実験等を地元の消防局、大学病院等と 6 回実施し、想定した災害現場から消防局及び大学病院に遠隔医療支援に活用できる高画質の動画の伝送を行うことができた。これらの実証実験から、災害時の緊急の大容量通信網の構築への利用の他、緊急医療支援として活用できる結果が得られた。

9. 研究成果の活用状況等

- (1) ヘリコプタからの映像伝送用として活用予定
- (2) 町が設置する通信システムへの活用予定
- (3) 企業が設置する事業所間ネットワークへの活用予定

10. 研究発表の状況等

学会等

- (1) 中村正幸, 栄永清志, 滝沢龍一, 清水洋, 和崎克己, 師玉康成, 「IEEE802.11g 無線 LAN を用いた山間地拠点間接続の長距離化」, 信学技報, CAS2004-107, pp.59-62, 2005
- (2) 中村正幸, 滝沢正臣, 村瀬澄夫, 「防災情報通信のための臨時回線用長距離・大容量無線 LAN の研究開発 ―災害時の遠隔医療への活用―」, 日本遠隔医療学会誌, 第 2 巻第 2 号, pp.124-125, 2006

報道等

- (1) 平成 18 年 3 月 15 日 NHK 18:00～ 「イブニング信州」
- (2) 平成 18 年 4 月 5 日 NHK 7:30～ 「おはよう日本」

11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

長距離通信と妨害低減機構を持つ本研究開発の無線 LAN は、以下の実証実験により、防災情報通信への活用が可能である結果が得られている。

- (1) 防災ヘリコプタからの映像伝送
- (2) 地上系の通信としての災害現場と現地指揮本部、災害対策本部等の防災関係機関との間の臨時的な大容量通信網の構築

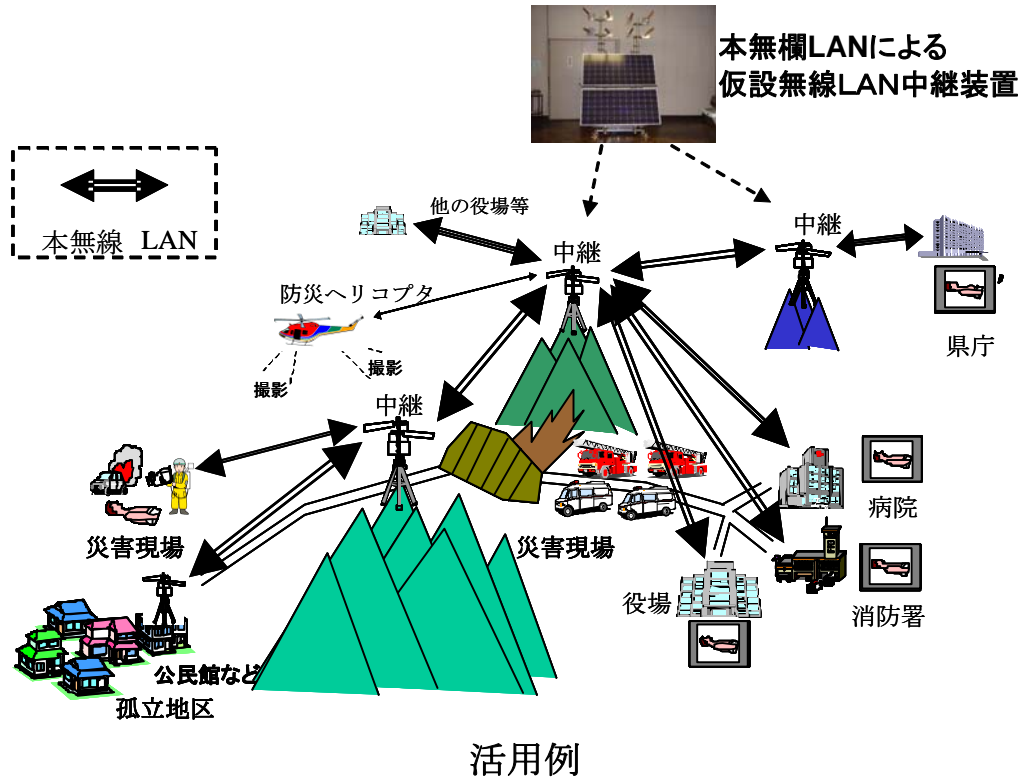
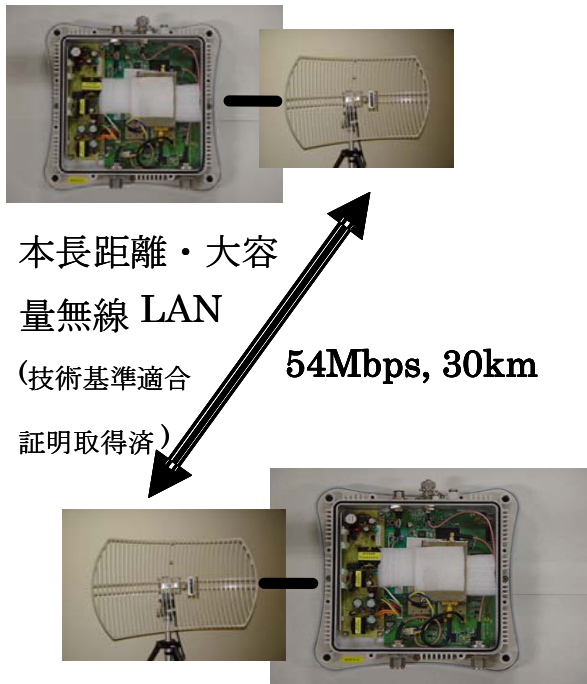
以上のように、本研究開発の成果として無線 LAN の災害対策への活用として上空、地上系での活用できることとなった。これらの他に、災害対策等において、高画質映像伝送による情報収集や災害現場等との通信確保が必要とされる災害として、地下災害等が考えられる。

そこで、地下やトンネル内等の災害発生時において、地下・トンネル内において移動可能な無線装置により、地上の現地災害指揮本部や防災関係機関へハイビジョン伝送が可能でかつ、現場の隊員等と双方向の音声通信が可能な無線通信システムとして無線 LAN をベースとした無線システムが考えられる。この分野への無線 LAN の活用について

て研究開発を実施したいと考えている。

防災情報通信のための臨時回線様長距離・大容量無線LAN

-7-



第2 住宅防火対策等の推進

【2.1 地下空間における避難と消防活動支援のための煙制御に関する研究】

研究実施期間	平成15年度～平成16年度
配分額(千円)	3,000(平成15年度)、3,900(平成16年度)
研究代表者	松下敬幸
所属機関	神戸大学工学部建設学科
研究体制	学
研究概要	<p>地下空間での火災では、避難行動や煙の流動性状が地上とは異なることが予想され、消防活動は極めて困難なものとなる。本研究では、地下空間での火災時において、避難行動の特性と誘導対策及び消防活動の経路を確保するための煙制御について検討し、建築物に具備しておくべき要求条件の提案を行った。</p> <p>煙流動性状を把握するために模型実験を実施し、火災階よりも下部に煙が伝播される現象など、地下空間全体の煙と空気の複雑な混合をもたらしていることを明らかにした。次に、韓国テグ地下鉄火災時の人間行動について分析し、壁にそって避難する傾向、広がりのある空間などにおける経路選択の困難性、光の存在が避難方向を示す有効な手がかりとなることを明らかにした。また、地下街の管理者を対象としたヒアリング調査を実施し、従業員による避難誘導よりも避難誘導補助設備(光走行式誘導システム、音声付誘導灯等)の役割を重視する傾向が明らかとなった。</p>
研究成果の活用事例	<p>地下街を設計・施工する際の避難計画</p> <p>地下空間における火災時の煙流動の把握</p>
応用の方向性	消防活動上の観点から、地下空間建設時に要求すべき内容を具体化することが必要
キーワード	地下空間、火災、煙制御、煙流動、避難
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成し、一定のアウトプットを得たが、今後さらに、実際の火災等の災害現場で有効な手法の研究開発が望まれる。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

地下空間における避難と消防活動支援のための煙制御に関する研究

2. 研究実施期間

平成 15 年度～平成 16 年度(2 年間)

3. 研究代表者氏名

松下敬幸

4. 研究代表者所属機関

神戸大学

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

北後明彦

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

なし

7. 研究課題の要旨

地下空間での火災では、避難行動や煙の流動性状が地上とは異なることが予想される。このような状況での消防活動は、地下から吹き上げる煙の中を火点まで到達することは至難であり、何らかの対策を講じる必要がある。しかし、現状での煙制御対策は確実な消防活動ができることを保証していない。避難行動と消防活動とが交錯することも予想され、その対策も検討する必要がある。本研究は、このような地下空間での火災時において、避難行動の特性と誘導対策及び消防活動の経路を確保するための煙制御について検討し、建築物に具備しておくべき要求条件の提案を行う。

8. 研究結果

(1) 地下空間火災に特徴的な煙流動性状を把握するために、空気と煙を用いた地下 8 層の 4 層目に火災室を想定した模型実験を実施した。その結果、2 つの縦シャフトで生じる気流方向の交互の逆転現象が繰り返されながら火災階よりも下部に煙が伝播される原因となっていることを確認し、地下空間内全体の煙と空気の複雑な混合をもたらしていることを明らかにした。

(2) 韓国テグ地下鉄火災時の人間行動について分析した。その結果、煙による視野阻害条件下においては、壁にそって避難する傾向、方向転換が必要な箇所や広がりのある空間に進む箇所における経路選択の困難性、光の存在が避難方向を示す有効な手がかりとなることを明らかにした。また、京阪神 6 地下街の管理者を対象としたヒアリング調査を実施した。その結果、店舗従業員による避難誘導よりも避難誘導補助設備(光走行式誘導システム、音声付誘導灯等)の役割を重視している傾向が明らかとなった。

9. 研究成果の活用状況等

特になし

10. 研究発表の状況等

(1) 矢野健太郎, 松下敬幸, 高田暁, 「地下空間における煙流動性状に関する研究－地下

8層の模型実験－」，建築学会近畿支部研究報告集第45号・環境系，平成17年6月

(2) 矢野健太郎，松下敬幸，高田暁，「地下空間における煙流動性状に関する研究－地下8層の模型実験－」，建築学会大会学術講演梗概集3146,303-304，平成17年9月

(3) 矢野健太郎，松下敬幸，高田暁，「地下空間における煙流動と煙制御に関する研究－地下8層の模型実験と一層ゾーンモデルによる数値解析－」，建築学会近畿支部研究報告集第46号・環境系，平成18年6月

(4) 西尾俊広，北後明彦，「地下街の防火管理のあり方に関する研究」，建築学会近畿支部研究報告集第45号・計画系，平成17年6月

上記成果(1)～(3)については、まとめて火災学会論文集に投稿準備中

11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

今後地下空間の利用が進むと予想されるが、本研究の知見をさらに発展深化させ、消防戦略上及び消防活動上の観点から、建設時に要求すべき内容が具体化されることが必要である。

【2.2 高齢化社会に対応した火災予防検知システムの開発】

研究実施期間	平成15年度～平成17年度
配分額(千円)	16,560(平成15年度)、18,720(平成16年度)、11,960(平成17年度)
研究代表者	松本佳昭
所属機関	山口県産業技術センター 戦略プロジェクト部
研究体制	産・学・官
研究概要	<p>身体機能や判断機能が大きく低下した高齢者にとっては、その生活状況を、センサやIT技術を利用して分析し、火災発生リスクの警告、もしくは火災の前兆現象を検知することにより火災の発生を未然に防ぐシステムが本質的な火災予防対策として、火災による死者の低減に有効であると考えられる。</p> <p>そのため、本研究では、独居高齢者等の生活状況や居室の雰囲気モニタリングし、火災の危険度を予測し、それに応じて安否確認や注意を促すことにより、火災を未然に防ぐ火災予防検知システムを開発する。</p>
研究成果の活用事例	<p>独居高齢者宅の火災予防対策</p> <p>高齢者介護施設等の火災予防対策 など</p>
応用の方向性	家電機器の電源ケーブルに通電センサを挟み込むことによって、家電品の利用状況をモニタリングすることで見守りをするサービス「独居高齢者生活状況モニタリングシステム」に活用し販売を開始(2006.9.25～)
キーワード	高齢化社会、火災予防、火災発生リスク、前兆現象、センサ技術
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトカムにより、実用化、施策等への活用が期待される。プロトタイプを完成させ、実用化へ向けて着実な開発が行われている。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1 研究課題名

高齢社会に対応した火災予防検知システムの開発

2 研究実施期間

平成 15 年度～平成 17 年度

3 研究代表者氏名

松本佳昭

4 研究代表者所属機関

山口県産業技術センター

5 研究代表者所属機関参加者氏名

吉木大司、森信彰、中西政美

6 研究共同機関名及び参加者氏名

山口大学工学部 工学部長・教授 三浦房紀

山口大学大学院理工学研究科 教授 江鐘偉

(有)コスモデザイン 代表取締役社長 白石秀樹

7 研究課題の要旨

我が国では毎年 5 万件以上の火災が発生している。火災による逃げ遅れ死亡者の 6 割が建物火災によるもので、そのうち 9 割近くが住宅火災による。一方、死亡者の年齢をみると、半数以上が高齢者で、そのうち約 8 割が 75 歳以上の後期高齢者である。

平成 16 年の消防法の改正により、2006 年 6 月 1 日から一般新築住宅における火災報知器が設置義務化されることになり、火災による逃げ遅れ死亡者の減少が期待できる。火災警報機とは、火災の発生を正確・迅速に報知するものである。しかしながら、身体機能や判断機能が大きく低下した高齢者にとっては、火災発生後に警報機によって報知されたとしても逃げ遅れてしまう危険性は依然として高いのではないかと推測される。つまり、火災の予防こそが高齢者の生命を守る最も有効な手段で、現状は消防関係職員や民政員等の見守りによる注意喚起以外に有効な手段がない。このことは、火災予防啓蒙活動を継続的に実施しているにもかかわらず、山口県において最近 10 年間の火災による逃げ遅れ死亡者数が、ほぼ横ばいである現状を見てもよくわかる。このような背景から、高齢者の生活状況を、センサや IT 技術を利用して、火災発生リスクの警告、もしくは火災の前兆現象を検知することにより火災の発生を未然に防ぐシステムの開発が求められていた。

上記のことから、産業技術センターを中心として、山口大学と電気機器製造企業であるコスモデザインが連携することによって、独居高齢者の生活の安全を守るためのシステム開発を推進してきた。

本研究では、独居高齢者等の生活状況や居室の雰囲気モニタリングし、火災の危険度を予測し、それに応じて安否確認や注意を促すことにより、火災を未然に防ぐ火災予防検知システムを開発する。具体的には、火災の 3 大原因であるタバコ、ストーブ、コンロを始めるとする火災原因になりうる機器や設備の利用状況、更に、室内の雰囲気を把握するための一酸化炭素センサ等の各種ガスセンサや赤外線センサから得られる情報を総合的に解析して火災危険度を予測し、監視センター、グループ単位、プライベート等で、利用者

本人もしくは近隣協力者や親族等に安否確認や注意を促すシステムを開発する。

最大の特徴は、火災警報機のように火災の発生を正確に報知するものではなく、火災の前兆現象が発生する以前の「ヒヤリハット」の段階で危険度を定量的に評価し、それをもとに利用者への安否確認や注意・安全指導を積極的に行うシステムを開発するのである。当然ながら、室内の雰囲気の変化なども検知対象にしている。本研究課題では、火災の前兆現象や小火(ぼや)等が発生する以前の「本来の意味の火災予防」を実現するシステムを目指している。言い換えれば、あたかも同居者が居て、お年寄りのちょっとした危険「こたつがつきっぱなしになっているよ」等の注意ができる環境を提供することである。

ここで、家族や関係者以外で見守りをする機関としては、緊急通報サービス会社を想定している。山口県では7割以上の自治体が民間委託型に移行している。

8 研究成果

図2に沿って、実施した研究開発の項目、研究内容、および予定した目標に対する進捗度を以下に示す。

① 電気製品の利用監視センサ

電気ストーブや電気こたつなど、火災の発生源になり得る電気機器の使用状況を監視する。具体的には、半導体磁気抵抗素子を用い、それを電源コードに挟み込むことによって、通電時に電源コードの周囲に発生する微弱的な磁場によって使用状況を検知する。

トラッキングは、通電センサと温度センサを組み合わせることで検知する。トラッキング時には不規則な漏電(リーク)による電流の流れが発生し、更にリークによって発生する熱を検知することによって判定する。

進捗度:100% 予定していた機能をほぼ満足した。

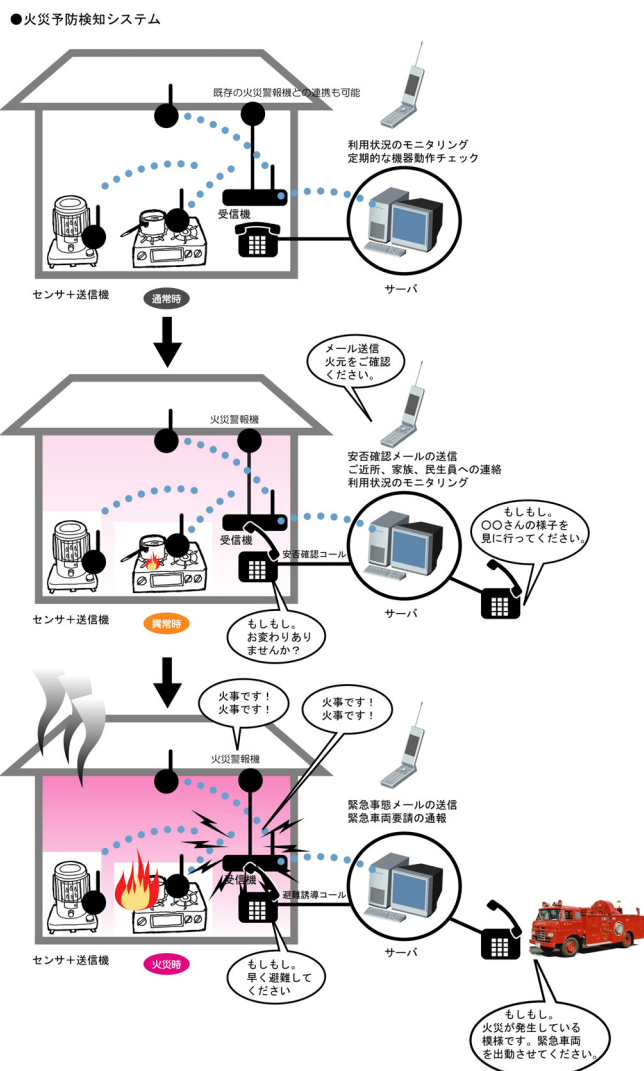


図1 システム概念フロー

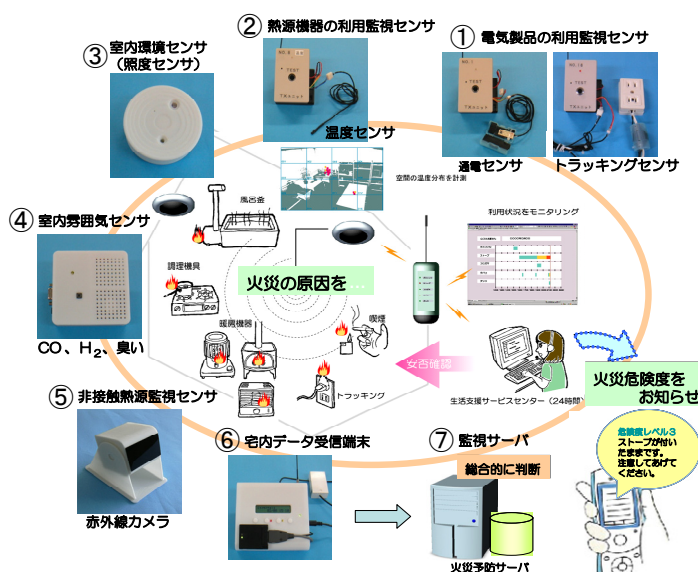


図2 システム概要

② 熱源機器利用状況監視センサ

石油ストーブなどの暖房器具やコンロなど、火災の原因の上位を占める熱源機器の利用状況を直接監視する。具体的には、半導体型の温度センサを対象機器の筐体（コンロなら五徳など）に装着し、筐体自身の温度変化を検知することで利用状況を監視する。

進捗度：100% 予定していた機能をほぼ満足した

③ 室内環境センサ(照度センサ)

室内の明るさは、高齢者の活動状況を推測する重要な特徴となる。この情報は、上記の利用監視センサの情報とあわせて活動状態の評価に用いる。

進捗度：100% 予定していた機能をほぼ満足した

④ 室内雰囲気センサ(CO,H₂,臭いセンサ)

一酸化炭素(CO)、水素(H₂)、空気汚れセンサを組み合わせ、居室の雰囲気を監視する。H₂はタバコ喫煙時に多く発生することから採用した。COは30ppm以上、H₂は1ppm以上を検知できるセンサを採用し、更に空気汚れ度を検知できるセンサを用いて室内の雰囲気を監視する。

進捗度：80% センサシステムとしてはほぼ予定していた機能を満足した。データ通信量をどのよう
に軽減させるかなどが課題

⑤ CCDセンサを用いた非接触熱源監視装置の開発

火災原因の中で最も多いもののひとつがタバコの火の不始末である。本センサは、CCDカメラを利用して、居室内の引火源になりうる熱源(タバコの消し忘れやコンロの消し忘れなど、200℃以上の熱源)を非接触かつ2次元的に監視する。

具体的には、CCDカメラに1000nm以上の波長を通過する近赤外線フィルタを装着し、室内の微小な熱源を検知し監視する。火源と熱源の識別にはオプティカルフロー6(時空間局所最適化法7))を応用した。装置自体は、動画像処理を行っているため、他のセンサより高価であるが、喫煙を嗜好する利用者には有効であると考えている。

進捗度：70% タバコの火の消し忘れ検知精度向上のための改良を継続して研究中である。画像処理を応用しているため、センサとして実用化するための解像度の軽減と検知精度の落とし込みが必要。

⑥ 受信端末の開発

各センサユニットから無線(有線)を通じて送信されてくるデータを受信し、遠隔に位置する監視サーバーへ送信する端末を開発した。宅内のデータ通信には微弱無線方式(出力1mw, 周波数315MHz)を採用した。これは、低コスト・低消費電力で電池駆動に適しているからである。また、特定無線設備技術基準適合証明も不要で、半径10m程度の通信距離を可能にすることで、平均的な一般住宅で通信可能にした。監視サーバー間の通信は、DoPa網を介して実験用監視サーバーへデータを送信する。DoPa網を用いた理由は、電話回線を占有することなく常時接続ができるからである。

進捗度：90% 予定して機能を全て満足している。現在は、フィールド実験を継続実施中で信頼向上のための改良を継続して研究中である。

⑦ 監視サーバーの開発

利用者宅から送信されてくる機器監視データ(各センサユニットから得られた機器の使用状況などをまとめたデータ)の収集機能、収集したデータを基に火災に至る危険度の判定を行う解析機能を有する。また、各機器の使用状況や火災危険度の判定結果などを閲覧する機能、

警報などをシステム利用者や利用者の関係者に発信する機能も保有している。これらの機能を実現するために、SQL データベースを中心とした複数のアプリケーションソフトウェアの開発を行った。

進捗度:80% 基本システムは完成している。雰囲気センサによる火災危険度解析部、利用監視センサによる火災危険度の解析部の精度向上のための研究を継続している。また、フィールド実験を継続実施している。

9 研究成果の活用状況

独居高齢者向け生活見守りシステム「k a d e m o (カデモ)」製品化開発

<実施予定企業> 発売元：周南マリコム（株），周南市

開発元：（有）コスモデザイン，宇部市

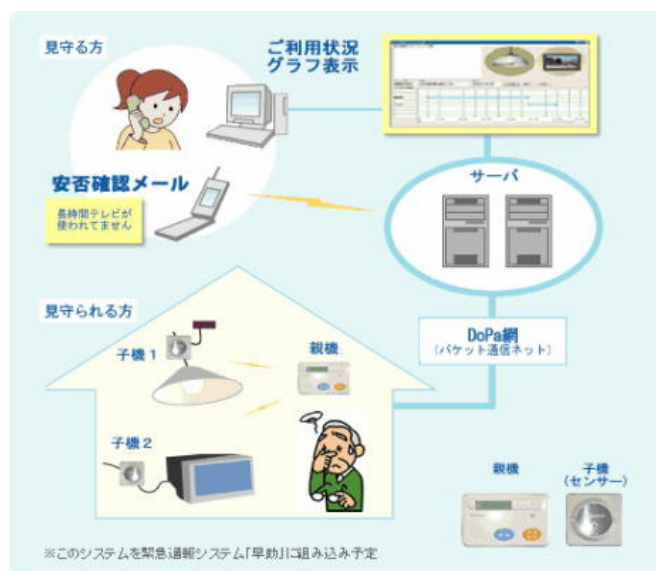
<発売時期> 平成18年7月

<概要>

開発した成果の一部である通電センサを用いた独居高齢者生活状況モニタリングシステムを研究開発と並行して進めてきた。具体的には、家電機器の電源ケーブルにセンサを挟み込むことによって、家電品の利用状況をモニタリングすることで見守りをするサービスである。

高齢者の緊急通報・生活支援サービス展開している周南マリコム株式会社（山口県周南市）が販売することとし、共同研究者である有限会社コスモデザインが製品化のための開発、技術指導・支援を山口県産業技術センターが担当している。製品が開発にあたっては、山口県が主導で推進している投資制度の「やまぐちドリームファンド」を周南マリコムが受けることで、開発資金の一部を調達している。

製品化に際しては、センサと宅内受信端末間の通信の信頼性を確保するために特定小電力無線方式(出力5~10mW)を採用し、宅内受信端末とサーバー間の通信は DoPa 通信網を利用する。本研究で開発したセンサユニットは、設置性を考慮して、センサと本体は分離型としているが、コスト低減のため、一体型とするなどの意匠の改良を重ねた。



センサモジュール



宅内受信端末

図3 実用化

10 外部発表の状況等

10.1 口頭発表等

- (1) 森 信彰, 松本佳昭, 吉木大司, 江 鐘偉: 火災予防のための熱源監視装置の開発, 日本機械学会年次大会, 2004. 9. 6
- (2) 吉木大司, 松本佳昭, 江 鐘偉: 家電製品の使用状況による見守り支援システムの開発, 日本機械学会年次大会, 2004. 9. 6
- (3) 松本佳昭, 森 信彰, 吉木大司, 中西政美, 三浦房紀, 江 鐘偉, 白石秀樹: 高齢社会に対応した火災予防検知システムの開発, 山口県産業技術センター研究報告会, 2005. 3. 10
- (4) 吉木大司: 電気設備稼働管理システム, 中四国公設試共同研究「情報・電子分野」第1回推進協議会, 2005/07/25
- (5) 森 信彰, 松本佳昭, 吉木大司, 江 鐘偉(山口大): 火災予防のための熱源監視装置の開発, (社)日本機械学会 2005 年年次大会, 2005/9/20
- (6) 松本佳昭, 森 信彰, 吉木大司, 金子陽介(山口大), 三浦房紀(山口大): 雰囲気モニタリングによる火災危険予測システムの開発, (社)日本機械学会 2005 年年次大会, 2005/9/20
- (7) 吉木大司, 松本佳昭, 江 鐘偉(山口大): 家電製品の使用状況による見守り支援システムの開発(第2報), 日本機械学会 2005 年度 年次大会(日本機械学会), 講演論文集 Vol.6 pp.69, 2005/09/20
- (8) 吉木大司, 松本佳昭, 江 鐘偉(山口大): 独居高齢者向け生活状況モニタリングシステムの開発, 生体医工学シンポジウム 2005(日本生体医工学会), CD-ROM, 2005/09/27
- (9) 松本佳昭, 吉木大司, 森 信彰: 高齢社会に対応した火災予防検知システムの開発, 産業技術連携推進会議第7回福祉技術シンポジウム, pp.25-28, 2005/09/28
- (10) 森 信彰, 松本佳昭, 吉木大司, 江 鐘偉(山口大): 火災予防のための熱源監視装置の開発, 平成 17 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2005/10/22
- (11) 松本佳昭, 森 信彰, 吉木大司, 金子陽介(山口大), 三浦房紀(山口大): 雰囲気モニタリングによる火災危険予測システムの開発, 平成 17 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2005/10/22
- (12) 吉木大司: 高齢社会に適応した火災予防検知システムの開発, 産業技術連携部会情報・電子部会 中国四国地域部会, 2006/01/26
- (13) 吉木大司: 電気設備稼働管理システム, 中四国公設試共同研究「情報・電子分野」第2回推進協議会, 2006/01/27
- (14) 大崎匡浩(山口大), 江 鐘偉(山口大), 渡辺哲陽(山口大), 崔 三晋(山口大) 趙 嘉斌(山口大) 松本佳昭(山口産技): 複数ガスセンサによる火災検知システムの開発, 中国四国支部第 44 期総会・講演会, 2006/03/07
- (15) 松本佳昭, 吉木大司, 森 信彰: 高齢社会に対応した火災予防検知システム(第2報), 山口県産業技術センター研究発表会, 2006/03/07
- (16) 森 信彰, 松本佳昭, 吉木大司, 江 鐘偉(山口大): 火災予防のための熱源監視装置の開発, 電子情報通信学会 2006 年総合大会, 2006/03/24
- (17) Jiabin Zhao, Zhongwei Jiang, Samjin Choi, Nobuaki Mori, and Yoshiaki Matsumoto:

Development of a Fire Detector with Multiple Smell Sensors, The 3rd China-Japan Conference on Mechatronics (CJCM), Sep.11. 2006, Fuzhou, FuJian, P.R.China

- (18) 松本 佳昭, 森 信彰, 吉木 大司, 江鐘偉, 白石秀樹: 家電製品の利用状況による生活モニタリングシステムの開発と製品化, 第8回福祉技術シンポジウム, 2006/9/27
- (19) 金子陽介(山口大), 森 信彰, 松本佳昭, 吉木大司, 三浦房紀(山口大): 霧囲気モニタリングによる火災予防検知システムの開発, 平成 18 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2006/10/21
- (20) 吉木大司, 茨久和(山口大), 森信彰, 松本佳昭, 金子陽介(山口大), 三浦房紀(山口大): 家電製品使用状況からの日常生活度の解析, 平成 18 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2006/10/21
- (21) 森信彰, 松本佳昭, 吉木大司, 江鐘偉(山口大): 火災予防のための熱源監視装置の開発第二報, 平成 18 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2006/10/21

10.2 報道等

① テレビ報道等

- (1) 中小企業を支援します(研究事例紹介), テレビ山口, 元気です! 山口, 2005/08/13
- (2) 高齢者を火災から守る, NHK 山口, おはようちゅうごく, 2005/09/06
- (3) 高齢者を火災から守れるか, フジテレビ, めざましどようび, 2006/01/14
- (4) 家電製品の使用状況から安否を確認, NHK, おはよう日本(中国地方コーナー), 2006/03/31

② 新聞報道など

- (1) 読売新聞 「お年寄りを火災から守れ」 2004.04.13
- (2) 山口新聞 「高齢者守る火災検知システム来年度中に実用化めど」 2005.03.11
- (3) 中国新聞 「作動を感知メール送信 家電製品で安否を確認」 2005.04.05
- (4) 宇部日報 「12 研究の成果を披露 火災予防探知など注目」 2006.03.08

11 知的財産権の出願・登録状況等

11.1 取得特許

(1) 家電機器利用モニタリング装置

特許第 3793774 号(特開 2003-281655)

・出願人

山口県、(株) ヨシミエレクトロニクス、見山友祐、周南マリコム (株)

・概要

通電センサを利用した生活モニタリング装置に関する

(2) 生活状況モニタリングシステム

特許第 3787580 号(特開 2004-86383)

・出願人

山口県、周南マリコム (株)

- ・概要

通電センサを利用した生活モニタリングシステムとサービス提供方法に関する

1 1. 2 審査請求中特許

(3) 通電状態管理システム

特開 2005-094526

- ・出願人

山口県、周南マリコム（株）

- ・概要

通電センサを利用した、事業者向け電気機器・簡易稼働管理システムとサービス提供方法に関する

1 1. 3 出願済み特許

(4) 火災予防システム

特開 2006-72863

- ・出願人

山口県

- ・概要

CCD カメラを利用した火災危険度監視システムに関する

(5) 火災予防監視支援システム

特開 2006-285702

- ・出願人

山口県

- ・概要

ガスセンサ、通電センサ、温度センサ、照度センサ、CCD カメラセンサなどを組み合わせることによって火災を未然に防ぐシステムに関する

(6) 日常生活度解析システム

特願 2006-287035

- ・出願人

山口県

- ・概要

ガスセンサ、通電センサなど、生活用具の利用状況から、日常生活における普段度をパターン化することによって日常生活度を評価するシステムに関する

1.2 当該研究に対する今後の展開、意見等

システムの機能としては、開始当初の予定を概ね達成出来たのではないかと考えている。フィールド実験を含めた信頼性の詳細な検証は、平成18年度以降も独自に研究を継続する予定にしている。

また、平成16年度より、開発と並行して、製品化のための普及活動を積極的に推進してきたことの結果として、一部機能ではあるが、高齢者の生活状況の見守りシステムとして実用化が決定しており、製品化開発と製造の準備を進めてきている。成果の実用化として、まず一步を踏み出すことが出来た。関連特許の取得も予定通り達成した。

本システムは、火災の発生を報知するものではなく、火災の前兆(またはヒヤリハット)を住民や離れた家族などの関係者への認知を支援するものであるため、従来の考え方で火災警報機としての認定は難しい。しかしながら、火災だけでなく安否確認や防犯、更には生活状況の変化から体調の推定など生活全般に係わる新たな安全見守りシステムとして今後も研究を継続する予定である。更には、本システムは、高齢者だけでなく、障害者や共働き家庭の年少者の見守り、事業所等の遠隔モニタリングなど対象毎に機能を精査したシステムを提案していく予定である。この方向性は、今年の1月に経済産業省が発表した「人間生活技術戦略 2006」の中で日常生活の行動・生理を見守る技術『家族みんなが安心して暮らせる』技術の高齢者・乳幼児の日常生活の計測システムのロードマップに2010年実用化目標とされているものと一致している。

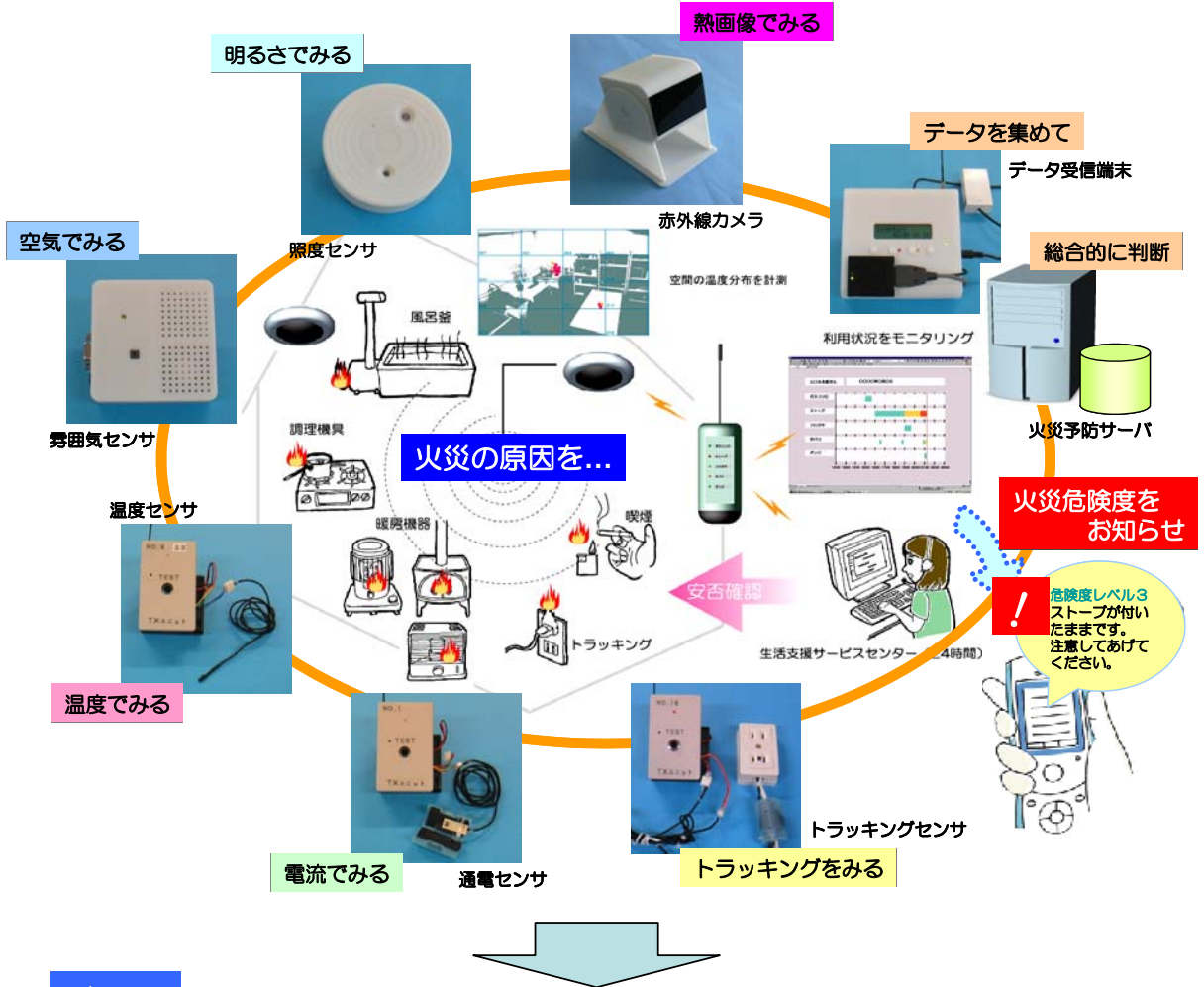
最後に、山口県では平成18年度から新規事業として、高齢者・乳幼児がより安心して暮らせるための、生活安全見守りシステムとして、平成20年度の完全実用化を目指して研究を継続する予定である。

高齢社会に対応した火災予防検知システムの開発

目的

本システムは、火災のヒヤリハットや火災の前兆をセンサで捉えることによって、火災の発生を未然に防ぐことが目的です。つまり、ITを活用することによって、離れて暮らす家族が、一人暮らしのお年寄り（ご両親）の生活状況をきめ細かく（まるで同居しているかのように）見守ることを可能にするシステムを目指しています。

具体的には、火災原因の多くを占めるたばこの火の不始末、ストーブなどの暖房器具、電気器具、調理器具などの利用状況や室内の雰囲気（一酸化炭素、二オイ、明るさ）を総合的に評価して、火災発生の危険度をレベル評価します。



成果

火災予防検知システムのプロトタイプの開発を中心に、センサユニットなどの筐体デザイン的设计、システムの有効性を検証するためのフィールド実験などを行いました。その結果、本システムにより、火災の前兆現象を捉えることができることを確認しました。

また、火災予防という一機能だけではなく、安否確認や防犯用途にも本システムを利用することができるため、まだ機能の一部ですが、高齢者の生活状況を見守るためのシステムとして製品化が進んでいます。

今後は、この成果の実用化を目指すために、フィールド実験による信頼性などの検証を含め、独自に研究を継続する予定です。

生活状況モニタリングシステム



宅内データ受信端末

センサユニット

【2.3 避難安全の高度化を目的とした避難者タイプの設定とその適用に関する研究】

研究実施期間	平成16年度～平成17年度
配分額(千円)	3,557(平成16年度)、3,744(平成17年度)
研究代表者	海老原学
所属機関	東京理科大学総合研究機構火災研究センター
研究体制	産・学
研究概要	<p>様々なタイプの避難者を混在させて避難安全性の評価を行おうとするシミュレーション技術の開発が望まれている。そこで、本研究では、建築物用途の違いに応じた避難者タイプの違いを把握するため、避難行動特性に関するアンケート調査を実施し、用途別の避難者タイプ比率を定量的に捉えることを目的とした。</p> <p>高層の事務用途、大規模百貨店、高層の集合住宅について、アンケートを行った結果、ある状況に対して異変または火災だと判断しやすく、その状況下ではすぐに逃げる可能性が高い在館者である「避難型」と、避難型に当てはまらない在館者である「非避難型」に分類した。「非避難者」において、火災覚知後の初期行動タイプ分類として、①単独避難準備型、②集団避難準備型、③火災状況収集型、④消火活動準備型の4タイプに分類した。また、初期避難方向決定における分類として、(1)習慣性型、(2)追従性型、(3)回避性型、(4)情動性型の4タイプに分類した。避難シミュレーションを行う場合に活用する避難者行動特性を明らかにした。</p>
研究成果の活用事例	特定または不特定多数が利用する施設における避難シミュレーション
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・利用者が特定される施設→避難開始が遅くなる傾向に配慮した対策 ・火災や避難に関する情報がないと行動できないといったタイプの避難者が比較的多い施設→的確な避難誘導放送のあり方などの検討
キーワード	避難者タイプ、避難シミュレーション、避難型、非避難型
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトプットにより、実用化等へ向けてさらに研究開発を行うことが期待される。避難者の行動心理を加味して、避難シミュレーションを構築しようとする試みは評価できる。今後は、アンケート結果による避難行動の予測だけではなく、実火災とも比較しつつシミュレーションの構築を行って欲しい。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究成果報告

1. 研究課題名

避難安全の高度化を目的とした避難者タイプの設定とその適用に関する研究

2. 研究実施期間

平成 16 年度～平成 17 年度(2 年間)

3. 研究代表者名

海老原 学

4. 研究代表者所属機関

学校法人東京理科大学総合研究機構火災科学研究センター

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

なし

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

早稲田大学人間科学部人間環境科学科 佐野友紀

東京理科大学理工学部建築学科 大宮喜文

清水建設(株)技術研究所 掛川秀史

7. 研究課題の要旨

建築物における火災発生時に在館者の人命安全を確保することは重要な要件となっている。ところで、コンピュータ利用の高度化に伴って、様々なタイプの避難者を混在させて避難安全性の評価を行おうとするシミュレーション技術の開発が望まれている。しかし、避難者は性別、年齢、行動能力など多用な属性に分類されるが、建築物用途の違い等によってはその避難者の属性の比率等も異なると考えられると同時に、こういった避難者行動特性をコンピュータ・シミュレーション・モデルの中で取り扱ったらよいかは明確になっていないのが現状である。

そこで、本研究では建築物用途の違いに応じた避難者タイプの違いを把握するため、避難行動特性に関するアンケート調査を実施し、用途別の避難者タイプ比率を定量的に捉えることを目的とした。なお、アンケート調査を実施した対象は、高層の事務所用途、大規模百貨店、高層の集合住宅である。

8. 研究結果

アンケート調査結果に基づき、「避難型」と「非避難型」に分類することにした。ここでいう「避難型」とは、「ある状況に対して異変または火災だと判断しやすく、その状況下ではすぐに逃げる可能性が高い在館者」と定義し、「非避難型」とは、この定義に当てはまらない在館者として取り扱うことにした。そして、「非避難型」においては、火災覚知後の初期行動のタイプ分類として下記の 4 タイプに分類した。

① 単独避難準備型：単独で安全に避難できるような準備行動をするタイプ

② 集団避難準備型：他の人と行動を共にしようとするなどの準備行動をするタイプ

③ 火災状況収集型：避難行動をとるにあたって火災の状況や避難情報を収集する行動をするタイプ

④ 消火活動準備型：自ら消火・防火活動に参加するタイプ

また、初期避難方向決定におけるタイプとしては、下記に示す4タイプに分類した。

① 習慣性型：習慣や記憶を頼りに避難経路を選択するタイプ

② 追従性型：自ら避難経路を選択せずに他の人等の支持に従う、あるいは他の人に付いて行動するタイプ

③ 回避性型：人間の感覚(視覚・聴覚など)を判断基準として避難経路を選択するタイプ

④ 情動性型：反射的あるいは直感的に避難経路を選択するタイプ

最終的に用途別に避難者タイプ分類結果をまとめたものを表1～3に示す。

表1 百貨店における総合避難者タイプ

		習慣性	追従性	回避性	情動性
避難型		8%	7%	7%	3%
非 避 難 型	単独避難準備	6%	10%	12%	3%
	集団避難準備	5%	5%	6%	1%
	火災状況収集	6%	9%	8%	1%
	消火活動従事	1%	1%	1%	0%

表2 事務所における総合避難者タイプ

		習慣性	追従性	回避性	情動性
避難型		3%	4%	3%	0%
非 避 難 型	単独避難準備	2%	9%	9%	3%
	集団避難準備	4%	8%	9%	1%
	火災状況収集	3%	22%	16%	2%
	消火活動従事	0%	2%	2%	0%

表3 集合住宅における総合避難者タイプ

		習慣性	追従性	回避性	情動性
避難型		1%	0%	2%	0%
非 避 難 型	単独避難準備	2%	8%	8%	0%
	集団避難準備	5%	17%	11%	1%
	火災状況収集	5%	20%	15%	2%
	消火活動従事	0%	1%	2%	0%

9. 研究成果の活用状況等

現在、新たな避難シミュレーションモデルの開発を進めているが、その中で、今回得られた避難者タイプを取り扱えるようにする方向で検討を進めている。

10. 研究発表の状況等

(1) 中野陽介, 大宮喜文, 海老原学, 佐野友紀, 掛川秀史, 「建築物の避難安全性評価に求められる避難者タイプの設定に関する研究」, 日本建築学会関東支部研究報告集, 2005. 3

(2) 中野陽介, 海老原学, 中村征二, 佐野友紀, 大宮喜文, 掛川秀史, 「アンケート調査結果に基づく避難行動特性の違いについて 火災時の建物用途別避難行動特性の解明(その1)」, 日本火災学会研究発表会概要集, 2005. 5

(3) 海老原学, 中野陽介, 中村征二, 佐野友紀, 大宮喜文, 掛川秀史, 「アンケート調査結果に基づく避難者タイプ分類 火災時の建物用途別避難行動特性の解明(その2)」, 日本火災学会研究発表会概要集, 2005. 5

(4) 中野陽介, 海老原学, 大宮喜文, 佐野友紀, 掛川秀史, 「アンケート調査結果に基づく避難行動特性の違いについて」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2005. 9

(5) 海老原学, 中野陽介, 佐野友紀, 大宮喜文, 掛川秀史, 「アンケート調査結果に基づく避難行動特性の違いについて 火災時の建物用途別避難行動特性の解明(その3)」, 日本火災学会研究発表会概要集, 2006. 5

11. 知的財産権の出願・登録状況等

特記すべき事項なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

本研究においては、避難行動に関して「出火→火災覚知→避難」という時刻暦の展開に着目して事務所、百貨店、集合住宅の3つの用途を対象にアンケート調査を行い、避難者タイプの分類を行った。結果として、一般に利用者が特定される施設(例えば、事務所や集合住宅用途)においては、避難開始が遅くなる傾向にあり、安全評価上その点に配慮した判断が必要となると言える。また、火災や避難に関する情報がないと行動できないといったタイプの避難者が比較的多い施設においては、早期の火災発見と同時に、早期の情報伝達が必要であり、的確な避難誘導放送のあり方などを検討する必要があると言える。

ここでの一連の避難者タイプ分類に関する検討結果を生かすための一つの方法論としてコンピュータ・シミュレーション・モデルの利用が考えられるが、こういったアルゴリズム等でコンピュータに実装するかの検討が必要である。一方で、避難行動における意思決定過程のモデル化のみならず、避難行動をより実際に近い形でコンピュータ上に再現するためには、避難行動上の各種係数(例えば、歩行速度や開口部における流動係数)に関して、より多くのデータの収集を行うことも重要とえている。

避難安全の高度化を目的とした避難者タイプの設定と
その適用に関する研究
(参考資料)

海老原 学

東京理科大学 総合研究機構 火災科学研究センター

1. はじめに

近年では、コンピュータ性能のめまぐるしい発達により、避難安全検証はシミュレーションモデルを用いて検証されるようになってきた。しかし、避難シミュレーションモデルに導入されるべき避難行動モデルが明確になっていないのが現状である。

そのような背景の中、本研究では、過去に実施された避難者特性を把握するためのアンケート調査票を参考に、火災覚知方法、火災覚知後の初期行動、選択する避難経路などの火災時の避難行動特性を調査するためのアンケート調査票を作成し、アンケート調査を実施した。そして、得られたアンケート調査結果に基づいて、 χ^2 乗検定や数量化Ⅲ類等の統計解析手法を用いて建物用途ごとに避難者タイプの存在比率を定量的に捉えることを試みた。

ここでの検討の流れを図1に示す。

2. アンケート調査票の作成

2.1. アンケート調査票の作成方針

既往のアンケート調査事例を参考に、百貨店と事務所、集合住宅を調査対象としたアンケートを実施した。これら用途の選択理由は、不特定多数者が存在する用途である百貨店、特定多数者が存在する事務所、就寝の伴う日常空間である集合住宅を比較するためである。

また、本アンケートは、火災後のアンケートとは異なり、実際には火災を経験していない被験者を対象としたアンケートであるため、百貨店についてアンケート調査する際は百貨店内で実施し、事務所についてアンケート調査する際は事務所内で実施するなどの配慮をし、それぞれの用途に合うよう適切に在館者対応シナリオを設定した。

2.2. アンケート調査票

以下にアンケート調査票の詳細を示す。

質問1：火災覚知と異変感知

視覚、聴覚、嗅覚等で火災を感じると感覚的な要因と、他者からの伝達により火災を感じると要因を在館者対応シナリオとして用意し、「火事だと思う」、「異変を感じる」、「特に気にしない」の3つの選択肢を設け、火災覚知要因、異変感知要因について明確にした。

質問2：火災覚知後の避難の有無

質問1と同一の在館者対応シナリオに対し、「すぐに逃げる」「様子を見る」、「特に何もしない」の3つの選択肢を設け、質問1と比較することで後の3.3.での「避難型」と「非避難型」の分類が行えるようにした。

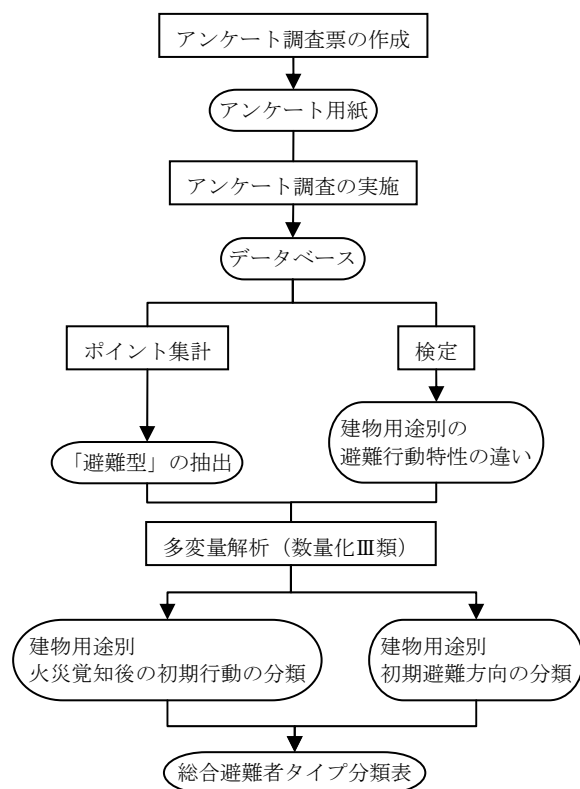


図1 研究フロー

質問3：火災覚知後の避難以外の初期行動

「火災覚知」、または「異変感知」後にすぐに避難しない人を対象に、すぐに避難しない理由を在館者対応シナリオとして設けた。

質問4：避難経路選択

避難方向、避難経路選択の性質について、「いつも使っている出入り口や階段の方向へ向かう、もどきた方向に戻る（帰巢本能、日常動線志向）」、「先行する避難者に追従し、合流しようとする。人の声や指示に無批判に従う（追従本能）」、「明るい方向、開かれた方向に向かう（指光本能）」、「一番近くの階段や経路を選ぶ（至近距離選択性）」等を参考に在館者対応シナリオを作成した。

3. アンケート調査結果

3.1. アンケート調査の実施場所と集計数

本アンケート調査では、以下のとおり、百貨店2箇所、事務所2箇所、集合住宅1箇所の計5箇所で行った。

①百貨店アンケート

東京都中央区大型百貨店 198 票
東京都中央区大型百貨店 88 票
百貨店計 286 票

②事務所アンケート

東京都新宿区高層複合ビル事務所棟 142 票
東京都新宿区高層複合ビル事務所棟 191 票
事務所計 333 票

③集合住宅アンケート

東京都江東区集合住宅 302 票
集合住宅計 302 票

3.2. アンケート回答者の属性

図2に建物用途別に回答者の属性を示した。百貨店では女性が多く、事務所では男性が多い割合であった。一方、集合住宅では男性と女性の比率がほぼ同じであった。年齢層は百貨店が未成年、年配者が少数だが存在するが、事務所では存在していない。集合住宅では65歳以上の回答者が3割を越す結果となった。

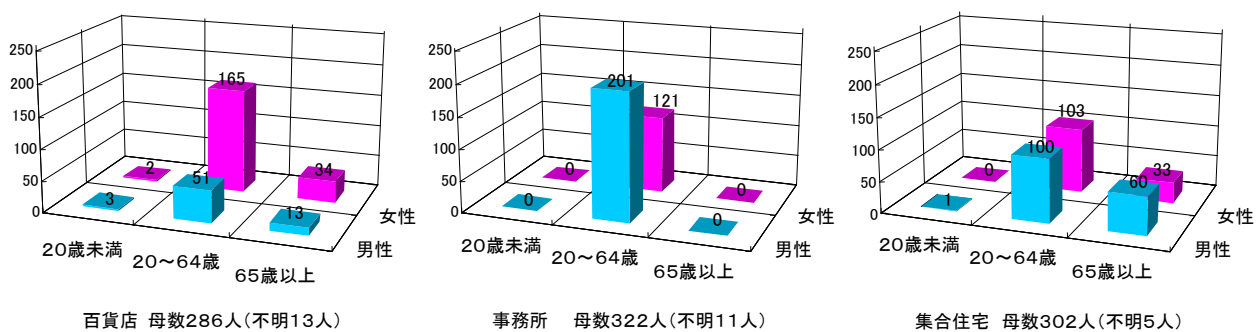


図2 回答者の属性

3.3. 「避難型」と「非避難型」の分類方法と結果

「避難型」と「非避難型」の分類フローを図3に示す。ここで「避難型」とは、「ある状況に対して異変または火災だと判断しやすく、その状況下では、すぐに逃げる可能性が高い在館者」と定義した。そして、「非避難型」については「避難型に該当しない在館者」と定義した。

避難型の分類として、事務所アンケートと百貨店アンケートを合わせた全体を母集団とし、質問1において「火事だと思う」または「異変を感じる」と回答した項目についてどのくらいの割合で質問2では「すぐに逃げる」と回答しているのかを求める（図4左）。ここで、図4左の80%を超える領域の回答者は「火災覚知後にすぐに避難する可能性の高い」グループと判断し「避難型候補者」とする。

次に、避難型候補者から「火災覚知」と判断しやすい在館者を決定するために、18個の在館者対応シナリオのうち「火事だと思う」または「異変を感じる」を「避難型候補者」がいくつ回答したのかを調べて回答個数ごとの人数分布を示したグラフを図4右に示し、斜線の領域のグループを「避難型」とした。それ以外のグループを「非避難型」とする。

図5は「避難型」と「非避難型」の分類結果である。

集合住宅において「避難型」が3%と少なく、百貨店は24%と多い結果となった。

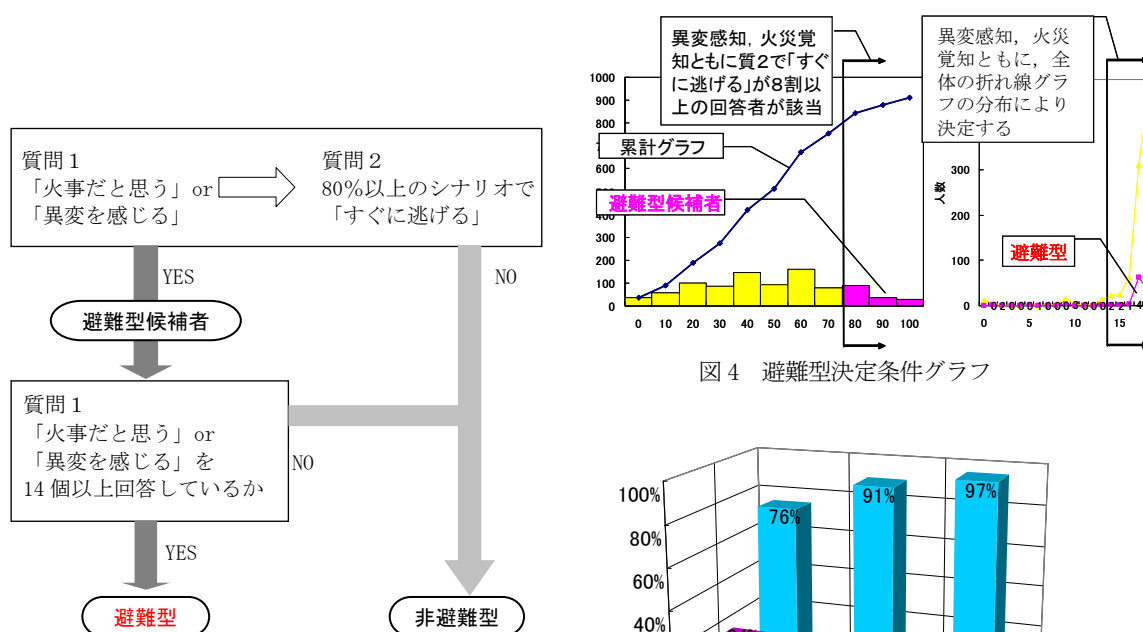


図4 避難型決定条件グラフ

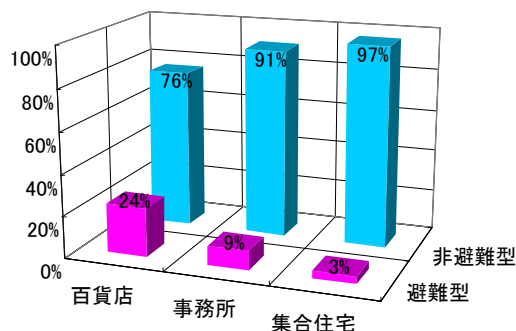


図5 建物用途別「避難型」の分類結果

3.4. 建物用途別避難行動特性の違い

3.4.1. 火災覚知後の初期行動の分類

質問3のすべての在館者対応シナリオに対し、「火災覚知後の初期行動は建物の用途間で差があると言えるか」という仮定で独立性の検定 (χ^2 乗検定) をおこなった。

その結果、ほとんどの在館者対応シナリオで独立性がみとめられた。そして、どの建物用途に違いがあるのかをまとめたものを表1に示した。

表1 初期行動に関する在館者対応シナリオの検定結果

在館者対応シナリオ	1%有意で多いと検定			有意差なし
	百貨店	事務所	集合住宅	
①避難する人々の混乱に巻き込まれないため	○			
②避難する経路を見渡すため	○			
③出火場所を確認するため			○	
④他人の行動の様子を見るため	○			
⑤出火場所が分からないと動けないため			○	
⑥避難誘導の指示を待つため		○		
⑦窓の外を見て煙や火の状況を確認するため			○	
⑧次の非常放送が流れるのを待つため		○		
⑨まとまって大勢で避難するため	○			
⑩一緒に逃げてくれる人を探すため			○	
⑪他の人を安全なルートへ誘導、指示するため		○		
⑫他の人に火事だと知らせるため				○
⑬混乱させないように、他の人を落ち着かせるため				○
⑭出火場所で火を消すため				○
⑮消火器、バケツ、ホースを探すため				○
⑯消防機器を操作するため				○
⑰消防署に火事だと電話するため				○

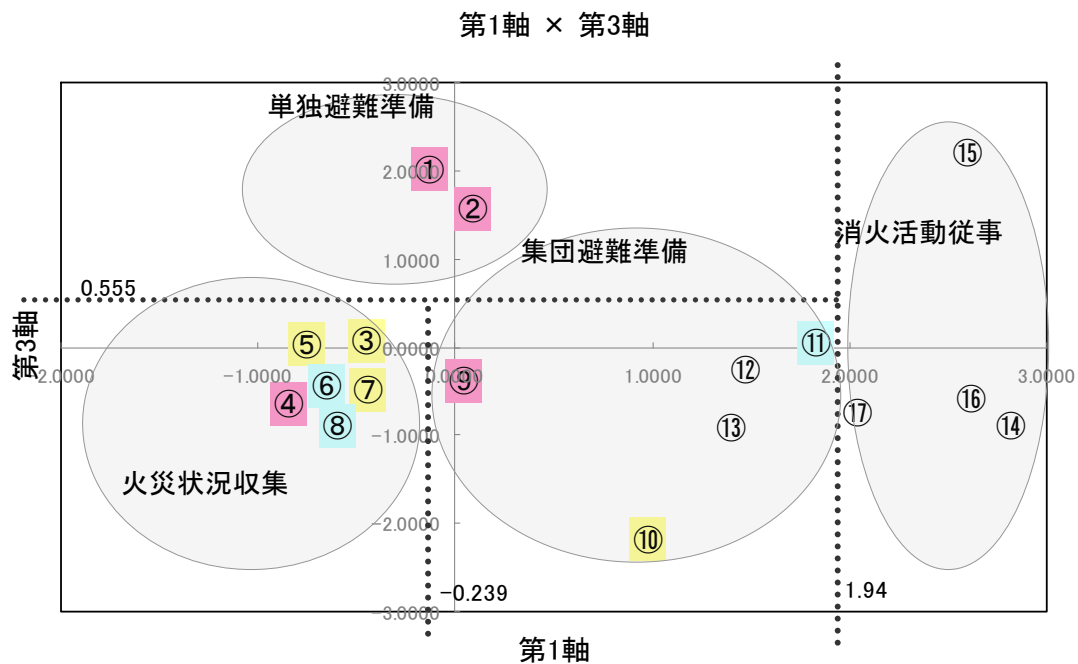


図6 カテゴリー数量の散布図

続いて、火災覚知後の初期行動の分類をおこなうために数量化分析（Ⅲ類）をおこなった。

軸読みの結果「責任行動－非責任行動」と解釈できそうな第1軸（寄与率 15.60%）と、「避難開始時間が早い－遅い」軸と解釈できそうな第3軸（寄与率 8.17%）を採用することとした。そして、各在館者対応シナリオのカテゴリー数量から散布図を作成した。（図6）。その図からわかるようにここでの分析においては、火災覚知後の初期行動を建物用途別に分類できないということがわかった。

ただし、その散布図に基づき、火災覚知後の初期行動分類として、「単独避難準備」、「集団避難準備」、「火災状況収集」、「消火活動従事」の4つのグループに分類できると判断した。

また、図6の点線は4グループ間の領域分割を示している。境界線の決定は、それぞれ隣り合う在館者対応シナリオのカテゴリー数量間に分布する回答者のサンプルスコアの中央値を採用した。

そして、図7は各領域に分布する回答者のサンプルスコアをカウントして建物用途別に火災覚知後の初期行動分類を行った結果である。そして、これをクロス集計表の残差分析にかけたものが表2である。

図7と表2により、火災覚知後の初期行動分類との対応で百貨店においては、「単独避難準備」の比率が高く、「火災状況収集」の比率が低い傾向があり、クロス集計表の残差分析の結果、両数値は1%有意となっている。つまり、百貨店においては避難開始時間としては早くなる傾向にあるといえる。一方で、事務所においては「火災状況収集」の比率が高いものの、クロス集計表の残差分析の結果、他用途との有意差は1%に達していない。また、集合住宅においては、「集団避難準備」が他用途に比べて比率が高く、「単独避難準備」の比率が低い傾向があり、クロス集計表の残差分析の結果、両数値は1%有意となっている。このことから集合住宅の避難開始時間はどちらかという遅めになる傾向があるといえる。

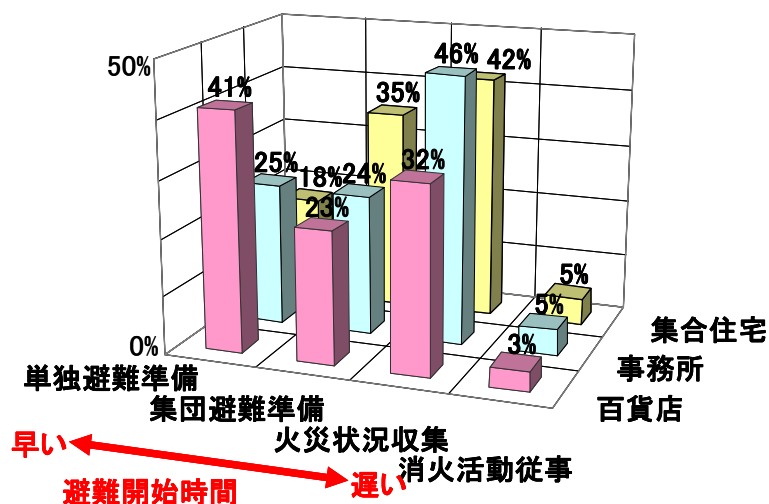


図7 建物用途別初期行動の分類

表2 初期行動分類の検定結果

独立性の検定

χ ² 乗値	自由度	P 値	判定
39.44805106	6	0.0000	1%有意

クロス集計表の残差分析

○: 1%の優位差が多いといえる

○: 1%の優位差が少ないといえる

	百貨店	事務所	集合住宅
単独避難準備	○		○
集団避難準備			○
火災状況収集	○		
消火活動従事			

表3 避難経路選択に関する在館者対応シナリオの検定結果

在館者対応シナリオ	1%有意で多いと検定			有意差なし
	百貨店	事務所	集合住宅	
① 普段利用している方向	○		○	
② 非常口誘導灯が見える方向	○			
③ 見えている煙から遠くなる方向	○			
④ 避難誘導で指示された方向		○		
⑤ 避難している人が多い方向				○
⑥ 明るい場所に出られる方向			○	
⑦ 直線的に視界が開けている方向	○			
⑧ 広い場所に出られる方向				○
⑨ 最初に目についた方向			○	
⑩ 無我夢中で避難するためわからない	○			

第1軸 × 第3軸

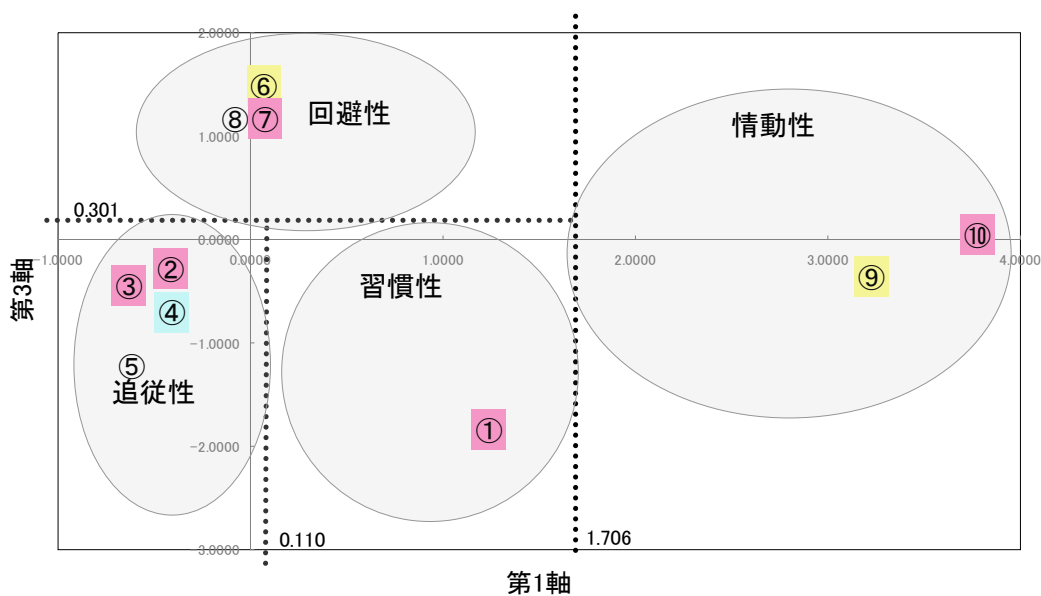


図8 カテゴリー数量の散布図

3.4.2. 避難経路選択の分類

質問4の「避難経路選択」に関する在館者対応シナリオに対しても質問3のときと同様に独立性の検定をおこなった。その結果を表3に示す。

続いて、避難経路選択の分類のため、数量化分析(Ⅲ類)をおこなった。軸読みの結果、「危険回避に対する冷静さの度合い」を示していると考えられる第1軸(寄与率19.94%)と「避難方向の決定に対する直感性の度合い」を示していると考えられる第3軸(寄与率14.33%)を採用した。

そして、質問3と同様に避難経路選択に関する各在館者対応シナリオのカテゴリー数量に基づく散布図を作成した。(図8)。その図からわかるようにここでの分析でも、避難経路選択の違いを建物用途別には分類できなかった。

ただし、その散布図に基づき、避難経路選択の分類として、「習慣性」、「追従性」、「回避性」、「情動性」の4つのグループに分類できると判断した。

領域分割方法は質問3のときと同様である。

図9は建物用途別に避難経路選択の分類における4つのグループの比率を算定した結果を示している。また、表4はここで得られた数値に関してクロス集計表の残差分析をした結果である。

図9と表4により、避難経路選択の分類との対応で、全体的に「追従性」と「回避性」の比率が高いことがわかる。また、建物用途別にみると、百貨店において、「習慣性」の比率が高く、「追従性」の比率が低い傾向があり、クロス集計表の残差分析の結果、両数値は1%有意となっている。一方、事務所では「習慣性」の比率が低く、クロス集計表の残差分析からも1%有意となっている。また「回避性」、「情動性」に関しては建物用途別の違いが見られない結果となった。

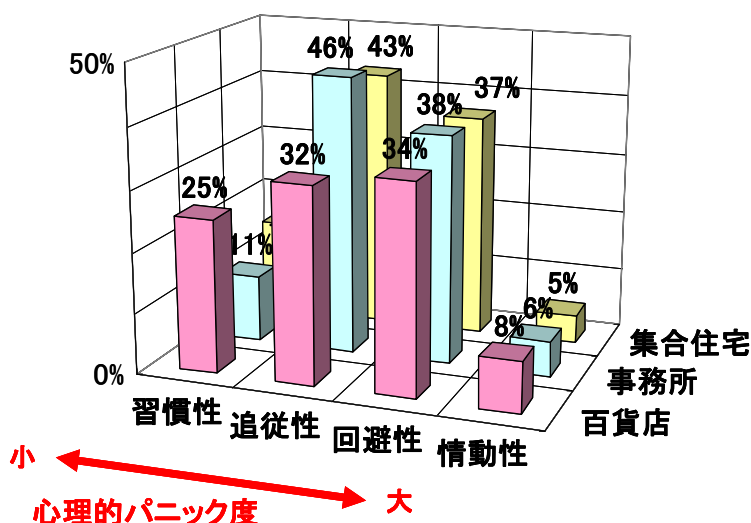


図9 建物用途別避難経路選択の分類

表4 避難経路選択分類の検定結果

独立性の検定

χ ² 乗値	自由度	P 値	判定
29.341329	6	0.0001	1%有意

クロス集計表の残差分析

○:1%の優位差で多いといえる
 ○:1%の優位差で少ないといえる

	百貨店	事務所	集合住宅
情動性			
回避性			
追従性	○		
習慣性	○	○	

3.5. 建物用途別総合避難者タイプの分類と比率

以上の結果を踏まえ、用途ごとに避難者の行動特性を「火災知覚後の初期行動」と「避難経路選択」に分け、分類を行った結果を表5、表6、表7に示す。

百貨店では、「単独避難準備」の比率が多く、事務所では、「火災状況収集」と「追従性」の比率が多い傾向があり、集合住宅では「集団避難準備」と「火災状況収集」の比率が多い傾向にあることがわかる。

表5 百貨店における総合避難者タイプ比率

		習慣性	追従性	回避性	情動性
避難型		8%	7%	7%	3%
非 避 難 型	単独避難準備	6%	10%	12%	3%
	集団避難準備	5%	5%	6%	1%
	火災状況収集	6%	9%	8%	1%
	消火活動従事	1%	1%	1%	0%

表6 事務所における総合避難者タイプ比率

		習慣性	追従性	回避性	情動性
避難型		3%	4%	3%	0%
非 避 難 型	単独避難準備	2%	9%	9%	3%
	集団避難準備	4%	8%	9%	1%
	火災状況収集	3%	22%	16%	2%
	消火活動従事	0%	2%	2%	0%

表7 集合住宅における総合避難者タイプ比率

		習慣性	追従性	回避性	情動性
避難型		1%	0%	2%	0%
非 避 難 型	単独避難準備	2%	8%	8%	0%
	集団避難準備	5%	17%	11%	1%
	火災状況収集	5%	20%	15%	2%
	消火活動従事	0%	1%	2%	0%

4. まとめ

本研究では、避難安全性の高度な検証手法の構築を目指す上で不可欠な建築物用途の違いによる避難者の属性の分類、手法を提案し、百貨店、事務所、および集合住宅でのアンケート調査によって、建物用途の違いで避難行動特性に違いがあることを確認した。

また、建物用途ごとに総合避難者タイプ分類表を作成し、建物用途別に避難者タイプの比率を定量的に明らかにしたことによって、今後の避難シミュレーションモデルに関する研究の発展につながることを期待される。

[参考文献]

[1] 中野他：アンケート調査結果に基づく避難行動特性の違いについて 火災時の建物用途別避難行動特性の解明（その1），平成17年度日本火災学会研究発表会概要集，平成17年5月

海老原他：アンケート調査結果に基づく避難タイプ分類 火災時の建物用途別避難行動特性の解明（その2），平成17年度日本火災学会研究発表会概要集，平成17年5月

[2] 神戸大学 都市安全研究センター 北後明彦：火災調査の歴史－建築物の避難安全計画に果たしてきた役割

[3] 大成建設 技術センター：日本における避難に関する研究の系譜

[4] 室崎益輝：現代建築学 建築防災安全，鹿島出版

【2.4 防災のための高信頼性ガスセンサの開発】

研究実施期間	平成16年度～平成17年度
配分額(千円)	17,818(平成16年度)、18,418(平成17年度)
研究代表者	石原達己
所属機関	九州大学工学研究院応用科学部門
研究体制	学
研究概要	<p>火災警報器の高信頼性を目的とした良好な感度と選択性を有する CO₂ センサおよび炭化水素センサについて検討した。</p> <p>具体的には、静電容量型 CO₂ センサの高性能化、ガス漏れ警報器用の炭化水素センサを開発した。</p> <p>CO₂ センサについて、感度をさらに向上させるために添加物の影響を検討するとともに、簡単なLC回路を用いる測定システムを試作し、長期特性を評価した。さらに、ガス漏れ警報器の信頼性向上のため、固体電解質の酸素ポンプ電流を用いる電流検出型センサを開発した。電極を最適化することで、電流密度が炭化水素とともに大きく変化し、良好な可燃性ガス、特に C₃H₈とCH₄の検知特性を示すことを明らかにした。</p>
研究成果の活用事例	火災警報器やガス漏れ警報器のセンサとして活用
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・高信頼性火災警報器 ・可燃性ガスセンサとして低温でも感度良く、選択的に検知できる電極の開発 ・自動車排ガスモニターへの応用可能 ・携帯型可燃性ガス検知装置
キーワード	ガスセンサ、高信頼性、高感度、火災警報器、CO ₂ センサ、炭化水素センサ
研究結果コメント	<p>当初の計画に照らして、目標を達成し、一定のアウトプットを得ている。開発されたセンサは良好な検知特性を示すものの、当該 CO₂センサが火災感知器の非火災報を低減し信頼性の向上に資するという知見は得られておらず、また、可燃ガスセンサについては安定動作期間が7日間ということであり、実用化のためには、さらなる研究が必要である。</p>

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

防災のための高信頼性ガスセンサの開発

2. 研究実施期間

平成 16 年度～平成 17 年度(2 年間)

3. 研究代表者氏名

石原達己

4. 研究代表者所属機関

九州大学工学研究院

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

三角優子

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

大分大学工学部 滝田祐作、西口宏泰

7. 研究課題の要旨

最も身近な防災用センサとしてはガス漏れ警報器がある。しかし、現在使用されているガス漏れ警報器では、半導体方式のガスセンサであり、誤動作を起こしやすく、防災目的としては信頼性が低い。本研究では、火災警報器の高信頼性を目的とした CO₂ センサおよび炭化水素センサについて検討した。具体的には従来の研究で得た知見に基づいて静電容量型 CO₂ センサの高性能化について検討するとともに、ガス漏れ警報器用の炭化水素センサの開発を行った。CO₂ センサでは従来の研究から CuO と BaTiO₃ を粉末混合したセンサが優れた選択性と CO₂ に対する感度を有することを見出している。そこで、本研究では感度をさらに向上させるために添加物の影響を検討するとともに、簡単な LC 回路を用いる測定システムを試作し、長期特性を評価した。一方、ガス漏れ警報器の信頼性向上を目的に、固体電解質の酸素ポンプ電流を用いる電流検出型センサの開発を行った。電極を最適化することで、電流密度が炭化水素とともに大きく変化し、良好な可燃性ガスの検知特性を示すことを明らかにした。

8. 研究結果

CO₂ センサについては、開発した CuO-BaCO₃-CeO₂ 系素子を用いて、室内環境のモニタリングを行い、実環境下でのセンサの挙動を測定した。簡単な信号処理装置を用いて、静電容量の変化を出力させたところ、数日間に渡って、安定な信号を得ることができ、赤外吸収方式の検出器で測定した CO₂ 濃度の変化とほぼ同じ挙動を示すことがわかった。この容量型センサでは酸化物であり、価格も安価であるので、信頼性向上のための小型センサとして、火災警報器と組み合わせる可能性がある。

ガスもれ警報機の信頼性向上を目的に、固体電解質の酸素ポンプ電流を用いる電流検出型センサの開発を行った。本研究で開発した可燃性炭化水素に優れた選択性を有する電流検出型センサの長期的な安定性を検討した。その結果、開発したセンサは 7 日間にわたり、ほとんど変化することなく検知が可能であり、良好な可燃性ガスの検知特性を

示した。一方、 CH_4 に対する高い感度と選択性の達成を検討した。その結果、電極に Pt を担持した $\text{La}(\text{Sr})\text{CoO}_3$ と LaMnO_3 を用いることで、 C_3H_8 より CH_4 に高い感度を示すセンサが得られることがわかった。このセンサは作動温度が 200°C 程度と低いので、乾電池駆動も可能であり、携帯型の炭化水素検知装置への応用の可能性がある。

9. 研究成果の活用状況等

今回の研究で、良好な感度と選択性を有する CO_2 センサおよび炭化物センサの開発が行えた。この成果を用いて開発を目標とする高信頼性火災警報知器やガス漏れ警報器への応用を目標に、実際の火災初期ガスに対する応答性などを検討している。とくに可燃性ガスセンサではメーカーからの問い合わせもあり、実用化に向けて必要な低温でも感度良く検知できる電極の開発中である。また、このセンサは自動車排ガスモニターへも応用可能であり、自動車用センサへの展開も検討している。

10. 研究発表の状況等

- (1) 石原, Dutta, Bi, 松本, 「電極触媒の酸化活性差を利用する電流検出型固体電解質炭化水素センサ」, 第 41 回センサ研究発表会, H16. 4. 1-3 (東京)
- (2) A.Dutta and T.Ishihara, 「An Amperometric Solid State NO Sensor Using a LaGaO_3 Electrolyte for Monitoring Exhaust Gas」, Materials and Manufacturing Processes, 21, 225-228, (2006)

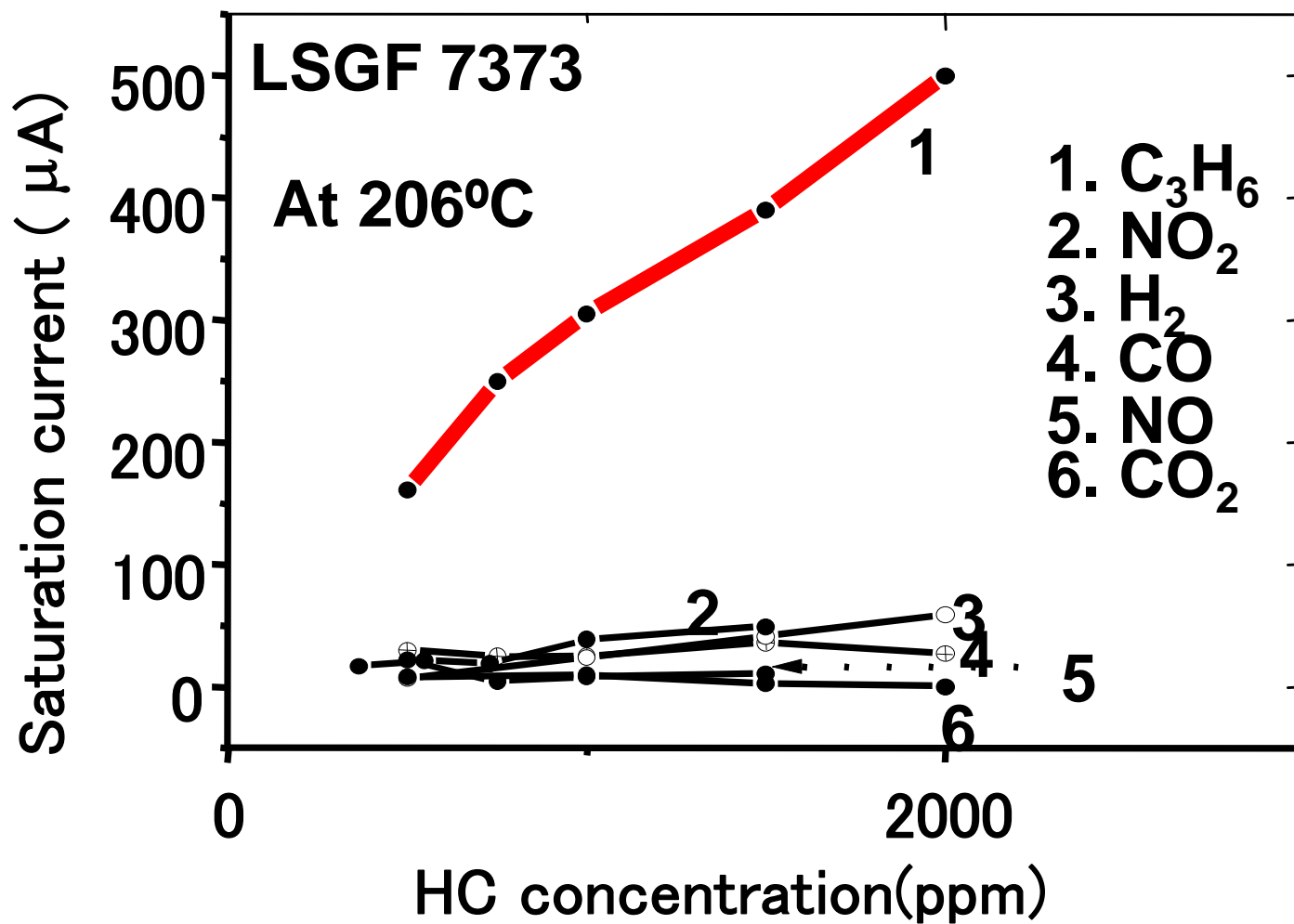
11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

従来の酸化物半導体を用いるガス漏れ警報器や CO_2 センサより、感度、安定性、エネルギー使用量に優れることから小型で、より低価格なタイプのセンサの開発を行い、実用化を目指す予定である。とくに炭化水素センサが有望であるが、現在までに開発したセンサは主に C_2 以上の炭化水素への感度が高く、今後、都市ガスの漏洩検知を目的とするにはメタンに対する感度を向上させる必要があり、電極の性能を検討する必要がある。本研究で、ある程度の目処が付いたので、さらに、詳細に検討を続けることで、都市ガスの漏洩を選択的に検知可能なセンサが開発できると期待される。また、開発した炭化水素センサは、従来のセンサと異なり 200°C 程度の低温でも駆動するので、乾電池駆動での携帯型への展開が期待でき、例えば、地中埋設ガス配管のガス漏れ検査等へ応用可能なセンサへの展開も期待される、防災への寄与が期待できる。

開発した炭化水素センサーの検知特性



第3 防災力の向上

【3.1 豪雨災害対策のための危機管理・図上訓練システム】

研究実施期間	平成15年度
配分額(千円)	14,438(平成15年度)
研究代表者	大淵達雄
所属機関	株式会社宮崎情報処理センターeビジネス事業本部
研究体制	産・官
研究概要	<p>本研究では、豪雨時の安全確保のために市町村や消防本部が行う「災害危険度の予測」、「その予測に基づく警戒避難活動に係る意志決定」等の危機管理を的確に支援する「危機管理機能」と、防災担当者等の危機管理能力の向上を簡易かつ効果的に行える「図上訓練機能」を有する安価なシステムを開発することを目的とした。</p> <p>定量的情報、定性的情報と、災害対策情報を、同じ時系列で管理・検索できるデータ処理機能を開発したことで、「どういう時に何をすべきか」といった客観的な基準・指標等の検索性と信頼性が向上した。</p> <p>またイベントと対応とのつながりを追跡できる機能を開発したことで、実効性のある電子マニュアルへの機能拡張が可能となった。</p>
研究成果の活用事例	地方自治体の図上訓練
応用の方向性	震災対策向けへの改良
キーワード	豪雨災害、危機管理、図上訓練、地方自治体
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトプットにより、実用化等へ向けてさらに研究開発を行うことが期待される。危機管理機能や図上訓練機能を有する安価なシステムの開発を行っており、今後、さらなる機能の拡充を行うとともに、普及を行うことが望まれる。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究成果報告

1. 研究課題名

豪雨災害対策のための危機管理・図上訓練システム

2. 研究実施機関

平成 15 年度(1 年間)

3. 研究代表者氏名

大淵達雄

4. 研究代表者所属機関

(株)宮崎情報処理センター

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

久保正人、山根淳一、岩切幸一郎、阿部貴光、鬼束和寿、小川浩二、小山 洋子
以上、開発当時の参加者

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

(財)消防科学総合センター研究開発部長 日野宗門(共同研究当時、現在は退職)

7. 研究課題の要旨

わが国における災害原因別死者数は、梅雨前線、台風等に伴う豪雨を原因とするものが大きな割合を占めている。そのため、災害による人的被害を減少させる上で、豪雨災害対策は極めて重要である。

豪雨災害から国民の生命を保護するためには、豪雨時に住民に最も近いところで活動する市町村や消防本部が、的確な警戒避難対策等を行いうる「危機管理」能力を有することが重要であり、本研究では、豪雨時の安全確保のために市町村や消防本部が行う「災害危険度の予測」、「その予測に基づく警戒避難活動に係る意思決定」等の危機管理を的確に支援する「危機管理機能」と、防災担当者等の危機管理能力の向上を簡易かつ効果的に行える「図上訓練機能」を有する安価なシステムを開発することを目的とした。

8. 研究結果

観測データなどの定量的情報や気象予警報などの定性的情報と、警戒巡視、避難準備の呼びかけ、避難の勧告・指示の発令～解除といった災害対策情報を、同じ時系列で管理・検索できるデータ処理機能を開発したことで、「どういう気象条件や事態進行の時に何をすべきか」の客観的な基準・指標等の検索性と信頼性が向上したほか、訓練の評価・検証用に開発した、事案(イベント)と対応とのつながり(ネスト)を追跡できる機能を開発することで、実効性のある電子マニュアルへの機能拡張が可能となった。なお、当初は風水害対策向けに開発された危機管理・図上訓練システムは、その後、震災対策向けにも改良され、現在の実践機会としては震災対策が主流となっている。

9. 研究成果の活用状況等

研究開発直後の平成 16 年度は、消防大学校等の研修機関を中心に、図上訓練システムの有効性を検証する機会を重ねていたが、平成 17 年度からは、県、区市の行政現場で、委託業務としての図上訓練に、本システムを応用する実践の場が増えており、今後も増

加する見込みである。

具体的な実績は以下のとおり。

(1) 図上訓練システムを応用した研修会及び図上訓練

<2004年 6月15日、6月17日> 講義

主 題 豪雨災害対策のための図上訓練

形 式 状況予測型・情報リテラシー型

参加者 消防大学校第64期本科研修生 人数：46名

<2004年 10月1日> 研修会

主 題 豪雨災害対策のための危機管理・図上訓練について

形 式 状況予測・情報リテラシー型(防災安全中央研修会)

参加者 全国の都道府県、市町村、消防本部職員 人数：522名

<2004年 11月26日> 講義

主 題 豪雨災害対策のための図上訓練

形 式 状況予測型・情報リテラシー型

参加者 消防大学校第38期幹部研修科研修生 人数：60名

<2005年 2月15日> 研修会

主 題 岡山県 豪雨災害対策のための危機管理・図上演習と自主防災組織の役割について

形 式 住民参加型・情報リテラシー型

参加者 岡山県阿新地方振興局管内の県、市町村、消防本部職員、自主防災組織関係者 人数：50～70名

<2005年 5月23日> 講義

主 題 豪雨災害対策のための図上訓練

形 式 状況予測型・情報リテラシー型・DIG

参加者 消防大学校第39期幹部研修科研修生 数：58名

(2) 図上訓練の委託業務に本システムを応用

<2005年 6月2日> 委託業務

主 題 神奈川県 平成17年度風水害対策訓練

形 式 図上シミュレーション・情報リテラシー型

参加者 神奈川県：安全防災局、保健福祉部、県土整備部、地域県政総合センター、警察本部

神奈川県下の35市町村：防災主管課、福祉主管課、土木主管課、消防本部

横浜地方气象台、国土交通省京浜河川国道事務所

人数：統制者12名、参加者160名

<2006年 2月3日> 委託業務

主 題 杉並区 平成17年度災害対策職員図上訓練

形 式 状況付与型・状況予測型・図上シミュレーション・DIG

参加者 杉並区：区長、助役、収入役、教育長、防災課、初動配備態勢要員

オブザーバー：杉並消防署、杉並警察署、東京電力
人数：統制者 9 名、参加者 97 名

<2006 年 6 月 9 日> 委託業務

主 題 杉並区 平成 18 年度都市型災害対策緊急部隊研修

形 式 事例演習型の再現シミュレーション

参加者 杉並区：参加者 140 名

<2006 年 9 月 1 日予定（日程確定）> 委託業務

主 題 世田谷区 平成 18 年度図上演習訓練

形 式 状況付与型・図上シミュレーション、複数会場型

参加者 世田谷区：参加者 480 名(本部、5 支所、27 出張所)

※その他、今年度の委託業務化を検討中の自治体：2 市 3 区

(3) 図上訓練の販売実績(導入のみ)

岩手県釜石市、岐阜県羽島市、三重県四日市市、(株)インターリスク総研

実践風景

風水害対策訓練講習

消防大学校本科



防災安全中央研修会



昭和57年の長崎豪雨災害を教材とし、気象注警報の発生経過や実際の降雨、事象の再現を通して、体制配備の時期や避難勧告・指示のタイミングを問う形式で進行。

震災対策図上訓練(杉並区)

コントローラーブース



総務班ブース



救援庶務班ブース



評価・検証



早朝の地震発生を想定し、初動要員の参集から災害対策本部の立ち上げ、初動対応を実践する形式で進行。状況予測型、図上シミュレーション、DIGの各タイプの訓練方法を場面に応じて応用した図上訓練。

10. 研究発表の状況等

＜2004年 4月16日＞ 消防研究所「一般公開」

発表名 豪雨災害対策のための危機管理・図上訓練システム

形式 パネルセッション

場所 消防研究所

参加者 消防関係者、一般

＜2004年 10月22日＞ 消防研究所「技術者会議」

発表名 豪雨災害対策のための危機管理・図上訓練システム

形式 パネルセッション

場所 ニッショーホール

参加者 消防関係者

＜2004年 11月19日＞ 日本災害情報学会「第6回研究発表大会」

発表名 大規模災害等に対する簡易で実践的な図上訓練システムの提案

形式 講演

場所 東京大学 山上会館

参加者 大学、報道機関、行政等の防災関係者

＜2005年 4月22日＞ 消防研究所「一般公開」

発表名 豪雨・地震災害対策のための危機管理・図上訓練システム

形式 パネルセッション

場所 消防研究所

参加者 消防関係者、一般見学者

11. 知的財産権の出願・登録状況

実績なし、計画なし。

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

本研究で開発した危機管理・図上訓練システムは、特に区市の防災現場において、次のような防災力向上の支援に役立てられることを目標としている。

① 地域防災計画等に定められた配備・活動体制や活動内容に基づく、基本的な役割行動の理解促進。

② 大規模災害時の速やかな「災害モード」への移行を実行するための、参集・招集、体制配備、災害対策本部の立上げ・運営、意思決定の各プロセスを、訓練という疑似体験を通じて、座学では得られない具体的な災害対策イメージとして体得する。

③ 発災初動期の混乱した状況の中、限られた参集要員と、時々刻々判明する発災事案、突発的な重大事案に対して臨機応変な組織形態で臨むための態勢・運用がイメージでき、スムーズな応急活動を実践できるノウハウを体得する。

④ 発災初動期の情報不足下にあって、区内の被災状況と事態進行をイメージでき、能動的に情報収集するタイミングを判断できるイマジネーション能力の向上。

⑤ 大規模災害時には、外部からの応援や支援に対して混乱や遅滞なく対応できる「受援対応能力」が問われるが、状況の変化や進展に応じ、臨機応変に人員配置や優先課題を

判断しなければならない局面を疑似体験することで、災害対応能力全体の向上を図る。

一方、平成 17 年度から、「行政業務の一環」として、図上訓練の業務化企画提案、準備、進行管理、報告書作成までを手掛ける機会を通じて、区市における図上訓練に、次のような問題点や課題があることがはっきりしてきた。

- ① 状況付与だけの訓練に終始すると、災害対策上の要所要所での目標が明確でないまま、シナリオを「こなす」だけで終わってしまいがちになる。
- ② 管内の状況が「シナリオ」という形で付与される（向こうから知らせてくる）ことに慣れてしまうと、「災害情報の不足や遅延等は必ず起こる」という現実に対応する意識が薄れて、能動的な情報収集という意識が働きにくくなる。
- ③ 大規模災害時には、近隣の自治体への支援要請、都県に対する関係諸機関との総合調整要請を迅速に意思決定することが重要になるが、区市町村自営の訓練の場合は、災害対策を独自の組織に抱え込む傾向が見られ、要請等が後手に回る。
- ④ 参加者からの自由な意見交換の場としての訓練は、準備負担も少なく、積極的で活気のある発言の機会にはなるが、行政の災害対策要員として、所属する部隊が担うべき役割行動の理解促進・自覚という面からは、成果を実感しにくい。
- ⑤ 訓練を継続している区市では、「一発勝負の訓練で何が得られるというのか？」という疑問や指摘の声が聞かれ、「失敗することにも意味がある」や、「現状の実力を知ること重要だ」という正論だけを拠り所として漫然と同じ訓練を続けていても、いずれ実践機会が減るといった危惧がある。

上記に対応する手法として「事例演習」の段階を提唱し、杉並区、世田谷区で受け入れられ、実践及び実践準備を進めている。ここでいう事例演習では、参加者に対して「付与された状況に、いかに対応すべきか」をいったん問うが、続けて、あるべき判断と役割行動を具体的な組織連携の中で次々に「成功イメージ」として示す。結果、参加者個々の判断の誤りや考え違いを、自ら正す効果がある。

事例演習によって、役割行動を座学的にレクチャーするだけでは得られない、防災活動と非常時組織の運用に能動的に関わっていくモチベーションが高められる。

事例演習は、「本番の図上訓練」に対して「前訓練」的に位置付けられる。具体的な準備～進行の流れは図-1 のとおり。また、事例演習を運営していくために要求される「付与された事案に対して、次々にその対応の成功イメージを展開・表示する」という場面を実現させる上で、本研究で開発した危機管理・図上訓練システムの機能性が効果を発揮し、電子マニュアル機能及び e ラーニング機能への応用拡大につながり、現在、実際の地域のコンテンツを載せて教材ツール化を進めている（今年度末完成予定）。これは、開発当初には想定されていなかった効果である。

また、先に開催された（10 月 24 日～26 日）危機管理産業展では、企業防災の分野で、インターリスク総研㈱によって、BCP の評価・検証に本システムを活用するデモが行われ、多くの企業からの反響を得た。本システムの開発当初には、民需の可能性は念頭になかったが、豪雨災害から震災への機能拡張の結果として、この分野への伸張の可能性が高いことが分かり、新たなビジネスモデルの検討を始めている。

◆事例演習 (Drill)

- 【製作】**
 ◇参加者の構成、コントローラーの有無、訓練場所と設備、訓練時間等の制約に縛られず、「役割行動」と「関係機関との連携」の理解促進に必要な、「状況付与シナリオ」、「対応伝達情報」、「評価ポイント」及びそれらを補助する画像や地図等の訓練素材を作成。
- 【実習】・事前説明の一環・グループ学習・卓習**
 ◇状況付与**再生**
 管内での発災状況を、シナリオやテロップ、情報板等によって付与し、個々の事案に対する判断・対応、留意点・考え方を解説する。
 ◇連携情報**再生**
 関係機関との連携を要する伝達情報や事案を付与して、その際に想定される関係機関独自の判断や動きを再現しながら、応援要請等の連携方法を解説する。
 ◇情報集約**解説**
 管内図・事案管理表の完成事例を例示しながら、作成上の要点を解説する。
 ◇目標成果**解説**
 応援要請等の要否判断と要請方法、本部会議の議題、広報の要点を解説。

◆図上訓練 (Training)

- 【準備】**
 ◇訓練要項に応じて「演習素材」を抜粋・編集
- 【実施】**
 ◇状況付与⇒判断対応⇒関係機関連携(対応伝達)
 ◇プレイヤーの判断上必要な条件について、コントローラーに対して確認。コントローラーが対応
 ◇プレイヤー・コントローラー間のロールプレイング
- 【評価・検証】**
 ◇情報集約及び共有結果(管内図・事案管理表)の確認、災害対策本部議題と広報要旨についての解説と討議
 ◇訓練全体及び個々の事案を評価ポイントに沿って評価
 ◇災害対策全般についての解説と討議

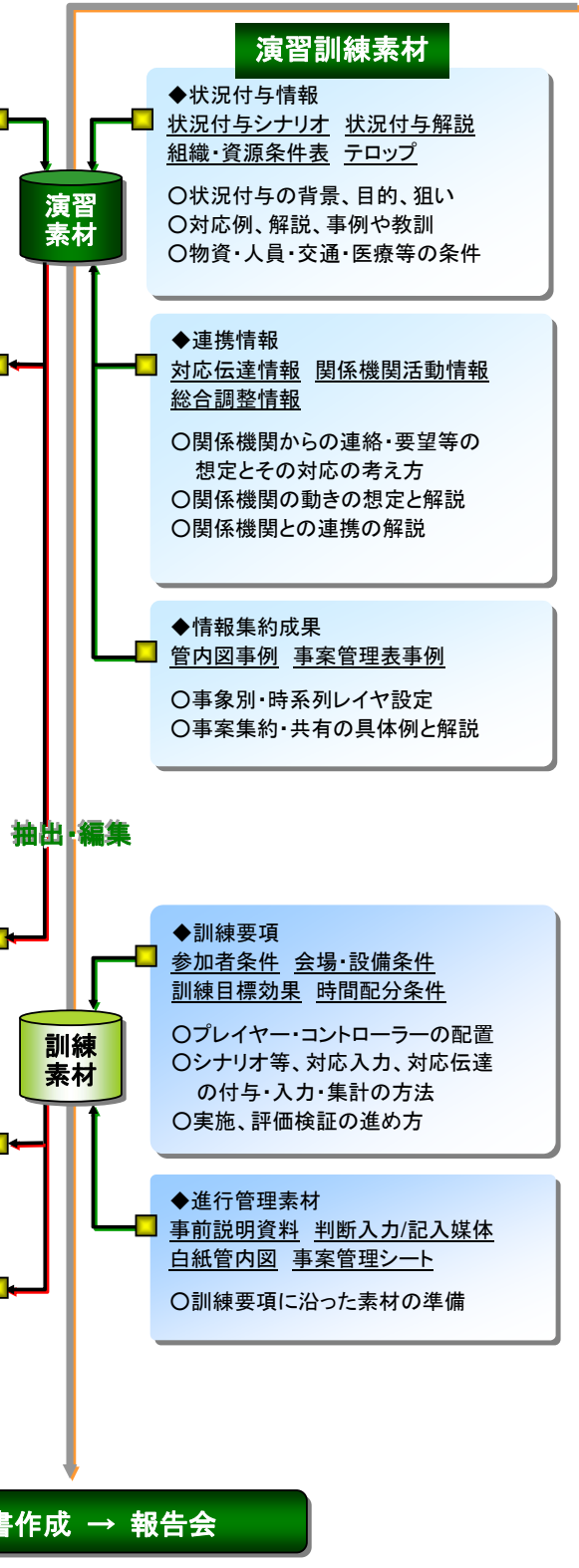


図-1 演習・訓練の概念的な流れ

【3.2 地域防災体制のための心理学的プログラムの構築】

研究実施期間	平成15年度～平成16年度
配分額(千円)	1,500(平成15年度)、4,290(平成16年度)
研究代表者	松井豊
所属機関	筑波大学心理学系
研究体制	学
研究概要	<p>地域防災体制の構築に向けて、自主防災組織の活性化をめざしたプログラム作りのために2種類の研究を行った。</p> <p>自主防災組織活動の基礎データを得るため、神戸市の地域防災活動の現状を把握するとともに、新潟県中越地震の防災活動及び被災後の状況などの実態調査を行った。</p> <p>次に、災害ボランティア養成研修プログラムとして、避難所運営に関する図上訓練プログラムの試作版を作成し、各大学で実施実験を行った。</p> <p>結果として、自主防災組織活性化プログラムの基礎データの収集と、広域災害の避難所運営訓練システム(STEP:Simulation Training of Earthquake Program)の作成を行った。STEPに関しては、プログラムを大幅に改良した新版(ver0.5)を作成し、地域住民や大学生に実施し、第1版の完成を目指した。</p>
研究成果の活用事例	<p>自主防災組織活動の活性化</p> <p>災害ボランティアの避難所運営に係る図上訓練</p>
応用の方向性	避難所運営訓練システムSTEPの改良(映像使用)
キーワード	自主防災組織、避難所運営、図上訓練、STEP(Simulation Training of Earthquake Program)
研究結果コメント	<p>当初の計画に照らして、目標をある程度達成し、一定のアウトプットを得ているが、今後、避難所運営訓練システムについては、実態を踏まえたプログラムにしていく必要がある。</p>

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

地域防災体制のための心理学的プログラムの構築

2. 研究実施期間

平成 15 年度～平成 16 年度(2 年間)

3. 研究代表者名

松井 豊

4. 研究代表者所属機関

筑波大学心理学系

5. 研究代表者所属機関参加者名

なし

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

昭和女子大学人間社会学部	清水 裕
大妻女子大学人間関係学部	田中 優
プール学院大学国際文化学部	西道 実
静岡文化芸術大学文化政策学部	福岡欣治
名古屋大学大学院教育発達学研究科	元吉忠寛
尚絅学院大学総合人間科学部	水田恵三

7. 研究課題の要旨

地域防災体制の構築に向けて、自主防災組織の活性化をめざしたプログラム作りのために 2 種類の研究を行う。第 1 に、自主防災組織活動の基礎データを得るために、アクションリサーチを行う。神戸市の地域防災活動(防災福祉コミュニティ)の現状を把握するとともに、他地区の防災活動および被災後の状況などの実態調査を行う。第 2 に、災害ボランティア養成研修プログラムを開発する。具体的には、避難所運営に関する図上訓練プログラムの試作版を作成し、各大学で実施実験を行う。

8. 研究結果

地域防災体制の構築に向けて、自主防災組織活性化プログラムの基礎データの収集と、広域災害の避難所運営訓練システム(STEP : Simulation Training of Earthquake Program)の作成とを行った。自主防災組織活性化プログラムに関しては、2004 年 3 月に神戸市の自主防災組織(防災福祉コミュニティ)を対象に調査を行い、2005 年 11 月には、新潟県中越地震の被災地にて現地調査を行った。STEP に関しては、プログラムを大幅に改良した新版(ver0.5)を作成し、地域住民や大学生に実施し、第 1 版の完成を目指した。

9. 研究成果の活用状況等

(1) 学会における研究者を対象とした STEP の実施

- ・ 日本心理学会第 69 回大会 慶應義塾大学 2005 年 9 月 11 日
- ・ 日本グループダイナミクス学会第 53 回大会 2006 年 5 月 28 日

(2) 地域防災組織における STEP の実施(助成対象期間後)

- ・横須賀市の一般住民を対象とした実施 2005年4月30日
湘南短期大学(横須賀市) 参加者約20名
- ・横浜市の一般住民を対象とした実施 2005年9月18日
横浜ワールドポーターズ 参加者23名
- ・防災関係企業における実施 2005年10月14日
日本ミクニヤ社内 参加者11名
- ・世田谷区の地域自主防災組織を対象とした実施 2005年12月11日
世田谷区区役所 参加者150名

10. 研究発表の状況等

学術論文

- (1) 水田恵三, 清水裕, 西道実, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 松井豊, 「2005年 市民防災力の向上を目指して」, 自然災害科学, 23-4, 500-503
- (2) 元吉忠寛, 松井豊, 竹中一平, 新井洋輔, 水田恵三, 西道実, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 「2005年 広域災害における避難所運営システムの構築と防災教育の効果に関する実験的研究」, 地域安全学会論文集, 7, 425-432
- (3) 清水裕, 西道実, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 松井豊, 水田恵三, 「2005年 地域自主防災組織の活動実態と活動上の問題点ー南関東地域の3つの自治体における検討ー」, 学苑・昭和女子大学人間社会学部紀要, 772, 142-151
- (4) 西道実, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 松井豊, 水田恵三, 「2005年 自主防災組織に見る地域防災体制の規定因ー神戸市における防災福祉コミュニティの特徴ー」, プール学院大学紀要, 44, 77-90
- (5) 松井豊, 竹中一平, 新井洋輔, 水田恵三, 西道実, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 元吉忠寛, 堀洋元, 「2005年 広域災害における避難所運営訓練システム(STEP)の開発過程と効果検証」, 筑波大学心理学研究, 30, 43-49
- (6) 西道実, 田中優, 元吉忠寛, 福岡欣治, 新井洋輔, 松井豊, 堀洋元, 水田恵三, 「2005年 公立学校の防災体制と自主防災組織との連携ー神戸市における小・中学校の事例ー」, プール学院大学紀要, 45, 85-96
- (7) 田中優, 清水裕, 堀洋元, 松井豊, 西道実, 福岡欣治, 水田恵三, 「2006年 広域災害に対する地域防災体制のあり方に関する社会心理学的研究ー東京都における防災意識を規定する要因についてー」, 大妻女子大学人間関係学部紀要, 人間関係学研究, 7, 95-110

学会発表

- (8) 松井豊, 新井洋輔, 水田恵三, 西道実, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 元吉忠寛, 堀洋元, 「2004年 広域災害における避難所運営ゲームの開発(1)」, 日本グループダイナミックス学会第51回大会発表論文集, 62-64
- (9) 元吉忠寛, 松井豊, 新井洋輔, 竹中一平, 水田恵三, 西道実, 清水裕, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 「2005年 広域災害における避難所運営訓練システムの開発(2)ー大学生と住

民を対象としたシミュレーションプログラムの評価ー」, 日本心理学会第 69 回大会発表論文集

(10) 西道実, 堀洋元, 清水裕, 松井豊, 新井洋輔, 竹中一平, 元吉忠寛, 田中優, 福岡欣治, 水田恵三, 「2005 年 新潟中越地震における避難所の事例研究(1)」, 日本社会心理学会第 46 回大会発表論文集, 698-699

(11) 堀洋元, 西道実, 清水裕, 松井豊, 竹中一平, 新井洋輔, 元吉忠寛, 田中優, 福岡欣治, 水田恵三, 「2005 年 新潟中越地震における避難所の事例研究(2)」, 日本社会心理学会第 46 回大会発表論文集, 700-701

(12) 新井洋輔, 元吉忠寛, 松井豊, 西道実, 清水裕, 竹中一平, 田中優, 福岡欣治, 堀洋元, 水田恵三, 「2005 年 防災意識尺度作成の試み」, 日本社会心理学会第 46 回大会発表論文集, 702-703

(13) 堀洋元, 水田恵三, 西道実, 清水裕, 田中優, 元吉忠寛, 松井豊, 竹中一平, 新井洋輔, 福岡欣治, 「2006 年 新潟中越地震における避難所の事例研究(3)」, 日本グループダイナミクス学会第 53 回大会発表論文集, 244-245

11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

12. 当該研究に関する今後の展開、意見等

地域防災組織へのアクションリサーチは、神戸市、世田谷区、新潟地区において現在も進行中であり、研究成果は来年 4 月には発表できる見通しである。

STEP(図上訓練)は、一部の問題(映像使用)を除き、ほぼ完成している。上記のように地域防災組織の訓練素材として、十分に高い評価を得ている。神戸市の防災センターとの協働も検討課題となっており、インストラクター養成研修の構築へと研究が進展している。

【3.3 参加型救命設計システムの構築と実践】

研究実施期間	平成16年度～平成17年度
配分額(千円)	8,424(平成16年度)、6,084(平成17年度)
研究代表者	白木渡
所属機関	香川大学工学部
研究体制	産・学
研究概要	<p>本研究では、「住民参加型感性工学手法」と「Live Design(救命設計)」の2つの考え方を融合させ、災害発生時におけるオフィスフロアやショッピングセンター等の建物からの避難及び建物から屋外への避難について、多くの主体と議論できる参加型救命設計システムの開発及びシステムの実践を行った。</p> <p>システムの構築にあたっては、避難シミュレーションをプラットフォームとし、多様な主体が様々な視点で避難について意見交換・反映・設計が行える機能を備え、想定災害や地域の状況等をシミュレーション稼動中でもマウスクリック操作により、条件付加、変更をリアルタイムで行うことを可能とした。</p> <p>また、地震・火災と高潮災害を対象としたプレワークショップ、機関別ヒアリング(行政、消防、防災専門家)を実施し、システムの機能付加の参考とした。</p> <p>本システムを活用することにより、地域を軸にした参加型の防災活動をシステムに蓄積し、継続的な防災力向上に寄与することが可能となる。</p>
研究成果の活用事例	地方自治体における避難訓練シミュレーション
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・地域における継続的な蓄積型防災力向上プログラムの提案 ・施設内での避難を考えた防災教育(児童による参加型学校避難シミュレーションの作成) ・自治体や企業の事業継続計画(BCP)策定支援
キーワード	災害時避難シミュレーション
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標をある程度達成し、一定のアウトプットを得ているが、今後さらに、システムの高度化、より実践的な活用を具体的に進めることが必要である。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

参加型救命設計システムの構築と実践

2. 研究実施期間

平成 16 年度～平成 17 年度(2 年間)

3. 研究代表者氏名

白木 渡

4. 研究代表者所属機関

香川大学工学部

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

井面仁志

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

日本ミクニヤ(株) 田中秀宜、磯打千雅子、本 隆範

7. 研究課題の要旨

2001 年 9 月 11 日のテロ攻撃以来、アメリカでは防災の考え方が大きく変わった。これまでの施設・設備の被害を軽減するというハードな防災から、被害を受けた施設・設備からいかに迅速に人々を避難させるかというソフトな防災へと考え方が大きく転換された。このソフトな防災の考え方は、コロンビア大学の Gautam 教授により提唱され、「Live Design(救命設計)」と呼ばれている。

本研究では、研究代表者である白木がこれまで研究開発してきた「住民参加型感性工学手法」とこの「Live Design(救命設計)」の考え方を融合させた新しい防災システムの構築を行った。具体的には、まずソフトコンピューティング(人工生命技術)の一つであるセルオートマトン(CA)を用いて災害時避難シミュレーションシステムを開発した。次にそのシステムを Java を用いて可視化可能にし、避難者、技術者、消防関係者、建物管理者、防災専門家等がそのシステムをプラットフォームとして活用し、防災・減災の在り方について議論した。そして、議論した結果がその場で反映される参加型防災システムの開発・実践を行った。

8. 研究結果

本研究では、災害発生時におけるオフィスフロアやショッピングセンター等の建物からの避難及び建物から屋外への避難について、多くの主体と議論できる参加型救命設計システムの開発及びシステムの実践を行った。

システムの構築にあたっては、避難シミュレーションをプラットフォームとして、多様な主体が様々な視点で避難について意見交換・反映・設計が行える機能を備え、想定災害や地域の状況等をシミュレーション稼働中でもマウスクリック操作により、条件付加、変更をライブ(リアルタイム)で対応可能とした。また、地震・火災と高潮災害を対象としたプレワークショップ、機関別ヒアリング(行政、消防、防災専門家)を実施し、システムの機能付加にあたっての参考とした。

システムの実践では、モデル地区を対象に多様な主体(行政、防災専門家、消防関係者、地域で活動する NPO、地域住民、企業、大学等)の参画のもとワークショップを実施し、参加者からの意見でその場で作成した災害シナリオによる避難シミュレーションを再現、それぞれの立場、役割での視点から避難について議論することができた。

本システムを活用することにより、地域を軸にした参加型の防災活動をシステムに蓄積し、継続的な防災力向上に寄与することが可能となる。本研究では、このような従来にない進化型の新しい防災システムを提案することができた。



9. 研究成果の活用状況等

- (1) 2005年2月：参加型救命設計システムを活用したプレワークショップの実施，川崎市高津区二子地区。
- (2) 2005年11月：地域防災リーダー育成セミナー「地震・台風等の災害に備えて」の実施，高松市香西地区コミュニティ協議会。
- (3) 2006年1月：参加型救命設計システムを活用したワークショップの実施，川崎市高津区二子地区。

10. 研究発表の状況等

- (1) 「Simulation of Pedestrian Dynamics at Occurrence of Disaster Using CA-model」，International Conference on Intelligent Mechatronics and Automation，（2004年8月，中国・成都市）。
- (2) 「Simulation of Pedestrian Dynamics in Emergency Using CA-model」，4th International Conference on Optimization and Design in Industry，(2004年9月，東京都立大学)。
- (3) 「Live Designのための災害時避難シミュレーション」，土木学会安全問題研究委員会特別講演会，(2005年1月，早稲田大学)。
- (4) 「Simulation of Pedestrian Dynamics in Emergency for Live Design of Buildings」，International Conference on Structural Safety and Reliability, ICOSAR'05, pp.823-829, (2005年6月, Rome)。
- (5) 「参加型救命設計システムの構築と実践に関する研究」，第16回地域安全学会研究発表会，pp.35-36, (2005年6月，岩手県・田老町)。
- (6) 「地域防災・減災のための避難シミュレーション」，第12回信頼性技術ワークショップ報告書，pp.53-58, 2005年8月。
- (7) 「CAによる高潮災害避難シミュレーションシステムの構築」，2005年度電気関係学会四国支部連合大会，講演概要集，p.342, (2005年9月，高松)。
- (8) 「Simulation of Pedestrian Dynamics in Emergency for Live Design of Community」，8th IASTED International Conference on INTELLIGENT SYSTEMS AND CONTROL

~ISC 2005~, pp.321-326, (2005年10月, Cambridge)。

- (9) 「避難シミュレーションを活用した地域防災力向上ワークショップ結果報告(2)」, 第24回日本自然災害学会学術講演会, 東北大学, 第24回日本自然災害学会学術講演会論文集, pp.217-218。
- (10) 「避難シミュレーション(参加型救命設計システム)の開発に関する研究」, 日本災害情報学会・第7回学会大会, 日本災害情報学会第7回研究発表大会予稿集, pp.259-262, 2005年11月。
- (11) 「避難シミュレーションを活用した地域防災力向上への取り組み」, 農林水産技術会議事務局の委託事業による融合新領域研究戦略的アセス調査公開シンポジウム, 電磁波・ソフトコンピューティング技術の農林水産分野への応用ー農業・環境・防災への新たな展開ー講演要旨, 社団法人農林水産技術情報協会, pp.49-54, (2006年3月, 東京大学)。

11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

本避難シミュレーションシステムは、集落や自治会の班単位といった狭い地域において、あらゆる立場の参加者が同じ視点に立って、地域の避難を考えるための場の提供が可能である。

地域での活用にあたっては、ノートパソコンを使用し、特別にシステムをインストールする必要もなくインターネットエクスプローラーで稼働可能であるため、地図画像さえあればどのような地域でも簡単に適用可能である。

将来の展望として、本システムの活用の可能性について以下に述べる。

(1) 地域における継続的な蓄積型防災力向上プログラムの提案

- 地域防災活動用啓発ツールとしての活用にあたり、中長期的観点での活動目標を設定、活動実施支援
- 特に、孤立集落等が発生する中山間地や沿岸部の農山村及び漁村地域における集落毎での活用

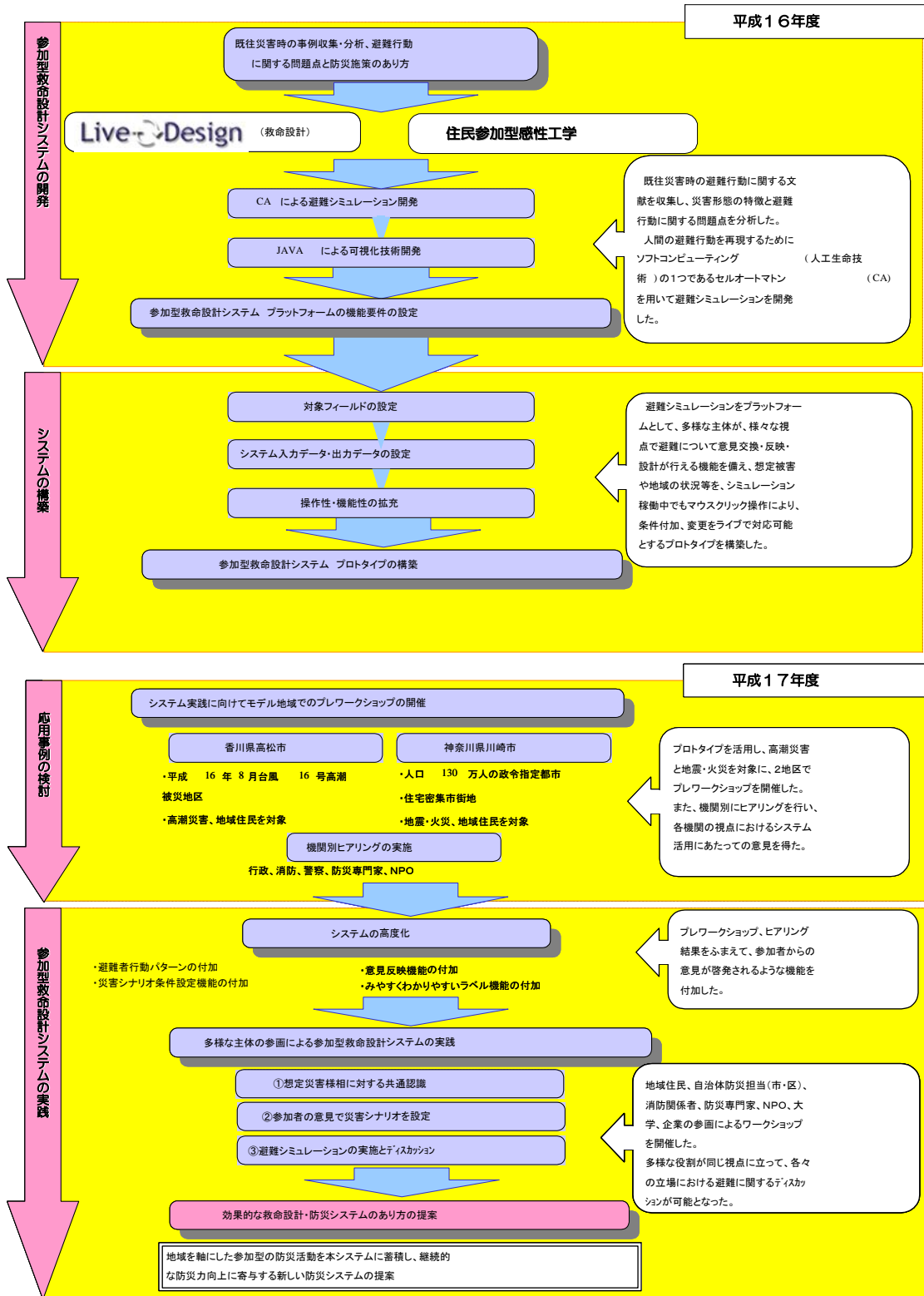
(2) 施設内での避難を考えた防災教育

- 小学校等学校教育施設内における避難(児童による参加型学校防災マップ作成と避難シミュレーションの作成)

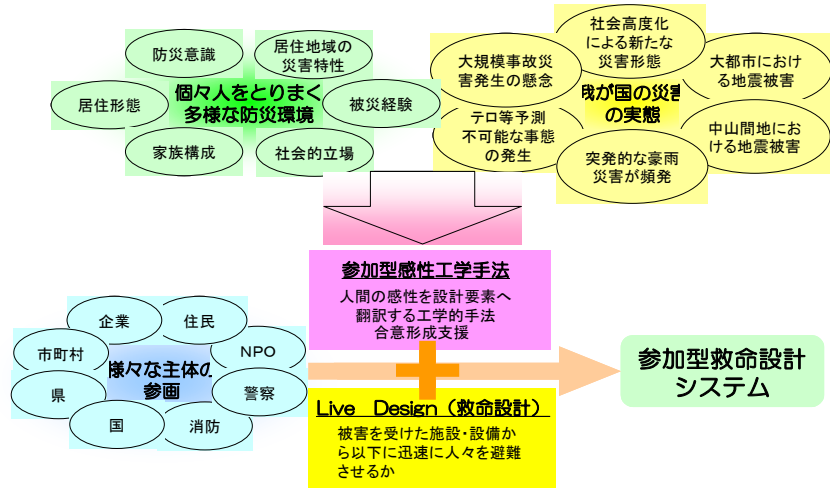
(3) 自治体や企業の事業継続計画(BCP)策定支援

(4) 集客施設における避難誘導計画策定、職員教育の実施

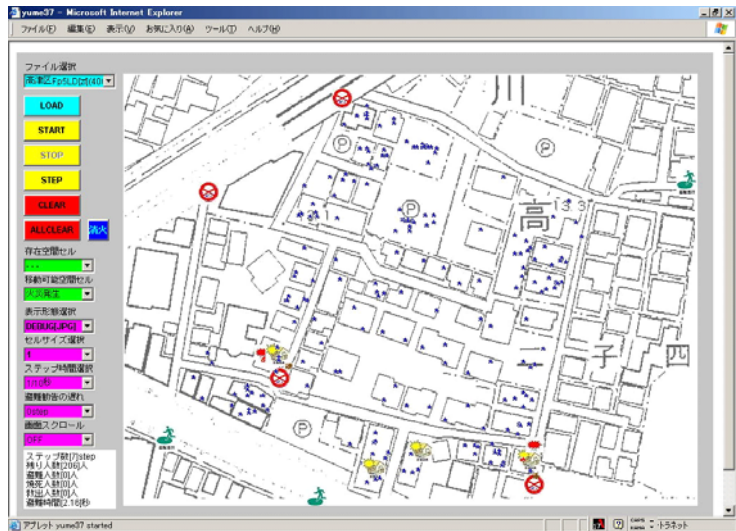
研究フロー



参加型救命設計システムの概念



システムのイメージ



ワークショップの様子



第4 消防活動支援施設、消防活動用資機材等の高度化

【4.1 障害となる物品を排除しながら閉鎖する防火戸の研究】

研究実施期間	平成15年度～平成16年度
配分額(千円)	2,400(平成15年度)、2,600(平成16年度)
研究代表者	萬治亮三
所属機関	京都市消防局消防学校
研究体制	産・官
研究概要	<p>平成13年9月1日に発生した新宿のビル火災において、被害拡大の要因の一つとして、防火戸の周囲に物品が置かれていたことによる閉鎖障害があげられている。このため、本研究では、万が一、防火戸周辺に物品が置かれたとしてもそれを強制的に排除して防火区画を形成する防火戸を開発するものである。</p> <p>試作防火戸Ⅰ号機により改良が必要な部分の抽出、改良方法の検討を行い、試作防火戸Ⅱ号機を製作した。これにより、各種性能について改良した効果が現れ、全ての性能において概ね良好な結果が得られた。</p>
研究成果の活用事例	物販店舗等の防火戸
応用の方向性	防火戸メーカーにより、あらゆる建物に対応できる新しい機能を持った防火戸として改良し、実用化を目指す。
キーワード	防火戸、障害排除
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトプットにより、実用化等へ向けてさらに研究開発を行うことが期待される。実用化へ向けて消防活動や避難の観点から、さらに研究を行うことが期待される。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

障害となる物品を排除しながら閉鎖する防火戸の研究

2. 研究実施機関

平成 15 年度～平成 16 年度(2 年間)

3. 研究代表者氏名

萬治亮三

4. 研究代表者所属機関

京都市消防局

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

井上喜久雄、牧川 讓、奥谷博司、高木孝一、大西貞安、石原敬之、西川富士彦、
河中慶次郎、林 康彦、藤田裕喜、畠中孝行

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

東洋シャッター(株) 石田忠司、橋爪法男

7. 研究課題の要旨

平成 13 年 9 月 1 日に発生した新宿のビル火災において多くの犠牲者が発生した。平成 13 年 12 月 26 日付の小規模雑居ビル消防審議会答申によると、防火戸の周囲に物品が置かれていたため閉鎖障害となったと考察され、的確に作動する防火戸の技術開発を進める必要があると指摘されている。本研究はこの指摘をもとに、万が一、防火戸周辺に物品が置かれたとしてもそれを強制的に排除して防火区画を形成する防火戸を開発するものである。

8. 研究結果

障害となる物品を排除しながら閉鎖する防火との研究は障害となる物品の排除性能及び防火戸に必要な性能に加え、安全性及び施工性についても試作防火戸Ⅰ号機で検証し、改良が必要な部分の抽出、改良方法の検討を行い、試作防火戸Ⅱ号機を製作するに至った。試作防火戸Ⅱ号機の各種性能については改良した効果が如実に現れ、全ての性能において概ね良好な結果が得られた。今後は防火戸メーカーによってあらゆる建物に対応できる新しい機能を持った防火戸として改良すれば当初の研究目的でもあった実用化ができるものと思っている。

9. 研究成果の活用状況等

なし

10. 研究発表の状況等

- (1) 結果報告書を作成し、消防庁の他、政令指定都市等 13 消防機関に送付した。
- (2) 第 53 回全国消防技術者会議
- (3) 京消研究レポート集(VOL.22)に研究概要を掲載し、全国消防長会東近畿支部各消防本部等 114 団体に送付した。
- (4) 当局職員に対する結果報告会実施(平成 17 年 3 月 17 日)

11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

性能的には、実用に耐えることが確認できたため、種々の建物形態に応じた取付要領、デザインなどを検討し、防火設備としての活用を図ることができると考えている。

障害となる物品を排除しながら閉鎖する防火戸の研究

井上喜久雄（京都市消防局）

1. はじめに

火災の延焼拡大を防止のために設置された防火設備（以下「防火戸」という。）も、維持管理の不備や関係者の無知・無関心により、防火戸付近に閉鎖の障害となる物品が置かれていたために確実に閉まらず、発生した火災は急速に拡大し、その火煙によって避難路を絶たれた人々が犠牲になる事故が後をたたない。平成13年9月に発生した新宿歌舞伎町ビル火災も階段室に置かれた物品が防火戸の閉鎖障害になり、この階段室から火煙が上階へ急激に拡大したために小規模ビルにもかかわらず44名もの尊い人命が失われる大惨事になった。

当局職員は職務研究の中で防火戸の管理不備の対応策として「安全機能を有した防火戸の開発」をテーマに研究を進めていた。その時期に新宿歌舞伎町ビル火災が発生し、この事故対策を審議した小規模ビル消防審議会から「確実に閉鎖する新たな防火設備の技術開発を進める必要がある。」と答申され、この答申を受けて防火戸付近に閉鎖障害となる物品が置かれていても、その物品を強制的に排除して確実に閉鎖する機能を有する「障害突破式防火戸」を研究成果としてまとめて発表した。この研究成果は各方面から高い評価を受けたが実際に製作できるか、防火戸の性能が満たせるかなどを検証する必要があるため、平成15年度の消防防災科学技術推進制度を活用して研究成果に基づく防火戸を忠実に再現した実物大模型の製作と、この模型により防火戸の性能等を検証するとともに、「障害となる物品を排除しながら閉鎖する防火戸の研究」プロジェクトチームを編成して実用化に向けた改良研究を進めた。

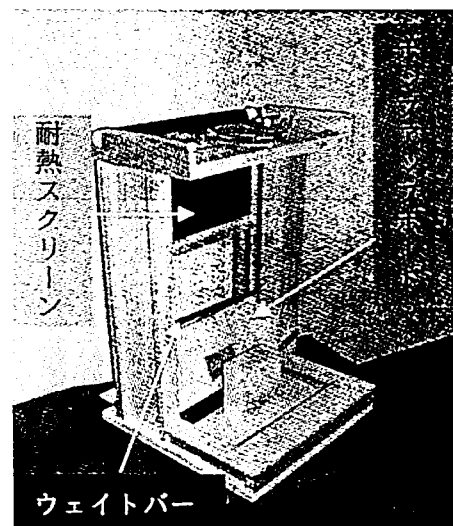


写真1 障害突破式防火戸の模型

2. 防火戸の開発条件

「障害突破式防火戸」の研究成果では、

- ① 防火戸の管理が十分に行われない小規模雑居ビルに設置できる防火戸の開発を目指すとともに、既存の小規模雑居ビルにおける防火戸の改修にも活用できるものにする。
- ② 防火戸は耐熱スクリーンの活用等により軽量化を図るとともに、避難用クグリ戸の機能を併せ持つ構造にする。

③ 排除可能な物品の最大重量は700kgとし、防火戸の閉鎖とともに障害になる物品は強制的に排除され、防火戸は確実に閉鎖する構造にする。

④ 閉鎖完了した防火戸からの煙の漏洩は極力少なくする。

ことを開発条件に、これらの条件を満たす防火戸について理論的にまとめられた。

3. 防火戸の構造及び試作

障害突破式防火戸の構造等は次のとおりであり、この構造等を忠実に再現した実物大模型（以下「試作防火戸Ⅰ号機」という。）及び性能試験のための付属室を製作した。

① 防火戸はポップアップボード、ウェイトバー及び耐火スクリーンで構成する。

ア ポップアップボードは床に収納し、作動とともにポップアップボードの一端を持ち上げる。ポップアップボードの表面は徐々に勾配が急になり、ポップアップボード上にあった閉鎖障害になる物品は滑り、障害にならない位置へ排除される。物品を排除し終えたポップアップボードは床面に対して垂直になり停止する。

イ ウェイトバーは鉄製の丸棒でポップアップボードの下部に収納されており、防火戸の作動とともにポップアップボードの一端を押し上げながら上昇し、ポップアップボードから離脱した後はポップアップボードで排除しきれなかった物品を排除しながら天井まで上昇する。

ウ 天井部分の駆動軸に巻かれた耐火スクリーンは防火戸の作動とともに降下し、垂直になったポップアップボードに接すると停止し、閉鎖が完了する。

② 防火戸の閉鎖が完了したポップアップボードは、避難用クグリ戸の機能も有しており、避難者が高さ600mmのポップアップボードを押すとスライドして開き、通過後は閉鎖時の状態に自動復帰する。

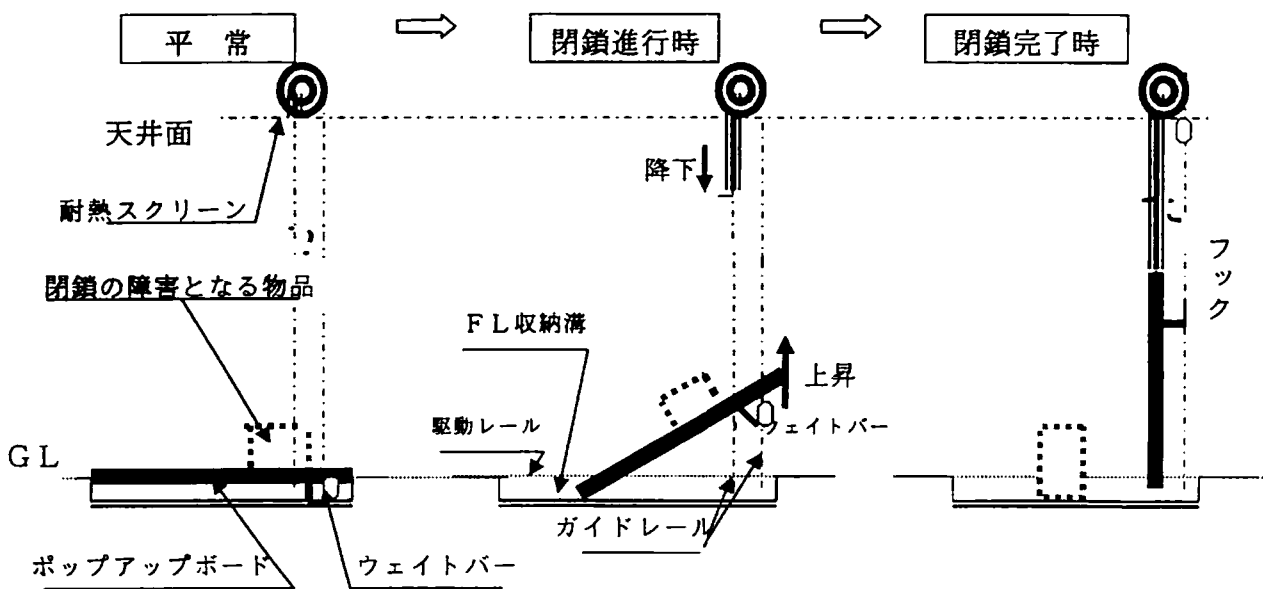


図 ポップアップボード、ウェイトバー及び耐火スクリーンの作動状況

4. 性能試験と問題点

4.1 性能試験等の項目

防火戸の性能試験等は次の項目について実施した。

- ① 障害となる物品の排除性能
- ② 防火戸の性能
 - ・ ポップアップボードの開閉力試験
 - ・ ポップアップボードからの避難者通過試験
 - ・ 遮煙性試験
 - ・ 加熱試験
- ③ 安全性
- ④ 施工性

4.2 性能試験結果による問題点

試作防火戸Ⅰ号機における性能試験等の結果、次の問題点が抽出された。

- ① 障害となる物品の位置によって、写真2に示すとおりポップアップボードの駆動部分に排除される場合があり、その物品がポップアップボードの駆動を途中で停止するため、防火戸が確実に閉鎖しないほか、箒やモップなど長い棒類は排除できずにポップアップボードと耐熱スクリーンとの間に挟まり、双方の間に隙間が生じる。

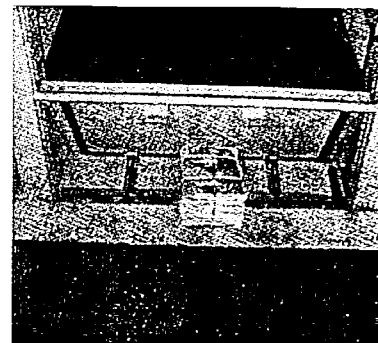


写真2 駆動部分に排除された物品

- ② 避難者がポップアップボードを開放する際の開き力及びポップアップボード部分からの通過人数が性能評価基準を満たさず、加えて閉鎖した防火戸周囲から煙が漏洩する。

- ③ ポップアップボードの操作時に、写真3に示すとおり避難者がポップアップボードと床との間で手足を挟むおそれがある。



写真3 開放操作時の危険性

- ④ ポップアップボード及び自動閉鎖機構等を床下に内蔵しているため、床下部分の必要深さは350 mm以上となり、この防火戸が施工できる既存建物は制限される。

5. 防火戸の改良と試作

防火戸の構成等を継承しながら、次のとおり改良した防火戸を製作（以下「試作防火戸Ⅱ号機」という。）した。

① 障害となる物品の排除性能

排除された物品がポップアップボードの駆動部分に入らないよう、写真4に示すとおりウェイトバーに幅200mmの張り出し板を設ける。

また、排除できなかつた棒類が挟まった場合、その隙間を最小限にするため、写真5に示すとおり柔軟性のある気密材を耐熱スクリーン下部に取り付ける。

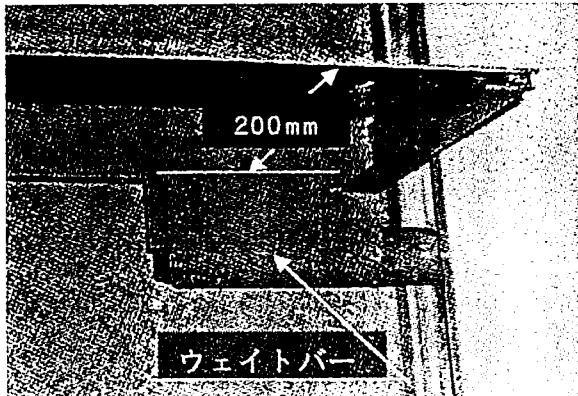


写真4 ウェイトバーに取り付けた張り出し板

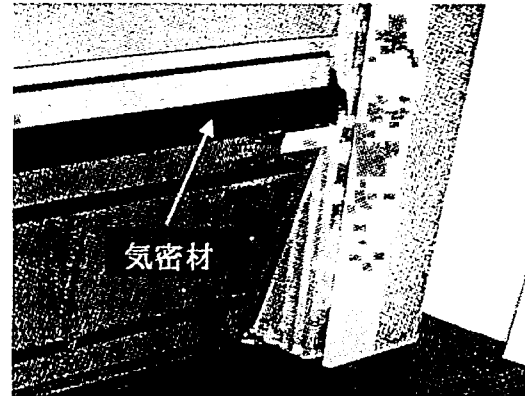


写真5 耐熱スクリーンに設置した気密材

② 防火戸の性能

ポップアップボードの開き力を減らすため、写真6に示すとおりポップアップボードのスライド部分に可動ローラーを取り付け、開閉時における摩擦抵抗の減少を図る。

また、ポップアップボードからの避難者通過を容易にするため、写真7に示すとおりポップアップボードの高さを避難者の操作に支障を及ぼさない750mmにする。

更に、ポップアップボード周辺にシリカ繊維の気密材を取り付け、防火戸の密閉度を高める。

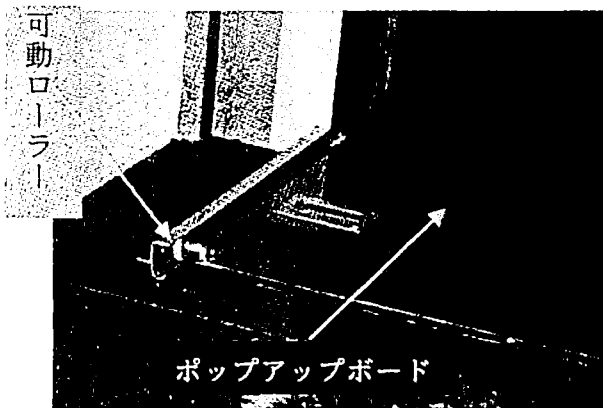


写真6 スライド部分の可動ローラー

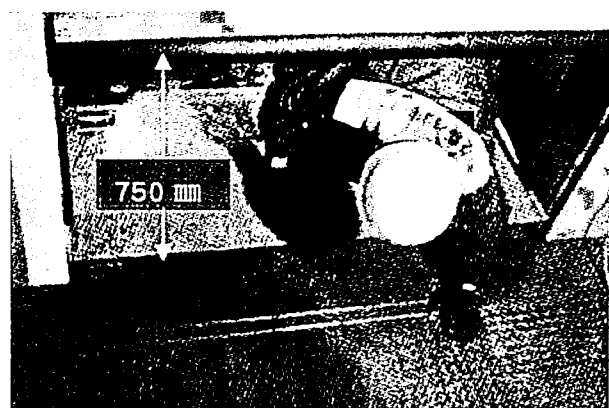


写真7 通過し易い高さのポップアップボード

③ 安全性

ポップアップボード操作時の危険を排除するため、写真8に示すとおりポップアップボードを床上設置にし、閉鎖時における床をフラットにするとともに、床上設置に伴う床との段差等を解消するため、ポップアップボードの下端及びウェイトバーの張り出し板に角度20度の勾配を設ける。

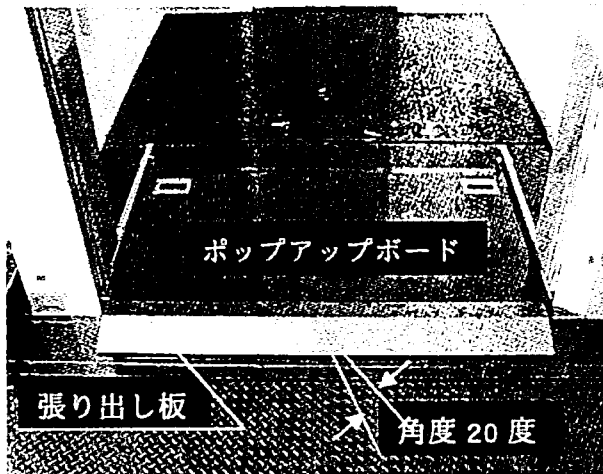


写真8 段差等を解消するための勾配

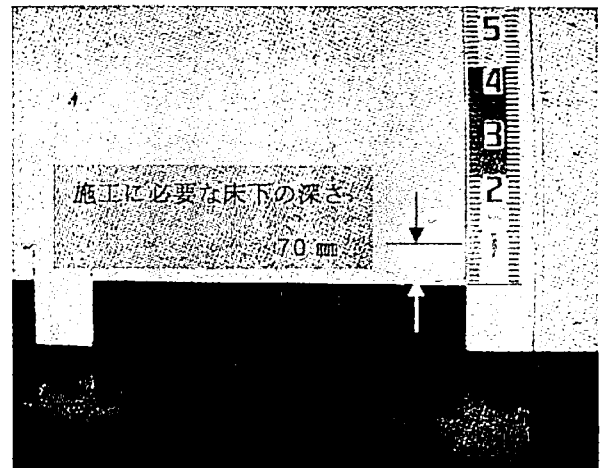


写真9 防火戸の施工に必要な床下深さ

④ 施工性

ポップアップボードの床上設置をはじめ、自動閉鎖装置に定負荷バネを使用し、柱内に組み込むことにより、写真9に示すとおり防火戸の施工に必要な床下の深さを70 mmに減少し、既存建物でも施工が可能にする。

6. 試作防火戸Ⅱ号機の性能

① ウェイトバーに設置した張り出し板により、障害となる物品はポップアップボードの駆動範囲外へ排除できた。

また、排除できなかった棒類がポップアップボードと耐熱スクリーンとの間に挟まっても、設置した気密材によって僅かな隙間で押さえることができた。

② ポップアップボードの開き力は平均46.6ニュートン、一列による通過人数は平均75人で共に防火戸の性能評価基準値を満たしたほか、ポップアップボード周辺に設置した気密材により、遮煙性能も向上した。

③ ポップアップボードの床上設置により、ポップアップボード操作時に手足を挟むおそれがなくなった。

また、ポップアップボードの下端及びウェイトバーの張り出し板に設けた勾配により、平常時には車椅子でも支障なく通過できた。

④ ポップアップボードの床上設置及び自動閉鎖装置の改良により、既存建物の改修にも活用できる防火戸になった。

7. まとめ

障害となる物品を排除しながら閉鎖する防火戸の研究は障害となる物品の

排除性能及び防火戸に必要な性能に加え、安全性及び施工性についても検証し、改良が必要な部分の抽出、改良方法の検討を行い、試作防火戸Ⅱ号機を製作するに至った。試作防火戸Ⅱ号機の各種性能については改良した効果が如実に現れ、全ての性能において概ね良好な結果が得られ、新しい機能を持った防火戸として実用化できる見通しが付いた。

(京都市消防学校研究課 TEL 075-641-2376)

【4.2 消火設備を考慮した火災性状予測ツールの構築】

研究実施期間	平成15年度～平成16年度
配分額(千円)	14,850(平成15年度)、7,508(平成16年度)
研究代表者	菅原進一
所属機関	東京理科大学総合研究所火災科学研究部門
研究体制	学
研究概要	<p>本研究では、建築火災に対する消防防災科学技術に関する革新的かつ実用的な技術への足がかりとして、初期火災を主な対象として消火設備を考慮した火災性状を明確化し、消火設備作動時の火災性状予測ツールの構築を目的とした。</p> <p>消火設備として散水設備を設置した実大火災実験区画を使用した実大実験を実施し、火源発熱速度性状および煙・熱気流性状を定量的に明らかにした。更に火災室に隣接する廊下等の空間は、消火・救助活動の活動拠点として利用されることが多い。ここでは、火災室に設置された散水設備が作動した場合に、火災室から廊下へ流出する煙の量(開口噴流量)およびその熱量(開口噴流熱量)がどの程度減衰するかを定量的に把握した。</p>
研究成果の活用事例	建築物の火災安全設計
応用の方向性	散水設備作動時の火災性状予測
キーワード	消火設備、初期火災、火災性状予測
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標をある程度達成したが、十分な成果までは至っていない。基礎的なデータを収集しているが、今回は液体燃料を用いた実験であるため、固形物を用いた燃焼実験など、より実火災に近い条件における検証が必要である。また、期間内では消火設備を考慮した火災性状予測ツールの構築までは至っていない。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

消火設備を考慮した火災性状予測ツールの構築

2. 研究実施期間

平成 15 年度～平成 16 年度(2 年間)

3. 研究代表者氏名

菅原進一

4. 研究代表者所属機関

東京理科大学総合研究機構火災科学研究センター

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

若松孝旺、森田昌宏、大宮喜文、松山 賢、水野雅之、田中 太、抱 憲誓

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

なし

7. 研究課題の要旨

これまでスプリンクラー等の消火設備は汎用設備であるにも関わらず、燃焼可燃物を消火に至らしめることができるか否かの研究のみに留まっていた感があり、燃焼可燃物が消火に至らない状況下での火災性状に関する知見は極めて乏しい状況であると言っても過言ではない。消火設備を考慮した火災性状を明らかにすることは独創的でありかつ重要であり、さらにその火災性状を“火災外力”として捉えることが出来れば、火災被害状況をはじめとして消防活動の環境条件を把握でき、消火活動、救助活動の効率化・軽減化が可能となる。なお、ここでいう“火災外力”とは、火災の発生した区画内温度や高温煙層の温度、可燃物の燃焼により生じた火炎からの放射熱流束などを意味する。

本研究では、建築火災に対する消防防災科学技術に関する革新的かつ実用的な技術への足がかりとして、初期火災を主な対象として消火設備を考慮した火災性状を明確化し、消火設備作動時の火災性状予測ツールの構築を目的とした。

8. 研究結果

消火設備として散水設備を設置した実大火災実験区画を使用した実大実験を実施し、火源発熱速度性状および煙・熱気流性状を定量的に明らかにした。更に火災室に隣接する廊下等の空間は、消火・救助活動の活動拠点として利用されることが多い。ここでは、火災室に設置された散水設備が作動した場合に、火災室から廊下へ流出する煙の量(開口噴流量)およびその熱量(開口噴流熱量)がどの程度減衰するかを定量的に把握した。

本研究の結果より、以下の知見を得た。

(1) 散水無し(自由燃焼)に比べて発熱速度は、スプリンクラーヘッド(SP)1 基で 3～10%、SP 4 基で 17～27% 低減した。

(2) 散水設備を作動させると、開口部での中性帯の高さは、区画内の高温層に比べ 300mm 程度高くなった。

- (3) 煙層高さは散水無しの条件より、散水設備を作動させることにより降下する。SP1基作動時よりもSP4基作動時の方が煙層は降下する傾向がみられた。
- (4) 火源の発熱速度が同値でも、散水設備を作動させると、作動させない条件に比べて区画内温度は1/4~4/5程度低減された。
- (5) 散水設備を作動させることで、火源から受ける区画壁面近傍での輻射熱は自由燃焼よりSP1基で約60%、ウォーターミスト(WM)1,4基、SP4基で80%以上低減された。

9. 研究成果の活用状況等

建築物の火災安全設計において、散水設備作動時の火災性状予測に本研究成果の一部が活用されていると思われる。

10. 研究発表の状況等

- (1) 田中太, 大宮喜文, 松山賢, 水野雅之, 森田昌宏, 菅原進一, 「消火設備作動時における区画火災性状の数値シミュレーション」, 日本流体力学会年会, (2004. 6), 564-565
- (2) 高橋祥直, 田中太, 若松孝旺, 松山賢, 大宮喜文, 菅原進一, 森田昌宏, 水野雅之, 「消火設備作動時の区画火災性状 その1 実規模区画を用いた燃焼実験」, 日本建築学会 2004 年度大会(北海道), 学術講演梗概集 A-2, (2004. 8), 273-274
- (3) 田中太, 高橋祥直, 若松孝旺, 松山賢, 大宮喜文, 菅原進一, 森田昌宏, 水野雅之, 「消火設備作動時の区画火災性状 その2 MPI を用いた並列計算による数値シミュレーション」, 日本建築学会 2004 年度大会(北海道), 学術講演梗概集 A-2, (2004. 8), 275-276
- (4) Futoshi TANAKA, Yoshifumi OHMIYA, Shinichi SUGAWARA, Masahiro MORITA, Ken MATSUYAMA, 「A Study of Fire Behavior in a Compartment with an Activation of a Fire Suppression System」, International Technical Congress Computational Simulation Models in Fire Engineering and Research, (2004.10), 17-27
- (5) 田中太, 大宮喜文, 森田昌宏, 菅原進一, 松山賢, 水野雅之, 「消火設備作動時における区画火災性状の研究」, 日本機械学会流体工学部門講演会講演概要集, (2004.11), 307
- (6) 高橋祥直, 高瀬文生, 中尾智昭, 菅原進一, 森田昌宏, 大宮喜文, 松山賢, 田中太, 水野雅之, 抱憲誓, 「散水設備作動時の区画火災性状 その1 実規模区画を使用した燃焼実験」, 日本建築学会関東支部研究報告集, (2005. 3), 433-436
- (7) 中尾智昭, 高橋祥直, 高瀬文生, 菅原進一, 森田昌宏, 大宮喜文, 松山賢, 田中太, 水野雅之, 抱憲誓, 「散水設備作動時の区画火災性状 その2 追加実験概要と発熱速度低減について」, 日本建築学会関東支部研究報告集, (2005. 3), 437-440
- (8) 高瀬文生, 中尾智昭, 高橋祥直, 菅原進一, 森田昌宏, 大宮喜文, 松山賢, 田中太, 水野雅之, 抱憲誓, 「散水設備作動時の区画火災性状 その3 熱気流・煙伝播性状について」, 日本建築学会関東支部研究報告集, (2005. 3), 441-444
- (9) Futoshi Tanaka, Yoshifumi Ohmiya, Ken Matsuyama, Masayuki Mizuno, Shinichi Sugahara, Masahiro Morita, 「An Experimental Study of a Compartment Fire with the Activation of a Fire Suppression System」, The 6th KSME-JSME Thermal & Fluids

Engineering Conference, March 20-23, 2005, Accepted

(10) 高橋祥直, 高瀬文生, 中尾智昭, 菅原進一, 森田昌宏, 大宮喜文, 松山賢, 田中太, 抱憲誓, 水野雅之, 「散水設備作動時の区画火災性状 その1 実規模区画を使用した燃焼実験」, 日本火災学会研究発表会概要集, (2005. 5), 498-501

(11) 中尾智昭, 高橋祥直, 高瀬文生, 菅原進一, 森田昌宏, 大宮喜文, 松山賢, 田中太, 抱憲誓, 水野雅之, 「散水設備作動時の区画火災性状 その2 追加実験概要と発熱速度について」, 日本火災学会研究発表会概要集, (2005. 5), 502-505

(12) 高瀬文生, 高橋祥直, 中尾智昭, 菅原進一, 森田昌宏, 大宮喜文, 松山賢, 田中太, 抱憲誓, 水野雅之, 「散水設備作動時の区画火災性状 その3 熱気流・煙伝播性状について」, 日本火災学会研究発表会概要集, (2005. 5), 506-509

(13) 高橋祥直, 高瀬文生, 中尾智昭, 菅原進一, 森田昌宏, 大宮喜文, 松山賢, 水野雅之, 抱憲誓, 「散水設備作動時の区画火災性状 その1 実験概要及び発熱速度について」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (2005. 9), 173-174

(14) 中尾智昭, 菅原進一, 高橋祥直, 松山賢, 高瀬文生, 水野雅之, 大宮喜文, 抱憲誓, 森田昌宏, 「散水設備作動時の区画火災性状 その2 区画内の温度と熱流束・輻射熱」日本建築学会大会学術講演梗概集, (2005. 9), 175-176

(15) 高瀬文生, 高橋祥直, 中尾智昭, 菅原進一, 森田昌宏, 大宮喜文, 松山賢, 抱憲誓, 水野雅之, 「散水設備作動時の区画火災性状 その3 廊下内の熱気流・煙性状について」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (2005. 9), 177-178

(16) 高橋祥直, 高瀬文生, 中尾智昭, 菅原進一, 森田昌宏, 大宮喜文, 松山賢, 水野雅之, 抱憲誓, 「散水設備作動時の区画火災性状 その1 実規模を使用した燃焼実験」, 日本機械学会年次大会講演論文集, (2005. 9), 343-344

(17) 中尾智昭, 高橋祥直, 高瀬文生, 菅原進一, 森田昌宏, 大宮喜文, 松山賢, 水野雅之, 抱憲誓, 「散水設備作動時の区画火災性状 その2 追加実験概要と発熱速度について」, 日本機械学会年次大会講演論文集, (2005. 9), 345-346

(18) 高瀬文生, 高橋祥直, 中尾智昭, 菅原進一, 森田昌宏, 大宮喜文, 松山賢, 抱憲誓, 水野雅之, 「散水設備作動時の区画火災性状 その3 廊下の熱気流・煙伝播性状について」, 日本機械学会年次大会講演論文集, (2005. 9), 347-348

11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

本研究では、メタノール、ヘプタンなどの液体燃料を火源とし、スプリンクラーおよびウォーターミストなどの散水システム作動時の火災抑制効果等を実験的に調べた。今後は、木材クリブなどの固形物を火源とした実験条件も加え系統的な実験を行う必要がある。その際、散水用のヘッドの数、水量、散水のタイミング、可燃物と散水ヘッドの位置関係などの条件を変化させ、それら条件ごとの火災抑制効果を定量的に把握する。そして、それらのデータ整理結果に基づき、火災抑制に効果的な散水設備の最適配置などを検討する。

また、室内に持ち込まれる家具などの可燃物配置の実態調査などを行い、その結果を踏まえ、室内に持ち込まれる家具類を実験用区画内に配置し実験を実施する。その際、不燃・難燃化された内装材を区画内壁に使用した条件も加え、火災抑制効果を把握する。

一方、実規模実験で得られ結果に基づき、散水設備の火災抑制効果を考慮した火災性状予測コンピュータモデルを新たに構築する。新規に構築するコンピュータモデルは、煙流動予測プログラム **BRI2000** などとの互換性を考慮したモデルとし、建築物等の火災安全設計への汎用を目指す。

【4.3 複合センサによる消防隊員の携帯型位置特定システム】

研究実施期間	平成15年度～平成16年度(当初予定では平成17年度まで)
配分額(千円)	16,819(平成15年度)、24,700(平成16年度)
研究代表者	熊谷秀夫
所属機関	多摩川精機株式会社特機技術部慣性技術課
研究体制	産・学
研究概要	<p>地下空間などにおける消防隊員の位置特定を行うための携帯型位置特定システムの一部として必要な慣性装置を開発し、従来のものよりも小型化・軽量化を行う。また、操作性を向上させ、位置補正を容易化し、かつ、慣性装置内での演算における速度零補正を自動的に行うシステムを開発する。本慣性装置の出力をPHS対応、無線LAN対応とし、PHS通信端末については装置内蔵とするための小型化を図る。</p>
研究成果の活用事例	—
応用の方向性	—
キーワード	位置特定システム、慣性装置、携帯型、位置補正
研究結果コメント	<p>当初の目標を期間内に達成することが困難であると判断された。位置特定のための慣性装置の小型化、軽量化を行ったが、地下空間などGPSが働かない場所における消防隊員の位置特定(位置補正)のための、磁気方位センサやレーザーレーダは、実用上求められる精度まで向上させることが、現状においては困難であることが判明した。</p>

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

複合センサによる消防隊員の携帯型位置特定システム

2. 研究実施期間

平成 15 年度～平成 17 年度(3 年間)のところ平成 16 年度で終了

3. 研究代表者氏名

熊谷秀夫

4. 研究代表者所属機関

多摩川精機(株)

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

塩沢良明、水上慎太郎、菅沼嘉光

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

東京大学教授 柴崎亮介
 富士通(株) 芝藤和久
 ビクター(株) 齋藤 繁

7. 研究課題の要旨

携帯型位置特定システムの一部として必要な慣性装置を開発し、さらに従来の慣性装置よりも小型化・軽量化を行う。

また、操作性の向上のため外部にボタンを配置し、IC タグリーダーとの通信により得られる IC タグの位置情報からの位置補正を容易化し、かつ本慣性装置内での演算における、速度零補正を自動的に行うシステムを開発する。本慣性装置の出力を PHS 対応(平成 16 年度)、無線 LAN 対応(平成 17 年度)とし、PHS 通信端末については装置内蔵として装置の小型化を図る。

8. 研究結果

研究課題の要旨に伴い、従来の慣性装置より小型化・軽量化された慣性装置を開発した。開発された慣性装置の寸法・重量について従来の慣性装置と比較したものを表 1 に示す。

また、速度零補正を、ブザーを用いて自動化し、同じくブザーおよびボタンを用いて IC タグからの位置情報による位置補正を行えるシステムを開発した。出力についても PHS、無線 LAN 対応のものを作成し、両システムとも、外部との正常な通信を確認した。

表 1 小型化・軽量化についての開発結果

項 目	本研究にて開発した慣性装置			従来の慣性装置		
	幅	高さ	奥行き	幅	高さ	奥行き
寸法 [mm]	124	124.5	156.5	200	350	120
重量 [kg]	2. 2			約 5		

但し突起物を除き、バッテリー等を含まない装置のみの重量とする

9. 研究成果の活用状況

現在はまだ実用化していないが、本装置の開発により慣性装置の小型、軽量化の技術が確立出来たため、特に人が持ち運ぶような携帯型慣性装置について、研究成果を活用することが可能と考える。

10. 研究発表の状況等

公開実験を通し、多くの人に慣性装置について知っていただけたと考える。

11. 知的財産権の出願・登録状況

現在のところ出願・登録は行っていない。

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

現在では外部で接続されている無線 LAN コンバータや IC タグリーダーを慣性装置内蔵とすれば、操作性及び携帯性の向上が図れると考える。バッテリーについても慣性装置同様に小型化、大容量化が求められると考える。

IC タグリーダーが普及すれば小型、軽量化された慣性装置においても高精度化を図ることが出来るため、期待している。

【4.4 2流体ノズル PAG を用いた水損低減型消火システムの開発研究】

研究実施期間	平成15年度～平成17年度
配分額(千円)	4,160(平成15年度)、4,160(平成16年度)、4,160(平成17年度)
研究代表者	野口真太郎
所属機関	三菱重工業株式会社横浜研究所
研究体制	産
研究概要	<p>水と空気を同時に噴霧する「2流体ノズル PAG」では、既に水損を大幅に低減できる実験結果が得られているが、本研究では、①噴霧状態と消火性能の関係把握、②適用限界の把握、③粒子径の消火能力への影響把握の3課題について、実験を行って確認した。</p> <p>中でも、実用化に向けて把握しておく必要のある適用限界については、試験結果および過去の知見から、①主な燃焼物が木材等である建物火災についてはマンション1室(約10畳)程度の火災までは充分適用できる、②中型乗用車の車両火災には適用可能、③沸点の低い液体燃料火災の消火には適さない、との結論が得られた。</p>
研究成果の活用事例	消防隊用の消火資機材として導入
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・マンション1室程度の火災や車両火災に有効 ・油火災には適さない
キーワード	少水量、低水損、2流体、PAG (pneumatic atomizing gun)
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標をある程度達成しており、得られたアウトカムにより、実用化、施策等への活用等が期待される。実戦配備へ向けての道筋がつけられており、実用化へ向けて積極的に取り組むべき。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

2 流体ノズル PAG を用いた水損低減型消火システムの研究開発

2. 研究実施期間

平成 15 年度～平成 17 年度(3 年間)

3. 研究代表者氏名

野口真太郎

4. 研究代表者所属機関

三菱重工業(株)横浜研究所

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

大久保精二、宮坂政司、加村亮子

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

なし

7. 研究課題の要旨

水と空気を同時に噴霧する「2 流体ノズル PAG」を消火に用いることで、水損(階下への漏水や器物破壊)に直結する流下水量を大幅に低減できるとの見通しが得られていたが、次の課題が残されていた。第 1 の課題は、噴霧状態と消火性能の関係把握であり、本研究では要素試験によりこれを把握した。第 2 の課題は PAG 消火システムの適用限界の把握であり、ヘプタン火皿消火試験および過去の知見などから本システムの適用限界を見出した。第 3 の課題は粒子径の消火能力への影響把握であり、粒子径が既知なノズルを用いてクリブ消火試験を行った。

8. 研究結果

噴霧状態と消火性能の関係については、流速が速いほど低密度で消火可能との関係が把握でき、消火限界粒子密度の流速依存性が確認できた。

適用限界については、試験結果および過去の知見から、①主な燃焼物が木材等である建物火災についてはマンション 1 室(約 10 畳)程度の火災までは充分適用できる、②中型乗用車の車両火災には適用可能、③本システムは沸点の低い液体燃料火災の消火には適さない、との結論が得られた。

粒子径の消火能力への影響把握については、粒子径が小さいとクリブ内への水の到達力が不足するため消火能力が低下するものと推測された。

9. 研究成果の活用状況等

製品化はほぼ完了し、普及を推進中。並行して、消火現場での実用性をさらに向上させるため、評価・改良を行う見通し。

10. 研究発表の状況等

(1) 加村亮子、「2 流体ノズルを用いた PAG 消火システムの性能向上」, 平成 16 年度 火災学会研究発表会

(2) 加村亮子、「2 流体ノズルを用いた PAG 消火システムの性能向上(2)」, 平成 17 年度

火災学会研究発表会

(3) 野口真太郎, 「2 流体ノズルを用いた PAG 消火システムの開発(3)」, 平成 18 年度 火災学会研究発表会

11. 知的財産権の出願・登録状況等

本研究での特許出願なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

これまでの検討で、本システム実用化に向けて必要なデータはほぼ整理されたと考えてよい。ハード面の残された課題としては装備の軽量化などが挙げられる。

一方、ソフト面の取り組みはこれからとなる。本システムは室内消火時の水損低減が主目的であり、過大な火災に対しては従来通り大量放水し確実な消火をすべきだが、その見極めが要る。消火時に「水損低減の要否」「本システムでの消火可否」をそれぞれの現場で適切に判断するための指針作りが必要である。操作手順も十分に習熟した上で実戦に臨む必要がある。今後はこれらソフト面の取り組みに注力していかなければならない。

消防防災への取り組みについて、効果の即効性・持続性・確実性を期待するなら消防機器(ハード面)の高度化が近道と感じられる。本システム開発も、実際の消火現場で水損低減に寄与することにより初めて意義あるものとなるので、今後の普及に注力したい。

2流体ノズルを用いた水損低減型消火システム



<p>木材・建物火災</p>	<p>マンション1室程度の火災に有効</p>	
<p>車両火災</p>	<p>中型乗用車の車両火災に有効</p>	
<p>油火災</p>	<p>低沸点の引火性液体の消火には適さない</p>	

【4.5 防災観測機システムの開発】

研究実施期間	平成15年度～平成17年度
配分額(千円)	15,240(平成15年度)、19,432(平成16年度)、19,500(平成17年度)
研究代表者	三橋清通
所属機関	社団法人岐阜県工業会
研究体制	産
研究概要	<p>本研究では、山林火災・斜面岩盤崩落・火山噴火等災害時の状況を上空から監視する防災観測用無人機として、観測計測飛行するシステムを構築する。</p> <p>防災観測機システムは、形状として翼幅1.5m、全長1.23m、高さ0.5m、全備重量5.0kgの電動式無人機で、GPS及び自動操縦装置の搭載による、目標位置、飛行高度、飛行速度等の設定により安定した自律飛行を可能とし、巡航速度50km/hで30分間のビデオカメラ及びデジタルカメラによる観測飛行ができるシステムである。</p> <p>その他に、画像伝送及びGPSデータ伝送装置を搭載すれば、リアルタイムで画像及び飛行情報の表示が可能である。地上装置として、自動操縦装置用のノートパソコン及び画像表示・自動追尾用処理装置システムがある。</p>
研究成果の活用事例	災害時の現場画像情報の収集
応用の方向性	災害対応の他、交通監視、環境監視、河川管理など多方面に応用可能なことをアピールし、実用化へ向けて運用研究を行う。
キーワード	防災観測用、無人飛行機、画像伝送、自律飛行
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトプットにより、実用化等へ向けてさらに研究開発を行うことが期待される。固定翼の無人機の開発は他でも実施されており、安全性を確保するとともに、消防防災分野での特色を出していくことが、実用化の鍵となると考えられる。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

防災観測機システムの研究

2. 研究実施期間

平成 15 年度～平成 17 年度(3 年間)

3. 研究代表者氏名

三橋清通

4. 研究代表者所属機関

社団法人岐阜県工業会

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

なし

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

川重岐阜エンジニアリング(株)	西脇英彦、熊倉 弘
古野電気(株)	橋本豊雄、川辺健夫
徳田工業(株)	西脇英彦

7. 研究課題の要旨

防災観測用無人機として観測計測飛行するシステムを構築する。山林火災・斜面岩盤崩落・火山噴火等災害時の状況を上空から監視する。無人観測機の制御は自動航行を可能とし、操縦負担を軽減する。各種安全機能を充実させ、操縦容易化、取扱簡便、電動化により騒音低減をねらい、極力軽量化した機体システムとする。センサーとしてデジタルカメラによるビデオ画像伝送のほか、静止画記録を行い、GPS データ伝送装置等を用途に応じて搭載する。地上装置は、操縦発信機、飛行情報(飛行位置、速度、高度)処理表示装置、画像受信機、画像モニター等からなる。

本システムを利用すれば、災害発生時には、従来に比し迅速で安全に情報収集および対応が可能になり、災害の拡大防止・民生の安定に寄与できる。

8. 研究結果

防災観測機システムは、形状として翼幅 1.5m、全長 1.23m、高さ 0.5m、全備重量 5.0kg の電動式無人機で、GPS 及び自動操縦装置の搭載による、目標位置、飛行高度、飛行速度等の設定により安定した自律飛行を可能とし、巡航速度 50km/hr で 30 分間のビデオカメラ及びデジタルカメラによる観測飛行ができるシステムである。

機上搭載可能なシステムはデジタルカメラのほか画像伝送及び GPS データ伝送装置であり、地上においてリアルタイムで画像及び飛行情報の表示が可能である。

地上装置として、自動操縦装置へのデータ入出力用のノートパソコン及び画像・データ表示・自動追尾用処理装置システムがあり、コンパクトにまとめている。

画像表示としては、ビデオ画像と飛行情報及び静止画像撮影情報も表示可能である。

9. 研究成果の活用状況

広報活動により実用化に向けた防災観測機の用途開発を実施の予定。

10. 研究発表の状況等

(1) 研究発表・講演

表題 「消防防災無人観測機の風洞試験と飛行試験」
日時, 場所 平成 17 年 3 月 11 日(金), 東北大学流体科学研究所
学会名 日本航空宇宙学会北部支部 2005 年講演会
著者 川重岐阜エンジニアリング(株) 西脇英彦(発表者)
川重岐阜エンジニアリング(株) 熊倉 弘
(社)岐阜県工業会 三橋清通
古野電気(株) 橋本豊雄
古野電気(株) 川辺健夫

(2) 学会誌寄稿

表題 「小型観測機用無人機の設計と開発」
著者 IT エアシステム 西脇 英彦
(社)岐阜県工業会 三橋 清通
誌名 日本航空宇宙学会誌, 2006, 3 月号, Vol, 55 No.626

11. 知的財産権の出願・登録状況等

特になし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

本研究の主題のとおり防災観測機として開発したが、機能的にはきわめてユニークであり、当初の災害対応のほか、交通渋滞監視、環境監視、森林生育調査、河川管理、電力高圧線監視、高層建造物の損傷調査、山岳救難の早期情報収集、湖沼水質改善監視など多方面に活用が可能と思われるので、広くユーザーへのアピールを行うとともに、更なる防災観測機としての実用化に向けた運用研究を実施したい。

(1) 性能向上等改善事項

- ア. 山岳救難用高高度飛行
- イ. カタパルト発進機の導入
- ウ. パラシュートによる着陸回収
- エ. 低速運用(ヘリコプターの代替)
- オ. 半自動離着陸による操縦操作の簡略化
- カ. 長時間飛行(1 時間)

添付資料



写真1 防災観測機 6号機



写真2 防災観測機(飛行実験)

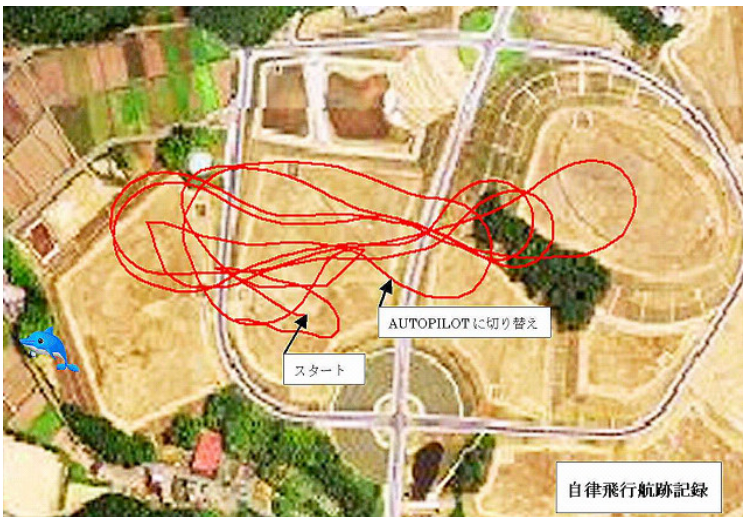


写真3 防災観測機飛行航跡表示記録



写真4 航空写真(関市郊外・高度 150m)



写真5 自動追尾アンテナ

【4.6 地下浸水時の避難・救助システムに関する研究】

研究実施期間	平成16年度～平成17年度
配分額(千円)	3,744(平成16年度)、2,340(平成17年度)
研究代表者	戸田圭一
所属機関	京都大学防災研究所水災害研究部門
研究体制	学
研究概要	<p>本研究では、多層化した地下空間を対象として、大規模な水理模型を用いた実験と高度な数値シミュレーション解析を併用することにより、大規模洪水氾濫時の地下の浸水状況を明らかにする。</p> <p>実規模スケールの施設を用いた浸水体験実験により、浸水状況に対する危険回避行動(避難行動・救助活動)の困難さやその限界に関して科学的な分析を行う。重要な都市施設の水害脆弱性改善策の確立、地下浸水発生時の最適な避難誘導システムならびに救助・救援システムの確立を目指している。</p> <p>結果として、地上と地下空間を統合した都市型水害浸水シミュレーションモデルを開発した。また、実大階段・ドア模型による地下浸水実験を実施し、避難限界や救助について考察した。</p>
研究成果の活用事例	<ul style="list-style-type: none"> ・都市型水害における避難・救助訓練 ・地下空間からの避難実験を一般市民や中学生、高校生に公開し、防災に関する啓発の実施
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・避難行動解析の進展 ・地下浸水時の救助・救援システムの構築
キーワード	地下浸水、避難、救助、都市型水害
研究結果コメント	<p>当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトプットにより、実用化等へ向けてさらに研究開発を行うことが期待される。近年の都市型水害での地下浸水が問題となっていることから、有用な研究である。避難行動シミュレーションモデルを構築する際に必要となる避難実験やドア実験を行っており、今後、得られた知見を現場で活用できるよう、さらなる取り組みが望まれる。</p>

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

地下浸水時の避難・救助システムに関する研究

2. 研究実施期間

平成 16 年度～平成 17 年度(2 年間)

3. 研究代表者氏名

戸田圭一

4. 研究代表者所属機関

京都大学防災研究所

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

井上和也(現 京都大学名誉教授)、中川 一、石垣泰輔(現 関西大学工学部)
米山 望、馬場康之

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

該当なし

7. 研究課題の要旨

大規模な都市型水害発生時、市内中心部では、高度に発達した都市構造の影響をうけて地上の氾濫水は複雑な挙動を示すとともに、ビルの地下室、地下街や地下鉄といった地下空間に氾濫水が流入し、人命を損なう危険性が非常に高い。また地下浸水は、電気、ガスといったライフラインに支障をきたす可能性も大いにある。

本研究では、多層化した地下空間を対象として、大規模な水理模型を用いた実験と高度な数値シミュレーション解析を併用することにより、大規模洪水氾濫時の地下の浸水状況を明らかにする。さらに、実規模スケールの施設を用いた浸水体験実験により、浸水状況に対する危険回避行動(避難行動・救助活動)の困難さやその限界に関して科学的な分析を行う。そして、得られた知見をもとに、重要な都市施設の水害脆弱性改善策の確立、地下浸水発生時の最適な避難誘導システムならびに救助・救援システムの確立を目指している。

8. 研究結果

(1) 水理模型実験より、地下空間は浸水時に急激に水深が増大し、大変危険な状況になることが確認された。また避難では、階段部が重要箇所となる。並行して、地上と地下空間を統合した都市型水害浸水シミュレーションモデルを開発した。

(2) 実物大の階段・ドア模型を活用して浸水体験実験を実施し、地下浸水時の避難限界について考察した。その結果、地上水深が 30cm 相当の流入流量で成人が階段を上れる限界状況となり、押し開きのドア前面の水深が 40cm を超えると、成人男性でもドアを開けることが困難になる。

(3) 実物大の階段模型を用いた消防関係者の訓練をもとに、地下浸水時の救助について検討したところ、1) 服装の違いにより移動時の抵抗が大きく変わり、防火服などの服装では救助活動に支障をきたす、2) 階段を昇るよりも降りる方が困難を伴う、3) 被災

者が歩行困難な場合、担いでの救出は難しい、といった知見が得られた。

9. 研究成果の活用状況等

実物大階段およびドア模型を用いた地下空間からの避難実験を一般市民や中学生、高校生に公開し、防災に関する啓蒙活動に努めている。またこれらの施設を用いた消防関係者の訓練も、あわせて実施している。

10. 研究発表の状況等

(1) Toda, K., Inoue, K., Nakai, T. and Oyagi, R., 「Hydraulic model test of inundation water intrusion in underground space」, Proc. of the 4th International Symposium on Environmental Hydraulics and the 14th Congress of APD, IAHR, 2004, pp.1403-1409

(2) Ishigaki, T., Nakagawa, H. and Baba, Y., 「Hydraulic model test and calculation of flood in urban area with underground space」, Proc. of the 4th International Symposium on Environmental Hydraulics and the 14th Congress of APD, IAHR, 2004, pp.1411-1416

(3) Ishigaki, T., Inoue, K., Nakagawa, H., Toda, K. and Baba, Y., 「Experimental and numerical study on ground and underground flooding in urban area」, Proc. of the International Conference on Monitoring, Prediction and Mitigation of Water Related Disasters (MPMD-2005), 2005, pp.149-154

(4) 間島真嗣, 戸田圭一, 大八木亮, 井上和也, 「都市域の地上・地下空間を統合した浸水解析」, 水工学論文集第 49 巻, 土木学会水工学委員会, 2005, pp.601-606

(5) Ishigaki, T., Baba, Y., Toda, K. and Inoue, K., 「Experimental study on evacuation from underground space in urban flood」, Proc. of XXXI IAHR Congress, Seoul, 2005. (on CD-ROM)

(6) Ishigaki, T., Toda, K., Baba, Y., Nakagawa, H. and Inoue, K., 「Experimental study on urban flood and evacuation」, Proc. of International Symposium on Fluvial and Coastal Disasters, Kyoto, 2005. (on CD-ROM)

(7) Toda, K., Aihata, S., Oyagi, R. and Inoue, K., 「Inundation analysis of ground and underground spaces in large cities」, Proc. of International Symposium on Fluvial and Coastal Disasters, Kyoto, 2005. (on CD-ROM)

(8) 錦織俊之, 戸田圭一, 間島真嗣, 岩村真理, 「浸水時の多層地下空間からの避難に関する研究」, 河川技術論文集第 11 巻, 土木学会水工学委員会河川部会, 2005, pp.187-192

(9) 戸田圭一, 岩村真理, 間島真嗣, 石垣泰輔, 「都市水害時の地下浸水の危険性について」, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第 11 巻, 土木学会地下空間研究委員会, 2006, pp.163-170.

(10) 石垣泰輔, 戸田圭一, 馬場康之, 井上和也, 中川一, 「実物大模型を用いた地下空間からの避難に関する実験的検討」, 水工学論文集第 50 巻, 土木学会水工学委員会, 2006, pp.583-588

(11) 山本大介, 戸田圭一, 米山望, 間島真嗣, 「小規模地下空間の浸水実験」, 河川技術論文集第 12 巻, 土木学会水工学委員会河川部会, 2006, pp.115-120

(12) 馬場康之, 石垣泰輔, 戸田圭一, 中川一, 「地下空間からの避難に関する実験的検

討」，土木学会第 61 回年次学術講演会, 2006(投稿中)

11. 知的財産権の出願・登録状況等

該当なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

(1) 避難行動解析のいっそうの進展

実物大の階段・ドア模型を用いた体験型の避難実験により地下浸水時の具体的な避難限界指標が得られた。一方、地下浸水時には、平面部の通路でも、氾濫水の流速が大きいときには避難が困難であることが階段実験から十分予想される。狭い通路での避難限界についても、実物大の模型を用いた体験実験を実施して明らかにすることが今後の研究課題となる。

(2) 地下浸水時の救助・救援システムの構築

地下浸水時の救助・救援システム構築に向けては、実物大の模型を用いた体験実験を消防関係者と協力して鋭意、継続していく必要がある。(1) で述べた地下通路も含めて、狭小な地下空間の浸水状況を想定した実験から、救助・救援に適した服装や装備について、さらに深く検討していく必要がある。それに加えて、防災指令本部と災害発生箇所との間や、地上部と地下空間の間での情報連絡システムの高度化、閉塞された浸水地下空間内でのスクーバ潜水による人命救助などの特殊救急システムの構築、といった新たな対応策についても検討を進める必要がある。

地下浸水時の救助・救援活動に関する考察

馬場康之・石垣泰輔・戸田圭一

1 はじめに

都市域における地下空間は、限られた地域の中に人口や資産が高度に集積した都市において重要な空間であり、その有効利用は今後さらに進展するものと考えられる。利活用の進む地下空間は、その一方で水害時の危険性が指摘されており、過去にも人的被害が発生するなどの事態が生じている。従って、地下浸水発生時には、地下空間内において被災者の発生ならびに救助・救援活動が必要となる状況が十分予想される。

地下空間内での救助・救援活動を行うにあたっては、まず地下街、地下構造物に関する分布図、さらには地下空間のハザードマップの事前準備が重要であると考えられる。これらの分布図、ハザードマップは、不足しがちな地下空間内の空間情報を与えるとともに、地下浸水発生時の状況予測、発生状況の認識および対応の想定を事前に行うためにも重要であると考えられる。

実際の避難、救助活動を想定すると、階段は地下空間からの避難路でもあり、救助活動の起点ともなるため、極めて重要な位置を占めることになる。その階段を通じての避難、救助では、階段部分の形状の把握、分類も事前準備の一つとして肝要になると考えられる。理由として、これまでに行われている階段を通じての避難行動に関する実験結果によると、氾濫水の流入により階段部で生じる流動の状況が避難行動に大きく影響を及ぼすことが指摘されており、階段部での流動状況が、救助方法の適用性にも大きく関係することが同時に予想されるためである¹⁾。

水防法の改正（平成17年）では、地下空間の浸水時における避難の確保を図る計画の作成が定められた²⁾。これは、地下空間では、浸水深の上昇が速いなど地上とは異なる想定外の状況が発生することや、地上の状況が把握しにくいこと、さらには通路が複雑に入り組んでいるために避難行動が容易でない状況に対策を講じることを目的としている。今後進められる防災体制の強化においては、被災者の発生に対応した救助・救援活動についても上述の避難の確保を図る計画と連携する形で具体的方策が整備されることがより望ましいと思われる。

本稿では、地下空間からの救助活動を念頭に、実物大の階段模型を用いて行われた救助訓練の概要について述べるとともに、訓練時および訓練後のヒアリングなどを通じて浮き彫りとなった点などについて考察を行う。

2 救助訓練の概要

実物大階段模型（京都大学防災研究所・宇治川オープンラボラトリー内）を用いた、京都市消防局による救助活動に関する訓練は2回実施された。2回の訓練の概要を示すと以

下のようなである。

救助訓練 1（レスキュー隊員を含む総勢 20 名程度が参加）

- レスキュー隊員による，浸水時の階段における移動，および被災者救助の訓練
 - ・流水中の階段を通じた被災現場への移動（安全性の確認）
 - ・被災者（人間型の人形）の救助方法
 - 被災現場での被災者の確保
 - 安全な方法での救出（担架状の器具による被災者の救出）
 - ・服装（特に足元周り）の違いによる，移動しやすさの確認
 - 通常の制服，防火服，素足，ウェットスーツ&ブーツ，沢登り用ブーツ等

救助訓練 2（レスキュー隊員を含む総勢 20 名程度が参加）

- 未体験の隊員による階段昇降の体験
- 階段の移動方法に関する訓練
 - 複数（5 名程度）が前後に並んだ状態で移動（昇降）
 - 安全帯を装着しての移動訓練（昇降）
- 被災者の救助方法に関する訓練
 - 1 名の隊員が，1 名の被災者を背負って移動（救助法 I）
 - 2 名一組，左右から被災者を抱えて移動（救助法 II）
 - 4 名一組，被災者を前後 2 名ずつで守る形で，一列で移動（救助法 III）
 - 4 名一組，前 2 名が流勢を弱め，後 2 名が被災者を抱えて移動（救助法 IV）
 - 自立できない被災者を，担架状の器具に乗せて引き上げ（救助法 V）

1 回目の訓練は，実物大階段模型での流水中の階段昇降が初めてであったこともあり，基本的に流水時の階段昇降動作の確認や，服装による階段昇降動作への影響の確認が主となった。2 回目の訓練時には，実際の救助活動を想定して，安全な階段昇降および被災者の救出方法を，階段模型上で実際に試すこととなった。

ここで行われた訓練は，階段昇降時にロープで隊員の安全を確保するなど，訓練時の安全には十分に配慮された中で実施された。

(1) 流水中の階段の昇降

写真-1 は，流水中の階段を昇降する様子であり，階段模型の未体験者に対する最初の体験時のものである。実験条件は地上での氾濫水深が 30cm 程度で，この条件では階段の下端では流速が約 4m/s に達する。この状況はこれまでの体験実験の結果（前出¹⁾）から，一般人の階段を通じた避難が困難になる水深である。訓練に参加した隊員は，全員昇降が可能であったが，写真にあるように下る際に手すりを使用する場合も見られた。

写真-2 は、階段下端部でロープにより姿勢を確保する様子である。上述のように、地上の氾濫水深が 30cm 程度の場合、階段の下端での流速が 4m/s となり、氾濫水深が 40cm になると流速は 5m/s を超える。このように流速が非常に大きくなる状況下での救助活動時には、隊員の姿勢の確保は欠かせず、状況に応じた形での方策が必要となる。ただし、地上からの氾濫水が流れ込む階段では、水以外の漂流物も合わせて流れ込むため、姿勢を確保しつつもある程度の回避行動は取れるようにした方がよいと思われる。

(2) 階段移動時の服装について

これまでに実施された避難に関する体験実験（前出¹⁾）においても、服装の条件、特に足元周りの条件の違いにより、足元に作用する流体力ならびに階段上での移動のしやすさに違いのあることが確認されている（前出¹⁾）。今回の訓練においては、**写真-3** に示す 4 種の服装（防火服、素足、ウェットスーツ&ブーツ、沢登り用ブーツ）による移動のしやすさの確認が行われた。

素足は足元に加わる流体力が最も小さくなる状態であり、訓練時にも確認されている。しかしながら、現場を想定した場合、足元を負傷する可能性が大きいため、安全性の面から適用は難しいと思われる。

防火服は、ここで試された 4 種の中で最も移動が困難であることが確認された。火災に対しては有効である防火服も、流水中では流水に対する投影面積が大きくなるために過大な流体力が足元に作用する結果となり、他の服装に比べて移動が難しい状況となった。

流水中の階段を移動する服装としては、今回の訓練ではウェットスーツが最も適したものであり、さらには沢登り用ブーツが足元の安定により有用性のあることが確認された。このように救助活動時の服装が、階段での移動に大きく影響することから、発災時の状況をよく把握して服装を選択すること、および、より適切な服装の準備が重要である。

(3) 階段の移動方法に関する訓練

本節では、前節までとは異なり、複数人数での移動に関する訓練の状況について示す。まず、5人1組で階段を昇降する様子が**写真-4** である。ここでは、5人ができるだけ固まった状態で移動することで、移動時の安全性を確保しようとしている。今回の訓練時には、足の運びを全員で合わせていたために、昇降速度が大きくできなかった。この移動方法では、最も上段に位置する隊員が流水の矢面に立ち、他の隊員に作用する流勢を弱める利点を有するが、最上段の隊員への負担が大きくなる点、またスリップ時には他隊員にも影響する点などに注意が必要である。

写真-5 は、2名の隊員が1本のロープを介して、それぞれに階段を昇降する様子を示している。この方法は救助隊員の移動だけではなく、被災者の救助時にも利用できる可能性がある。ただし、この方法の適用には階段形状が関係する（今回のような直線階段には適用しやすい）ほかに、流水中のロープ操作等への問題点も残されている。

(4) 被災者の救助方法に関する訓練

今回の訓練では、被災者の救出方法について、隊員の人数、被災者の歩行の可、不可に応じた全5種類の救出方法の訓練を行った（上述訓練概要参照）。

最初に、1名の隊員が1名の被災者（歩行不可）を背負って移動する状況（救助法 I）を**写真-6**に示す。この方法は、器具を使わない救助方法（4種類）の中で、最も移動速度が速い結果となった。これは、複数の隊員による救助方法の場合、隊員同士が相互に確認を取りつつ固まって移動する形となり、結果的に集団としての移動速度が遅くなるためである。ただし、1名の隊員による救助が速やかに行われるのは、被災者を背負った状態での救助隊員に十分な余裕があり、なおかつ地上の氾濫水深が大きくなり階段上の流水による昇降への影響が少ない状況においてである。また、不慮の事態の状況下で、対応が取りにくいのも難点の一つである。

写真-7は、2名の隊員による被災者1名（歩行不可）の救助の様子（救助法 II）である。先にも述べたように、この方法は隊員1名による救助よりも移動速度は遅い結果となったが、各隊員への負担は少ない。また、不慮の事態への対応も可能である利点がある一方で、現場での階段移動時には片方の隊員のみ手すりが見える状況になることが予想されるので、隊員間でのアンバランスには注意を要する。

写真-8には、4名の隊員による被災者1名（歩行可、不可）の救助の様子（救助法 III、救助法 IV）を示す。**写真-8(a)**は被災者が歩行可能の場合であり、先導する隊員の後を付いて移動する形で、隊員が被災者を前後から囲むようにしている。被災者が歩行不可能の場合（**写真-8(b)**）には、2名の隊員が被災者を抱え、残り2名の隊員が先導する形で移動している。いずれの場合も、集団としての移動速度が遅くなりがち（特に被災者も歩行する場合）であるのが難点であるが、両方法とも先導する隊員が存在し、被災者への流勢をある程度緩和できるほか、漂流物の流入などの事態にも対応が可能である。ただし、その場合先導役の隊員の安全確保の手段が必要である。

次に、歩行不可能な被災者を、器具を使って救助する方法（救助法 V）について示す（**写真-9**）。今回使用されたのは、担架に浮体を取り付けた簡易な器具ではあるが、被災者を載せた状態で救助隊員の支持が無くとも安定な状態を保てることが確認された。実際の救助活動時には、隊員もしくはロープ等による支持が必要であり、また階段形状が直線でない場合には、引き上げロープの操作、器具の安全な移動のための隊員の配置が必要となる。

最後に、歩行可能な被災者に対する別の救助方法を**写真-10**に示す。この方法は被災者がある程度自力で避難可能であることを前提に、複数の隊員が隊列を組み、流勢を弱めた部分すなわち避難路を作り出そうとするものである。訓練時の状況では、十分な避難路（写真中、階段右側）を作り出すに至ってはいないが、流水中の階段に避難の難しくない領域

を確保するという考え方は、階段を通じた避難、救助活動を行う上で有効性の高いものと考えられる。

3 訓練を通じての考察

今回実施された訓練は、地下空間への浸水を想定した救助方法に関する数少ない訓練の一つである。上に示した訓練の内容から、次のような考慮すべき項目が挙げられる。

●救助隊員の服装

服装の違いにより、階段を移動中に受ける抵抗が大きくなり、移動に要する時間に影響がでるため、浸水被害発生時を想定した服装が必要である。特に防火服のような服装では、流水中で受ける抵抗が大きくなり、救助・救援活動に支障がでることが予想される。

●階段等の経路を通じての現場への移動

救助・救援活動の場合、地下へ流入する氾濫水と同じ方向（上から下）に地下空間へ向かうことになる。今回の訓練を通じて、階段を降りる動作が上る動作よりも危険性を感じることを確認され、安全な移動方法の確立が求められる。

また、訓練時に実物大階段模型で使用できた”手すり”は、現場では実質上片側のみしか利用できないと想定されるので、実際の救助・救援活動は今回の訓練よりも一層困難な状況に直面することが予想される。そのため、被災現場へ移動する過程での階段部および流水速度の大きな場所（例えば、階段下の踊り場等）での救助隊員および被災者の移動については、十分に安全に配慮する必要がある。

●被災者の救助方法について

被災者の状態により、適用できる救助方法が異なるため、それぞれの状況の応じた適切な方法を採用することが大切である。今回の訓練においても、いくつかの救助方法が試されたが、実際の階段部分は幅が広く、全体の形状、手すりの有無など実情を十分に勘案した救助方法を確立する必要がある。

なお、現場への移動、救助活動中を通じて、救助隊員自身の安全性の確保も十分に勘案すべきである。

また、地下の深い位置での救助活動においては、潜水作業を伴う可能性がある。この場合には、潜水機材の準備、搬送を効率よく行うとともに、潜水作業者に対する位置情報の提供ならびに通信手段の確保、被災者の救助方法などを構築する必要がある。

4 まとめ

本章では、2回実施された地下浸水発生時の救助訓練の概要について、訓練の内容と訓練から浮き彫りとなった点について示した。

上述のように、地下空間への浸水時の救助活動を想定した場合、救助活動時の隊員の服装、流水中の階段での移動方法ならびに被災者の安全な救出方法について、それぞれ検討する必要のあることが確認された。また地下浸水時には、時々刻々と変化する地下での浸水状況への対応が要求されるほか、場所により流速の異なる流水中での救助活動であること、不慮の事態の発生などにより、想定された救助活動に対する不確定性が生じる可能性がある。地下浸水時を念頭においた救助活動方針の策定においては、これらの諸問題を勘案しながら安全性の高い方法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 石垣泰輔・戸田圭一・馬場康之・井上和也・中川一・吉田義則・多河英雄：実物大階段およびドア模型を用いた地下空間からの避難に関する水理実験, 京大防災年報第 48 号 B, pp.639-646, 2005.
- 2) 水防法研究会 編：逐条解説 水防法, ぎょうせい, 2005.



写真-1 流水中の階段昇降



写真-2 隊員の姿勢確保の様子



写真-3 足元周りの服装の違い

(左上：防火服，右上：沢登り用ブーツ，左下：ウェットスーツ，右下：素足)



写真-4 階段の移動方法（5人1組）



写真-5 階段の移動方法（ロープ使用）



写真-6 被災者の救助方法（隊員1名，被災者1名）



写真-7 被災者の救助方法（隊員2名，被災者1名）



(a)



(b)

写真-8 被災者の救助方法（隊員4名，被災者1名）



写真-9 被災者の救助方法（器具使用）



写真-10 被災者の救助方法（避難路）

第5 特殊災害対策の強化

【5.1 大容量泡放射システムにおける吸水設備の研究】

研究実施期間	平成16年度～平成17年度
配分額(千円)	15,120(平成16年度)、15,120(平成17年度)
研究代表者	村井直行
所属機関	株式会社モリタ 技術研究部
研究体制	産
研究概要	<p>本研究においては、石油タンクの消火設備である大容量泡放射システム用の吸水設備を研究した。</p> <p>具体的には、水中ポンプ・発電機及び水中ポンプを海に下ろすクレーン等を装備した車両を開発した。そのために、1年目は、汎用水中ポンプで吸水設備を試作し、大容量泡放射システムとの適合性を検証し、据付・運用上の問題点を抽出し、2年目においては、当該問題点を解決するため、軽量で耐海水腐食性に優れた高性能水中ポンプを試作、検証した。</p>
研究成果の活用事例	石油コンビナート区域の事業所の消火資機材として実用化
応用の方向性	大容量泡放射システムへの給水設備
キーワード	大容量泡放射システム、消火用水、水中ポンプ、軽量、小型、耐海水腐食性
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトカムにより、実用化、施策等への活用等が期待される。2003年の十勝沖地震の石油タンク全面火災に起因する法令改正に対応した非常に重要なかつ実用的な研究である。今後の実用化・配備が期待される。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

大容量泡放射システムにおける吸水設備の研究

2. 研究実施期間

平成16年度～平成17年度(2年間)

3. 研究代表者氏名

村井直行

4. 研究代表者所属機関

(株)モリタ

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

山根 伸、神代 斉、毛利信之、田中藤尚、山本昌彦、松下 修

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

(株)日立製作所 中島信之

日本機械工業(株) 武内幸一、丸山政信

7. 研究課題の要旨

2003年の北海道十勝沖地震での石油タンク全面火災の消火に手間取ったことから、大容量泡放射システムが検討され、消火栓能力を上回る水の供給が必要となった。

全てのコンビナートの消火栓能力を大きくするのは、多大な費用が掛かることから、火災発生場所に移動して使用できる大容量泡放射システム用の吸水設備を研究した。

日本のコンビナートの多くは、隣接した海岸より海水を吸水することが有効と考え、火災現場近くの海岸へ迅速に移動し吸水できる設備として、水中ポンプ・発電機及び水中ポンプを海に下ろすクレーン等を装備した1台の車両の開発を想定した。

1年目は、汎用水中ポンプで吸水設備を試作し、大容量泡放射システムとの適合を検証し、据付・運用上の問題点を抽出した。2年目は、問題点を解決するため、軽量で耐海水腐食性に優れた高性能水中ポンプを試作し検証した。

8. 研究成果

1年目の試作は、吸水量16,000L/min、重量2,600kg、寸法4m×2m×2mの大きな物となったが、水中ポンプが大容量泡放射システムに適合することが検証できた。また、大きく重いため、据付に大型クレーン車が必要となった事や、海水による腐食の心配、性能不足などが明確となった。2年目の試作は、水中ポンプを新たに開発し、吸水量21,000L/min、重量360kg(ホース等を含む)、寸法1.6m×1.6m×1.5mの吸水設備となり、軽量化、小型化、耐海水腐食性を実現できた。

この結果、吸水設備が、許容荷重500kg程度の車載クレーンで吊り下げ可能となり、許容積載量2,000kgのキャブバッククレーン付トラックに水中ポンプ、発電機を積載すれば、この小型トラック1台で移動据付できる機動性のある大容量泡放射システム用の吸水設備として、有効に使用できることが明らかとなった。

9. 研究成果の活用状況等

石油タンク全面火災を想定し、コンビナートには、大容量泡放射システムの配備が義務づけられた。高額のコストがかかることから、広域で配備することも合わせて認められた。広域配備の為に、火災発生後の覚知後、配備場所から火災現場まで、遠距離を移動して迅速に消火することが求められ、大容量泡放射システムの吸水設備についても機動性のあるものが求められている。現在、当該研究成果による商品をコンビナート関連事業者で紹介中である。また、当該研究成果は、大地震における消火用の水の供給や、洪水時の排水目的にも利用できる。

10. 研究発表の状況等

平成17年3月1日「大容量泡放射システム等検討部会」にて
鹿児島県志布志国家石油備蓄基地で1年目の試作吸水設備を含む大容量泡放射システムの放水実験を実行し、全体実験結果を報告。

11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

大容量泡放射システムは、平成20年11月までに配備される予定である。コンビナート事業所で、実際に訓練等で使用した実績を元にさらなる改良が期待された場合、改めて当該研究を推進する必要がある。

大容量泡放射システムにおける吸水設備

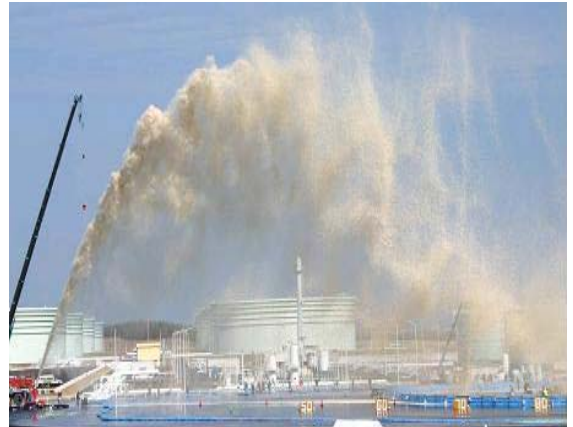
大型石油タンクの火災には、大量の泡放射による消火が効果的



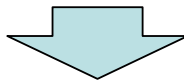
石油タンク全面火災

大容量泡放射システムの開発→迅速に移動するために、軽量・機能化が要求されている。

大容量
(21,000L/min)
水中ポンプの軽量・機能化について開発



大容量泡放射システム



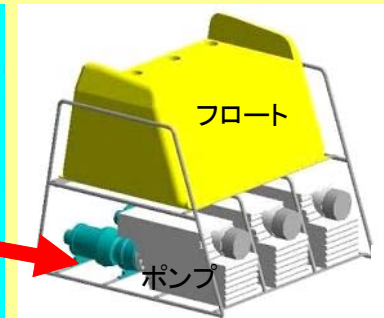
火災現場近くの海岸等へ迅速に移動し吸水できる吸水システム

- ポンプの軽量化・小型化
- 耐海水腐食性



重量45kg

水中ポンプ

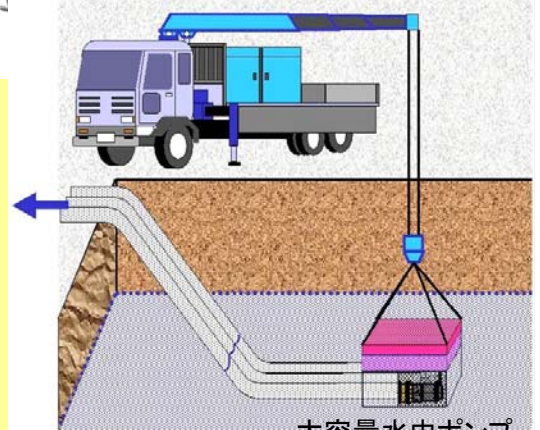


フロート

ポンプ

吸水設備
重量360kg
送水量21,000リットル毎分

- 発電機・クレーン等を装備した車両により水中ポンプを海中に投入可



大容量水中ポンプ

第6 危険物施設等の保安対策の充実

【6.1 セルフスタンドにおける顧客の静電気を主因とする防火対策に係る研究】

研究実施期間	平成15年度
配分額(千円)	3,000(平成15年度)
研究代表者	江口真
所属機関	東京消防庁消防科学研究所第二研究室
研究体制	官
研究概要	<p>本研究においては、一連の給油作業における人体電位の測定等を通して顧客の静電気除去及び給油作業の安全化を図る目的で、火災の事例を分類し、その要因を検証した。</p> <p>セルフ式のガソリンスタンドにおける火災発生原因のひとつである給油口火災(ガスキャップファイアー)に関する実験を行った。給油作業時の人体帯電の状況を明らかにした結果、除電方法としては、静電気除去シート等の接地導体に触れてある程度電荷を緩和してから、さらに再度給油口付近の金属部分等に触れることが効果的であるとわかった。</p>
研究成果の活用事例	セルフスタンドの防火対策
応用の方向性	一連の給油作業における人体電位変化の時間的な精度をさらに高めて計測を行い、ガスキャップファイアーの発生防止策を検討する。
キーワード	セルフ、ガソリンスタンド、静電気、火災、給油口火災(ガスキャップファイアー)
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトプットにより、実用化等へ向けてさらに研究開発を行うことが期待される。セルフスタンドにおける静電気火災防止のための基礎的な知見が得られたが、今後は、具体的な除電対策につながる研究開発が期待される。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

セルフスタンドにおける静電気を主因とする防火対策に係る研究

2. 研究実施期間

平成 15 年度(1 年間)

3. 研究代表者名

江口 真

4. 研究代表者所属機関

東京消防庁消防科学研究所

5. 研究代表者所属機関参加者

田中康之、野田哲也、山内一弘、鈴木健司、黒田裕司

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

なし

7. 研究課題の要旨

平成 10 年 4 月に危険物の規制に関する政令の一部が改正され、「顧客に自ら給油等をさせる給油取扱所」の設置が認められた。これはドライバー自らが給油等を行う給油取扱所で、セルフスタンドと一般的に呼ばれており、設置数は大きな伸びを示している。総務省消防庁に報告があった全国のセルフスタンドにおける火災のうち、静電気が原因と考えられるものは、平成 15 年 12 月末までで 16 件発生している。このことから、セルフスタンドにおける静電気が主因で発生する火災の防止のため、一連の給油作業における人体電位の測定等を通して顧客の静電気除電及び給油作業の安全化を図る目的で、火災の事例を分類し、その要因を検証した。

火災事例を火災発生原因で分類すると、①給油口キャップを開けたときに出火したもの(以下、「ガスキャップファイアー」という。)が 7 件、②給油を行った後、一旦給油を停止して他の作業をし、再びノズルに触れたときに出火したものが 1 件、③給油を行っているとき、または給油を終えてノズルを給油口から抜き出す際に出火したものが 8 件あった。

本研究では、ガスキャップファイアーに関する実験を行った。

8. 研究結果

ガスキャップファイアーの発生原因を分析するために、一連の給油作業における人体電位を計測した結果、以下のことがわかった。

- ① 湿度が高くても、セルフスタンド利用者が降車する際、強く帯電する場合がある。
- ② 靴によって人体及び服に帯電した後の電位の下がり方に大きな違いが認められる。
- ③ セルフスタンドに設置されている静電気除去シートに触れることにより、除電効果はみられるものの、完全に静電気が除電されない場合がある。
- ④ ガスキャップファイアーを防止するためには、静電気除去シート等接地導体に触れた後、再度給油口付近の金属部分等に触れる必要がある。

これらのことから、利用者のより安全な給油方法は、静電気除去シート等の接地導体に触れてある程度電荷を緩和してから、再度給油口付近の金属部分等に触れることであると考えられる。しかし、ガスキャップファイアーを完全に防止するためには、利用者が掲示等を読むことなく降車した後、給油口キャップを開放したとしても出火しないようにする必要がある。そのためには、セルフスタンドへの除電器の設置、不導体の給油口キャップへの導電性塗料等による導電性の付与等、なんらかのハードウェア的対策をとる必要が考えられる。

9. 研究成果の活用状況等

- (1) 行政施策への反映(当庁予防部危険物課への研究結果報告)
- (2) 都内各消防署への資料提供(危険物週間等で事業所、都民等への説明資料として活用)

10. 研究発表の状況等

下表に示す。

発表または掲載日	学会名または掲載誌名	発表題名または掲載題名
平成 16 年 4 月 15 日	平成 16 年度消防科学研究所 一般公開	セルフスタンドにおける静電気火災防止に関する研究
平成 16 年 9 月 17 日	第 28 回静電気学会全国大会	セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策(I)及びセルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策(II)
平成 16 年 10 月 21 日	第 52 回全国消防技術者会議	セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策に関する研究
平成 16 年 10 月	消防科学研究所報 41 号	セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策に関する研究
平成 17 年 1 月 11 日	Safety & Tomorrow No.99	セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策について
平成 17 年 2 月 10 日	東京消防 2 月号 第 84 巻第 2 号通巻第 896 号	セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策
平成 17 年 5 月 21 日	平成 17 年度日本火災学会研究発表会	セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策に関する研究

11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

今後機会があれば、一連の給油作業における人体電位変化を時間的な精度をさらに高めて計測を行い、ガスキャップファイアーの発生防止策について検討する必要がある。

セルフスタンドにおける顧客の静電気除電対策に関する研究

鈴木 健司, 江口 真 (東京消防庁消防科学研究所)

1 はじめに

平成 10 年 4 月に、危険物の規制に関する政令の一部が改正され、「顧客に自ら給油等をさせる給油取扱所」の設置が認められた。これはドライバー自らが給油等を行う給油取扱所で、セルフスタンドと一般的に呼ばれており、設置数は図 1 のように大きな伸びを示している。総務省消防庁に報告があった全国のセルフスタンドにおける火災のうち、

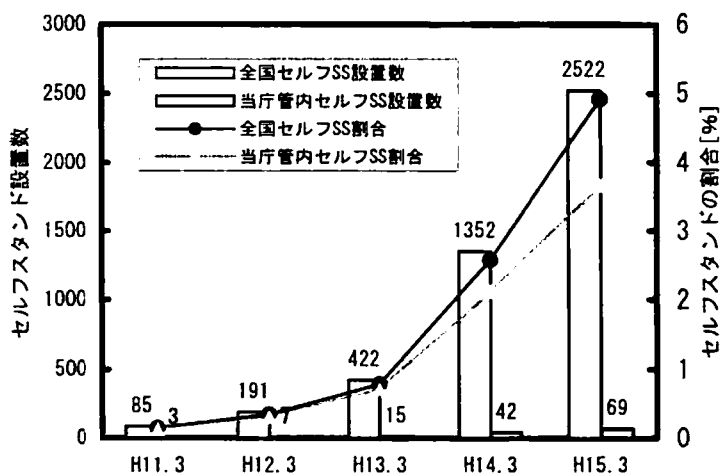


図 1 セルフスタンド設置数及びガソリンスタンドにおけるセルフスタンドの割合の経緯

静電気が原因と考えられるものは、平成 14 年 12 月末までで 13 件発生している。このことから、セルフスタンドにおける静電気火災の事例を分類し、その要因を検証した。最初に火災の概要の一部を表 1 に示す。これらを火災発生原因について分類すると、①給油口キャップを開けたときに出火したもの（以下、「ガスキャップファイアー」という。）が 7 件、②給油を行った後、一旦給油を停止して他の作業をし、再びノズルに触れたときに出火したものが 1 件、③給油を行っているとき、または給油を終えてノズルを給油口から抜き出す際に出火したものが 5 件ある。

表 1 静電気が主因と考えられるセルフスタンドの火災における関係者の行動状況

年月	関係者の行動概要
平成 13 年 4 月	① 所定の位置に車を止めて、エンジンを切った。 ② 運転席のスイッチで給油口カバーを開けた。 ③ 助手席の人が車を降りて(ドアは閉めていない)給油口カバーを大きく開いた。 ④ 助手席の人ではキャップが回らないため、運転手が車を降りた(ドアは閉めていない)。 ⑤ 運転手がキャップを途中まで回したところで出火した。
平成 14 年 3 月	① 所定の位置に車を止めて、エンジンを切った。 ② 運転席のスイッチで給油口カバーを開けた。 ③ 車を降りた(ドアをどのようにして閉めたかは覚えてないが、普段肘でドアを押して閉めることが多い)。 ④ 給油口キャップを回した(給油口カバーは運転席での操作で完全にオープン)。 ⑤ 給油口キャップを外したところで出火した。
平成 14 年 5 月	① 所定の位置に車を止めて、エンジンを切らなかった。 ② 運転席のスイッチで給油口カバーを開けて、車から降りた。 ③ 半開きになっている給油口のカバーを手で開けた。 ④ 給油口キャップを開け、給油を開始した。 ⑤ 14 リットル程度給油した時点で出火した。

2 ガスキャップファイアーの要因の分析

ガスキャップファイアーの主要因及びその内訳と考えられるものを表2に示す。

表2 ガスキャップファイアーの主要因と内訳

主要因	内 訳
セルフ スタンド 利用者	①利用者の降車による剥離帯電 ②降車後の歩行による帯電 ③靴、服装の材質 ④静電気除去シート等による人体除電の有無
セルフ スタンド	①コンクリート地面への散水の有無 ②コンクリート地面の接地抵抗 ③静電気除去シートの効果の有無
車両	①座席シートの材質 ②ドアの材質及び塗装による絶縁抵抗 ③給油口付近の形状、材質及び絶縁抵抗 ④給油口カバーの材質と絶縁抵抗 ⑤給油口開放スイッチを入れたときの給油口カバーの開口度 ⑥給油口キャップの材質と絶縁抵抗 ⑦タイヤの絶縁抵抗
気象	①湿度の高低（車両内も含む） ②気温の高低（車両内も含む）

3 実験方法

ガスキャップファイアーが起こる要因を検証し、給油作業中における静電気火災を起こす危険性を把握するため、以下の実験を行った。

(1) 燃料タンクの温度変化及び室内の温湿度変化

燃料タンク下部の金属部分に温度計のセンサー部を設置し、車両室内運転席座席シートの背面に温湿度計を設置した。車両のエンジンをかける前に測定を開始し、その後車両で走行し、車両の窓開けやエンジン停止、除湿、冷房等の操作を行った。

(2) 人体電位の計測

被測定者は以下に示す服装をした被験者A～Dの4名とし、計測を行った。

被験者A（綿シャツ、綿製ジーパン、運動靴）

被験者B（ポリエステル製ジャージ上下、運動靴）

被験者C（カーディガン、スカート、ウール製ロングコート、運動靴）

被験者D（ウール製セーター、綿製チノパン、運動靴）

実験資器材は、人体電位計（測定レンジ0～±10kV）、データロガー、車両及び静電気除去シートとし、気温10℃、湿度60%RHで行った。

人体電位計をデータロガーに接続し、人体電位の継続測定を行った。静電気除去シートは鉄板を介して接地した。被験者は、人体電位の計測開始前に、乗用車の運転席に乗り込んだ状態で人体電位計を用いて接地して除電した後計測を行った。計測は、各被験者につき次に示す各行動をそれぞれ3回ずつ行った。

- ①金属部分に触れないように降車し、その後車両の周囲を何も触らずに歩行
- ②降車してから金属製ドアノブを触りながらドアを閉鎖（金属製ドアノブを瞬間的に触って閉めた）

- ③降車してから肘を使ってドアを閉鎖（肘で瞬間的に触って閉めた）
 - ④降車してからドアの塗装部分を触りながらドアを閉鎖（塗装部分を瞬間的に触って閉めた）
 - ⑤降車してからドアを閉めずに車両の後ろを回って歩行し、静電気除去シートに素手で継続的に接触
 - ⑥降車してからドアを閉めずに車両の後ろを回って歩行し、半開となっている給油口カバーを全開操作
 - ⑦既に給油口カバーが全開となっている状態で、降車してからドアを閉めずに車両の後ろを回って歩行し、給油口キャップに接触
- (3) 静電容量の測定

(2)の人体電位の計測で行った被験者について、同様の服装で静電容量の測定を行った。実験資器材は人体電位計、クーロンメータ、データロガー、バンデグラーフ装置を用い、気温 20℃、湿度 45%RH で測定を行った。まず、人体電位計及びクーロンメータをデータロガーに接続した。被験者は接地された鉄板の上に乗る、右手で人体電位計を握り、左手でバンデグラーフ装置を用いて帯電させた。ある程度帯電させた後バンデグラーフ装置を止めて左手を離した。人体電位が 2 kV 以下となり、ほぼ一定となった後人体電位計を離し、クーロンメータに素早く接触した。ただし、被験者 A については静電電位の降下速度が速すぎたため、鉄板の上に厚さ 5 mm のテフロン板を置き、この上に乗って測定した。そして、

$$C = Q / V$$

(C : 静電容量[F]、Q : クーロンメータ指示値[C]、V : 人体電位計指示値[V])により人体の静電容量を算出した。

(4) 車両の給油口等の調査

ある事業所に協力を依頼し、比較的新しい車両を 13 台選択した。絶縁抵抗計（測定レンジ 0 ~ 2 G Ω）で給油口の絶縁抵抗と接地抵抗、給油口周辺の絶縁抵抗と接地抵抗等を測定した。また、車両から外されていたタイヤについて、ホイールの非塗装金属部分とタイヤゴム部分の絶縁抵抗を測定した。また、運転席の給油口開放スイッチを入れた場合に、給油口カバーが全開となるか、給油口キャップ開放時に、ガソリンペーパーが給油口から噴出するかどうかについて調査した。

4 結果

(1) 燃料タンクの温度変化及び室内の温湿度変化

図 2 に測定データを示す。

(2) 人体電位の計測結果

各行動毎の静電電位変化のうちの一部を図 3 及び図 4 に示す。なお、1 人 1 行動 3 回の人体電位の計測結果のうち 1 回分のみ

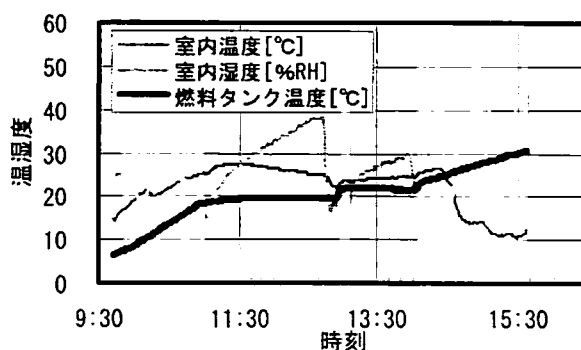


図 2 車両の温湿度変化
(網掛け部分は運転中)

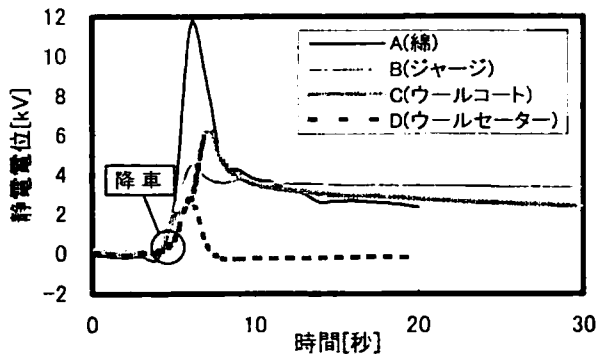


図3 金属部分に触れないように降車し、その後車両の周囲を何も触らずに歩行したときの人体静電電位変化

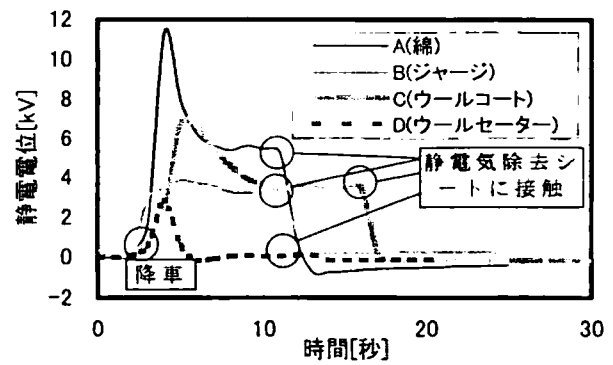


図4 降車してからドアを閉めずに車両の後ろを回って歩行し、静電気除去シートに素手で継続的に接触したときの人体静電電位変化

を示す。

(3) 静電容量の測定

各被験者、服装毎の測定結果を一部示す。各被験者の静電容量は表3のようになった。

表3 各被験者の静電容量測定結果

被験者 (服装)	1回目 (nF)	2回目 (nF)	3回目 (nF)	平均 (nF)
被験者 A (綿シャツ、綿製ジーパン、運動靴)	145	230	130	168
被験者 B (ポリエステル製ジャージ上下、運動靴)	124	131	126	127
被験者 C (カーディガン、スカート、ウール製ロングコート、運動靴)	354	362	300	340
被験者 D (ウール製セーター、綿製チノパン、運動靴)	93	103	108	101

(4) 車両の給油口等の調査

13台調査した給油口付近の状況の一部を写真1及び写真2に示す。また、車両から外されていたタイヤ30本のうち、絶縁抵抗の測定レンジを超えていたものは、4本あった。

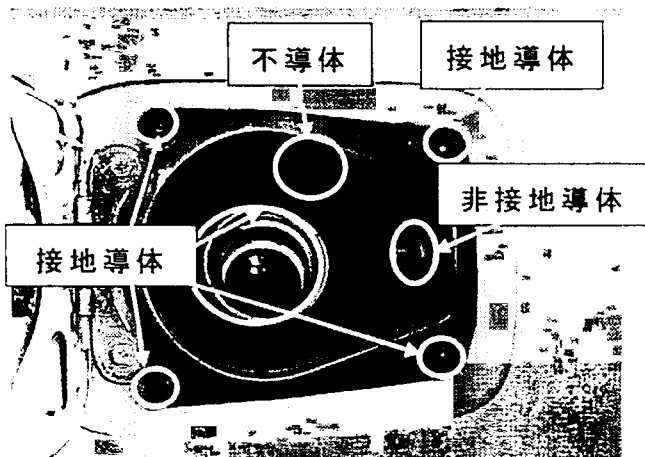


写真1 車両Aの給油口付近

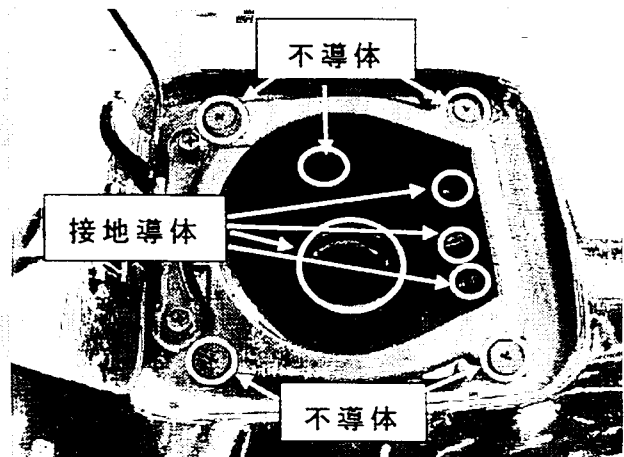


写真2 車両Gの給油口付近

5 考察

(1) ガスキャップファイアーの発生危険

車両走行中における燃料タンク中のガソリン温度は、図2から、エンジンを停止しているときと比べて上昇している。このことから、車両をセルフスタンドに駐車して給油口キャップを開放すれば、給油口からガソリンベーパーが噴出すると考えられる。また、車両調査において、走行していない車両の給油口を開けてもガソリンベーパーが噴出したことから、車両の給油口からガソリンベーパーが噴出するといえる。

帯電した人体と給油口付近の間で火花放電が起こり、放電の起こった場所がガソリンベーパーの燃焼範囲に入っていると、着火する可能性がある。ガソリンの最小着火エネルギーは0.25mJで¹⁾、人体の静電容量は100~300pFとされている²⁾。200pFの静電容量をもつ人体が約1.4kVに帯電すれば、ガソリンベーパーに着火する可能性がある（放電で全てのエネルギーが消費されると仮定）。人体電位計測実験から、セルフスタンド利用者が降車すると、着火に十分なエネルギーを保持しているといえる。

(2) 一連の給油作業時における人体の静電電位変化測定

図3から、被験者及び服装により帯電に大きな違いが見られる。これは、車両からの降り方、着衣の素材や吸湿度合、履いていた靴の湿り具合等の影響が考えられる。一般的に降車時における剥離帯電の場合、急激に剥離した方がゆっくりと剥離するよりも強く帯電するといわれている²⁾。また、降車後の静電気の降下速度（電荷の緩和）は大きく異なっていた。被験者Aが被験者Bの靴を履くと電荷緩和がほとんどなくなり、逆に被験者Aが被験者Bの靴を履くと電荷緩和が速かったため、靴の絶縁性の差が大きな影響を及ぼしたと考えられる。

(3) 車両の調査

13台中1台のみ給油口開放スイッチを入れると給油口カバーが全開となった。当庁管内のセルフスタンドで起きた火災でも、給油口スイッチにより給油口カバーが全開となっていた。この場合、給油口キャップを開ける人が除電されないまま、不導体の給油口キャップに触って開放できてしまうので、ガスキャップファイアーの起こる可能性が大きいと考えられる。なお、人体電位の計測により、給油口カバーに触れることによる除電効果があることが確認できている。

(4) 静電気除去シートの効果

静電気除去シートに触ることにより、帯電していた人体がほぼ瞬時に除電された（図4参照）ものの、一部の被験者では逆極性に帯電したため、完全に火災危険がなくなったとはいえないと考えられる。

(6) ガスキャップファイアーの防止方策

実験結果から、金属製ドアノブや静電気除去シートに触れたとしても、完全に人体を除電できるとは限らないことが分かった。この原因は、実際に帯電しているのは着衣であるからであると考えられる。着衣はほとんどの場合不導体なので、接地ではあまり除電効果がないため、人体を接地したとしても着衣の除電は難しい。しかし、不導体の着衣と給油口付近との間で放電したとしても通常はガソリンベーパーに着火す

る程のエネルギーはもたないので、人体と給油口付近との間の放電を防止すればよいことになる。そのためには、人体と給油口付近の電位を等しくする必要があると考えられる。すなわち利用者は、静電気除去シート等の接地導体に触れてある程度電荷を緩和してから、再度給油口付近の金属部分等に触れるのが、より安全な給油方法であると考えられる。しかし、ガスキャップファイアーを完全に防止するためには、利用者が掲示等を読むことなく降車した後、給油口キャップを開放したとしても出火しないようにする必要がある。出火防止のために考えられる短期的な方策を、次に挙げる。

ア 利用者が降車して給油口キャップを開放するまでの間に除電できるようにする。

例えば、以下のようなものが考えられる。

① 計量機付近に除電器を設置し、降車場所と給油口キャップの場所との間において人体及び車両を除電できるようにする。

② 利用者が車両を運転してセルフスタンドに入ってきたら、給油口キャップを開放する前に、除電シート等に触れるように促すアナウンスを流す。

イ 給油口キャップに導電性を付与する。導電性をもたない給油口キャップには、導電性スプレー等を塗布する。

このような方策でもガスキャップファイアーは減少すると考えられるものの、抜本的対策のためには、車両やセルフスタンド等、ハードウェア的対策をとる必要があると考えられる。例えば、以下のようなものが考えられる。

① 給油口カバーを接地導体として、給油口開放スイッチを入れると必ず半開となるような構造とし、さらに給油口キャップに導電性をもたせる。

② 給油口を車両のより内側にもっていき、給油口キャップに触れる前に給油口周辺の接地導体により除電されるようにする。もしくは給油口周辺を全て不導体とする。

③ 給油口開放スイッチを入れたときに、給油口から燃料タンクに至る配管内のガソリンベーパーを安全なところへ逃がすことができるようにする。

6 まとめ

- (1) 湿度が高くても、セルフスタンド利用者が降車する際、強く帯電する場合がある。
- (2) 靴によって人体及び服に帯電した後の電位の下がり方に大きな違いが認められる。
- (3) セルフスタンドに設置されている静電気除去シートに触れることにより、除電効果はみられるものの、完全に静電気が除電されない場合がある。
- (4) ガスキャップファイアーを防止するためには、静電気除去シート等接地導体に触れた後、再度給油口付近の金属部分等に触れる必要がある。

7 おわりに

本研究は、平成 15 年度に総務省消防庁により実施された「消防防災科学技術研究推進制度」において、研究費の助成を受けて実施したものです。

[参考文献]

- 1) 浅野和俊：火災学会誌 268, 54, No.1(2004)
- 2) 村田雄司：静電気の基礎と帯電防止技術，日刊工業新聞社(2003)
(東京消防庁消防科学研究所第二研究室 03-3466-1511)

【6.2 津波による石油タンクの被害予測手段に関する研究】

研究実施期間	平成15年度～平成17年度
配分額(千円)	9,750(平成15年度)、17,550(平成16年度)、14,625(平成17年度)
研究代表者	藤井直樹
所属機関	東電設計株式会社 土木本部 湾岸・海岸部
研究体制	産
研究概要	<p>本研究では、石油タンクに作用する津波波力の算定方法を検討し、タンク被害想定可能な手法を提案することを目的としている。津波水理実験を実施し、津波波力の推定方法、それによる石油タンク被害に関する検討を行った。</p> <p>その結果、①石油タンクへの津波作用波力を推定する方法を提案するとともに、②津波遡上水位より簡便的に評価できる被害判定図を作成し、石油タンクの簡易の被害予測を可能とした。これにより石油タンクの津波被害に関する安全性予測手順を示した。</p>
研究成果の活用事例	石油コンビナート区域にある石油タンクの津波対策
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・石油タンク施設の安全性を増大させるための防災・減災対策法の検討 ・石油タンク被害に伴う油・火災の拡がりの推定など2次被害の影響評価を行うためのシステムの構築 ・津波漂流物による被害予測
キーワード	津波、石油タンク、被害予測、浮き上がり、滑動、転倒、座屈
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトプットにより、実用化等へ向けてさらに研究開発を行うことが期待される。水理実験などを基に石油タンクの津波による被害予測の手順が提案されているが、必要性、緊急性の高い課題であり、今後さらに、地震動や経年劣化の影響を考慮する等、より現実的な研究を行い、実用化に向けた研究開発を進めるべきである。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

津波による石油タンクの被害予測手法に関する研究

2. 研究実施期間

平成 15 年度～平成 17 年度(3 年間)

3. 研究代表者氏名

藤井直樹

4. 研究代表者所属機関

東電設計(株)

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

樋口豊久、阿部光信、石井敏雅、大森政則

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

鹿島建設(株) 日紫喜剛啓、池谷 毅、稲垣 聡、秋山真吾、朝倉良介

7. 研究課題の要旨

臨海部には石油関連の製造・貯蔵施設が多数立地しており、地震が発生すると、津波被害や油の流出、火災などの 2 次災害が発生する危険性がある。津波による建物(壁体構造物)の被害予測に関しては、遡上津波水位から作用波高を推定し被害を評価する方法が提示されている。しかし、この方法を形状の異なる石油タンク(円筒構造物)等のコンビナート施設の被害予測に適用することはできない。このような背景から本研究は、石油タンクに作用する津波波力の算定方法を検討し、タンク被害想定可能な手法を提案することを目的としている。

8. 研究結課

本研究では、津波水理実験を実施し、津波水位から石油タンクに作用する津波波力の推定方法、およびそれに基づいた石油タンク被害に関する検討を実施した結果、以下の成果を得た。

- 1) 石油タンクへの津波作用波力(水平、鉛直)を津波遡上水位から推定する方法と、津波数値計算により波力時系列を推定する方法について提案した。
- 2) 津波遡上水位より簡便的に評価できる被害判定図を作成した。その結果、津波遡上水位を利用して被害判定図から石油タンクの簡易の被害予測が可能となった。また、簡易判定図から危険性が高いと判断されるタンク、あるいは被害判定図が適用できない複雑な地形条件にあるタンクに関しては、詳細な数値計算を行うことで、より実用的な被害予測評価が可能になった。
- 3) 上記結果を踏まえ石油タンクの安全性予測手順を示した。

9. 研究成果の活用状況等

現在活用実績なし

10. 研究発表の状況等

- 1) 藤井直樹, 大森政則, 朝倉良介, 池谷毅, 「津波による石油タンクに係わる被害につい

て」，地域安全学会梗概集，No.16，pp.87-90，2005.

2) 秋山真吾，池谷毅，大森政則，藤井直樹，「津波が作用する石油タンク周辺の流動特性」，海洋開発論文集第 21 巻，pp.157-162，2005.

3) 池谷毅，秋山真吾，藤井直樹，大森政則，「石油タンクに作用する津波波力の評価と被害予測手法」，地域安全学会論文集 No.7，pp.307-314，2005.

4) 藤井直樹，大森政則，池谷毅，稲垣聡，「石油タンクに作用する津波波力と被害予測手法」，海岸工学論文集，第 53 巻，pp.271-275，2006.

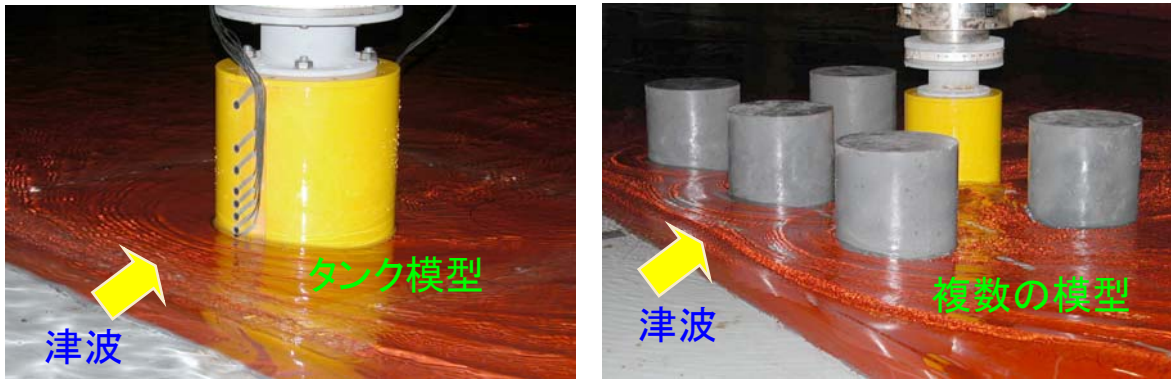
11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

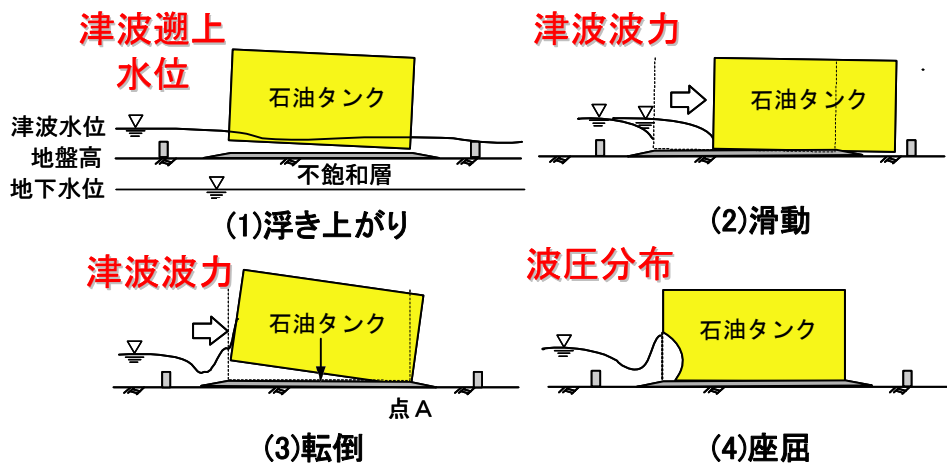
12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

今後は、作用津波波力を低減し、石油タンク施設の安全性を増大させるための防災・減災対策法について検討する必要がある。また、津波波力による施設自体の被害予測だけでなく、それに伴う油・火災の拡がりの推定など影響範囲の算定およびその 2 次被害の影響評価を行うためのシステムを構築する必要がある。さらに、新たな被害モードとして、津波漂流物による被害予測(漂流移動予測、衝突力予測など)に関しても今後取り組むべき重要な課題として残されている。

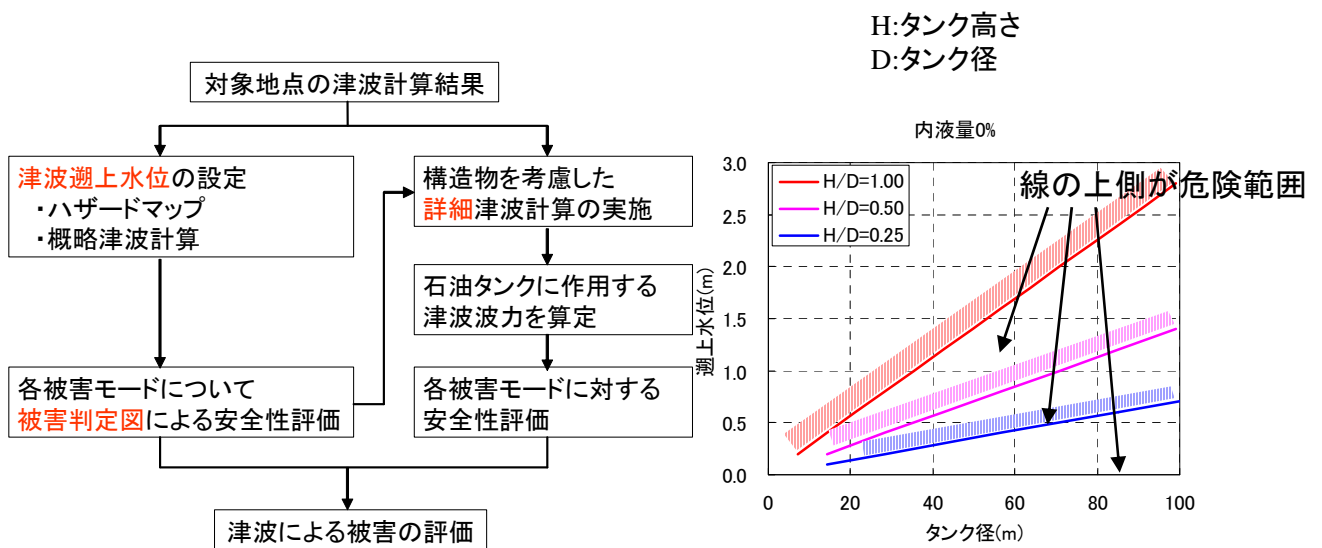
津波による石油タンクの被害予測手法に関する研究



水理模型実験の状況



タンクの被害モード



タンクの被害予測手順

簡易被害測判定図例
(浮き上がりの場合)

【6.3 大型タンクの地震時スロッシングの予測と制御】

研究実施期間	平成16年度～平成17年度
配分額(千円)	3,744(平成16年度)、3,744(平成17年度)
研究代表者	野田茂
所属機関	香川大学工学部安全システム建設工学科
研究体制	学
研究概要	<p>本研究では、巨大地震発生時の長周期地震動による大型タンクのスロッシングを予測し、抑制することを目的とする。</p> <p>1年目は、過去の地震記録の検討結果から、長周期帯域における設計用地震動の見直し、スロッシング高さ算定における境界条件の非線形性の導入、さらにはスロッシング抑制のための簡便法について検討した。また、南海地震に伴う長周期地震動のシミュレーションを実施した結果、タンクの容量や液深がスロッシング挙動に及ぼす影響が大きく、スロッシング制御の必要性が明確になった。</p> <p>2年目は、スロッシング振動エネルギー吸収と地震入力エネルギー低減がより効果的に行われることを基準としたセミアクティブ制御システムを開発した。剛基礎上の円筒タンクに関して、内容液、浮き屋根、タンク側壁の連成効果を含む3次元非線形地震応答解析を実施した。その結果、粒子法によってスロッシング挙動特に碎波を正確に評価でき、導入したスロッシング抑制策の妥当性を検証した。</p>
研究成果の活用事例	石油コンビナート区域にある石油タンクの地震対策
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・スーパーコンピューターを用いたより精細な解析 ・模型を用いた振動台実験による、制振装置の妥当性の検証
キーワード	大型タンク、長周期地震動、スロッシング、粒子法
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成し、一定のアウトプットを得ているが、特に、スロッシング制御のためのアクティブ制御については、火災や沈下といった浮き屋根の被害を考慮すると、実用化に向けては多くの課題が残っていると考えられる。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1 研究課題名

大型タンクの地震時スロッシングの予測と制御

2 研究実施期間

平成16年度～平成17年度（2年間）

3 研究代表者氏名

野田 茂

4 研究代表者所属機関

香川大学

5 研究代表者所属機関参加者氏名

吉田秀典

6 研究共同機関及び参加者氏名

7 研究課題の要旨

1年目の研究では、過去の地震記録の検討結果から、長周期帯域における設計用地震動の見直し、スロッシング高さ算定における境界条件の非線形性の導入、さらにはスロッシング抑制のための簡便法について検討した。また来たる南海地震に伴う長周期地震動のシミュレーションを実施した結果、タンクの容量や液深がスロッシング挙動に及ぼす影響は大きく、スロッシング制御の必要性が明らかになった。

2年目の研究では、スロッシング振動エネルギー吸収と地震入力エネルギー低減がより効果的に行われることを基準としたセミアクティブ制御システムを開発した。剛基礎上の円筒タンクに関して、内容液、浮き屋根、タンク側壁の連成効果を含む3次元非線形地震応答解析を実施した。その結果、粒子法によってスロッシング挙動特に砕波を正確に評価でき、導入したスロッシング抑制策の妥当性を検証することができた。

8 研究結果

1) タンクのスロッシングならびに地震記録に基づく長周期地震動の特性把握

2003年十勝沖地震の際に苫小牧で記録された地震記録を用いて、液面における境界条件の非線形性、地震動の上下動などが苫小牧の浮き屋根式タンク（11,000kl～116,000kl）のスロッシング高さに及ぼす影響を数値解析的に検討した。5秒付近での2次元速度応答スペクトルは約300kineに達すること、10～20%の非線形性の影響が最大応答液位2～4mに含まれること、地震動の上下成分が最大応答液位に与える影響はほぼ±2%以内で、上下動の影響は無視できること、2003年十勝沖地震のように長周期成分の地震動強度が強い場合には満液時90%の液位であってもタンクから内容液が溢流する可能性のあることなどが明らかになった。

2) 巨大地震による長周期地震動の予測

来たる南海地震では、震源距離が遠い地点であっても、ゆっくりとした揺れが長時間続くと予想されている。長周期建造物の各種対策を可及的速やかに行うためには長周期地震動を的確に予測する必要がある。そこで南海地震を想定し、断層の動力学的かつ不均質な破壊過程ならびに地盤構造を考慮した上で、表面波動起理論を用いることにより、中四国・近畿圏の代表都市における長周期（2～25 秒）地震動を予測できるようなシミュレーションプログラムを開発した。断層上のアスペリティの存在、破壊フロントの拡がり方に関するランダム性の付与により、地震動にはマルチプルショックの様子が顕著に見られた。断層運動の dip 成分が卓越することにより、上下方向の応答は水平動に匹敵するか上回った。タンクの容量や液深がスロッシング挙動に及ぼす影響は大きく、スロッシング制御の必要性が確認できた。

3) スロッシング抑制策に関する予備的検討

2年目の研究の前段階として、スロッシング抑制のため、質点系モデルを用いた近似的な予備解析を実施した。入力地震波には2003年十勝沖地震時に観測された苦小牧波（東西、南北、上下成分）を用いた。実際には地震動は様々な方向に作用する。そこで、 π/n (rad)ごとに n 対のペアからなるマス・ダンパー・バネ・ケーブルよりなる簡単な制振防止装置を浮き屋根に設置することとした。その結果、制振防止装置数が増えるにつれ、満液時でもスロッシング応答が抑制され、耐震安全性を確保できることがわかった。

4) 粒子法を用いたスロッシング抑制策に関する詳細解析

2年目の研究では内容液に SPH 法を、浮き屋根・タンク本体に有限要素法を適用して流体との連成解析を行い、浮き屋根の存在がスロッシングに及ぼす影響を調べるとともに、制振装置を導入したときのスロッシング低減効果について検討した。

スロッシング検討のため、内容液を粒子群でモデル化し、その挙動計算に SPH 法を適用したことは本研究の特徴の一つである。同手法には、従来のように流体を連続体として取り扱うのではなく、砕波の発生に見られるような流体挙動を容易に分析できる利点がある。本研究では、タンク側壁側の上と下にローラを介して浮き屋根の上下からケーブルを配置するとともに、マス・バネ・ダンパーからなる装置に連結して、その装置を浮き屋根に設置したエネルギー吸収制振装置を導入した。

2003年十勝沖地震時の苦小牧波を用いると、非線形性により、スロッシング波は上昇側・下降側で対称に生じなかった。3次元解析の結果、スロッシングの何次モードがどのように卓越するのか、スワール（液面が回転するような振動の変化）がどのように生じるのかなど、スロッシング挙動の詳細を明らかにした。浮き屋根の存在により、スロッシングが多少抑えられることもわかった。

$\pi/3$ (rad)ごとに3対のペアからなるスロッシング制振装置を設置した。スロッシングに伴う力が浮き屋根にかかって浮き屋根は撓むが、ケーブルによって拘束されているため、非制御時に比べてスロッシングはそれほど大きくならなかった。スロッシングの抑制効果を調べるため、浮き屋根・ケーブルにかかる

力・変位量の妥当性を確認した。その結果、本研究で導入した制振装置は効果的に作動しており、解析的に見て応力・ひずみ状態に問題はなく、制振装置の有効性が明らかになった。

9 研究成果の活用状況等

危険物の規制に関する規則（昭和34年総理府令第55号）の一部は改正され、平成17年4月1日に施行された。これより、浮き屋根の耐震性強化を図るとともに、長周期地震動の地域特性を反映した補正係数を導入することにより、スロッシングに伴って内容液が溢流しないような液面管理を実現するようになった。

そこで、2年目の研究では、スロッシング振動エネルギー吸収と地震入力エネルギー低減がより効果的に行われることを基準としたセミアクティブ制御システムを開発した。粒子法を用いたスロッシング挙動のマイクロな説明はこれまでほとんど見られないが、液体とタンク側壁の連成効果を含む剛基礎上の円筒タンクの3次元非線形地震応答解析を実施することにより、スロッシング抑制策の妥当性がビジュアルに検証できるようになった。その結果、タンクの変形を考慮し、上下動、タンクの柔性、浮き屋根の存在、液面境界条件の非線形性がスロッシングに及ぼす影響、スロッシングがタンク側壁に与える相互作用などが容易に分析可能となった。

より高度かつ精緻な非線形動的構造解析ソフト（粒子法）では、砕波のような非線形挙動のモデル化が容易に実施できるので、可視化の観点からも今後の活用性が高いと言える。今後は関係機関と協力してさらに実用に供するよう進めたい。

危険物の規制に関する規則の一部を改正する省令（施行日平成17年4月1日）では、揺れやすい地盤におけるタンクの液面管理を行うため、設計スペクトルの地域的な見直しが図られた。一方、本研究では、今後発生が予測されるスロッシング被害を最小化するため、スロッシングをより積極的に抑制できるような制御技術の確立を目指すことができたと考えている。

10 研究発表の状況等

構造工学論文集投稿予定

11 知的財産権の出願・登録状況等

12 当該研究に対する今後の展開、意見等

スロッシングの制振解析には高性能なワークステーションを用いたが、計算には5日ほどを要した。このため、連続体に近くなるほど膨大な粒子数を用いて内容液を表現できず、またタンク本体ならびに浮き屋根も多数の有限要素でモデル化できなかった。この問題を解決するため、自主研究としてスーパーコンピュータを用いたより精緻な解析（粒子法による流体-タンク連成振動解析）

を行う予定である。また模型を用いた振動台実験を実施し、導入した制振装置の挙動をよりマイクロに追跡することにより、その妥当性を検証したいと考えている。

【6.4 廃棄物系バイオマスによる可燃性ガス発生危険度評価手法の構築】

研究実施期間	平成16年度～平成17年度
配分額(千円)	1,980(平成16年度)、1,030(平成17年度)
研究代表者	小西忠司
所属機関	大分工業高等専門学校機械工学科
研究体制	学
研究概要	<p>バイオマス技術の実用化には有機性廃棄物の微生物発酵による可燃性ガス発生と爆発に至る過程の解明が欠かせない。本研究では、火災物理学と微生物学の連携により、嫌気性微生物による発酵を評価し、多種多様なバイオマスの嫌気性発酵による可燃ガスの種類および発生量を測定する。これにより廃棄物系バイオマスによる発電・熱利用の防災対策を確立することを目的としている。</p> <p>1年目は嫌気性微生物の発酵による実験的検討を行い、①嫌気性微生物の培養と水素産生の確認、②食品の種類による可燃性ガス成分の相違、③食品の種類による爆発危険評価法を水素-酸素-二酸化炭素から構成される混合ガスの爆発限界から評価する手法の提案について結果を得た。</p> <p>2年目は嫌気性微生物による発酵評価装置による食品廃棄物系バイオマスの測定について、①任意の酸素濃度に設定可能な微生物発酵評価装置の製作、②食品廃棄物系バイオマスから産生する可燃ガスについて酸素濃度、環境温度、水分の影響について測定、③食品廃棄物の小型模擬貯蔵槽の設計および製作を実施した。</p>
研究成果の活用事例	廃棄物系バイオマスによる発電・熱利用の防災対策の確立
応用の方向性	本研究の基礎実験で製作した小型模型貯蔵槽を用いて、ごみ固形燃料発電所、生ゴミ処理施設における爆発事故の実証実験の実施
キーワード	バイオマス、可燃性ガス、爆発事故
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成し、一定のアウトプットを得ているが、廃棄物処理の工程における可燃性ガスの発生要因は微生物以外にもあることから、今後は、それらを総括して、実践的な事故防止対策に発展する研究とすべきである。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

廃棄物系バイオマスによる可燃性ガス発生危険度評価手法の構築

2. 研究実施期間

平成 16 年度～平成 17 年度(2 年間)

3. 研究代表者氏名

小西忠司

4. 研究代表者所属機関

大分工業高等専門学校

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

なし

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

大分大学総合科学研究支援センター助教授 山城 哲(H17.1～長崎大学熱帯医学研究所に転任)

7. 研究課題の要旨

我が国のエネルギー基本政策は、2010 年におけるバイオマス発電・熱利用を 2000 年度の 4.7kL(原油換算)から約 20 倍の 101kL に増加する目標を掲げており、バイオマス資源を有用なエネルギー形態へ転換する技術の開発と実用化が求められている。しかし、三重ごみ固形燃料発電所の爆発事故、イオン大和ショッピングセンターの生ゴミ処理施設爆発事故で明白なように、この技術の実用化には有機性廃棄物の微生物発酵による可燃性ガス発生と爆発に至る過程の解明が欠かせない。本研究は、火災物理学と微生物学を専門とする研究者の連携により、嫌気性微生物による発酵を評価することにより多種多様なバイオマスの嫌気性発酵による可燃ガスの種類および発生量を測定する。これにより廃棄物系バイオマスの火災・爆発に対する安全性評価手法を構築することで今後増加する廃棄物系バイオマスによる発電・熱利用の防災対策を確立することを目的とする。

8. 研究結果

平成 16 年度では、廃棄物系バイオマスの火災・爆発に対する安全性評価手法を構築すべく嫌気性微生物の発酵による実験的検討を行った。その結果、①嫌気性微生物 *Clostridium butyricum*(以下 *C.butyricum*)の培養と水素産生の確認、②食品の種類による可燃性ガス成分の相違、③食品の種類による爆発危険評価方を水素-酸素-二酸化炭素から構成される混合ガスの爆発限界から評価する手法の提案について結果を得た。

平成 17 年度では、嫌気性微生物による発酵評価装置による食品廃棄物系バイオマスの測定について、(1) 任意の酸素濃度に設定可能な微生物発酵評価装置の製作、(2) 食品廃棄物系バイオマスから産生する可燃ガスについて酸素濃度、環境温度、水分の影響について測定、(3) 食品廃棄物の小型模擬貯蔵槽の設計および製作を実施した。

9. 研究成果の活用状況等

名古屋市消防局消防学校消防研究室研究係と三重県ごみ固形燃料発電所の火災爆発事

故について本研究成果に基づく情報交換を行った。また、現在 RDF に関して共同研究の計画を進行している。

10. 研究発表の状況等

口頭発表 3 件(国内学会 2 件, 国際学会 1 件)

(1) 小西忠司, 後藤成智, 後藤達憲, 加藤勝敏, 「廃棄物系バイオマスによる発生ガス危険度評価方法の構築に関する研究」, 平成 17 年度 日本火災学会研究発表会(京都大学), p.p.542-545, (2005)

(2) 小西忠司, 廣田智彰, 那賀健二郎, 加藤勝敏, 山城哲, 「廃棄物系バイオマスによる発生ガス危険度評価方法の構築に関する研究－酸素濃度および温度が可燃ガス発生に与える影響」, 平成 18 年度 日本火災学会研究発表会(東京消防庁), p.p.156-159, (2006)

(3) T.Konsihil, T. Yamashiro, 「STUDY ON RISK EVALUATION OF FLAMMABLE GAS GENERATING FROM WASTE BIOMASS」, Abstract of Work-In-Progress Poster, 31st International Symposium on Combustion, Heidelberg, Germany (2006)

11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

本研究で得られた基礎実験に基づいて設計・製作した小型模擬貯蔵槽を用いて三重県ごみ固形燃料発電所の火災爆発事故あるいはイオン大和ショッピングセンターの生ゴミ処理施設爆発についての実証実験を行う計画である。本実験に際しては関係機関および協力機関として名古屋市消防局、桑名消防本部、消防研究センターと連携を取りながら進めていく予定である。

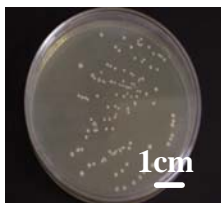
バイオリファイナリー実用化と共に、今後、国内外で増加する傾向にあるバイオマス貯蔵槽における火災・爆発、あるいはバイオテロによって引き起こされた火災・爆発による病原性微生物の飛散等、学際領域研究の協力が必至な特殊火災の研究推進に対して、今後も消防防災科学技術研究推進制度が益々大きな役割を担っていかれることを期待している。

廃棄物系バイオマスによる可燃性ガス発生危険度評価手法の構築

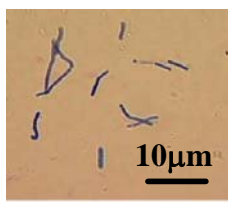
爆発の一要因と考えられる
水素生成菌 *C. butyricum* の培養



食品への *C. butyricum* の接種
と水素の発生



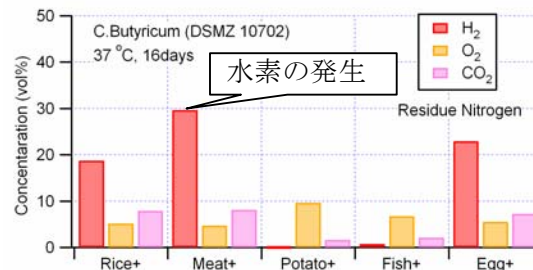
C. butyricum コロニー



顕微鏡写真



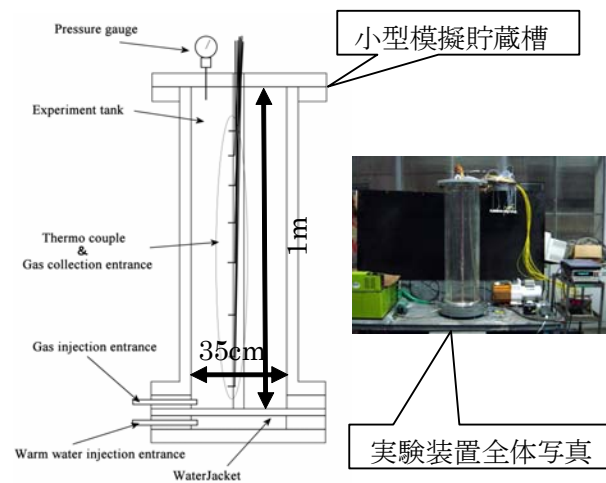
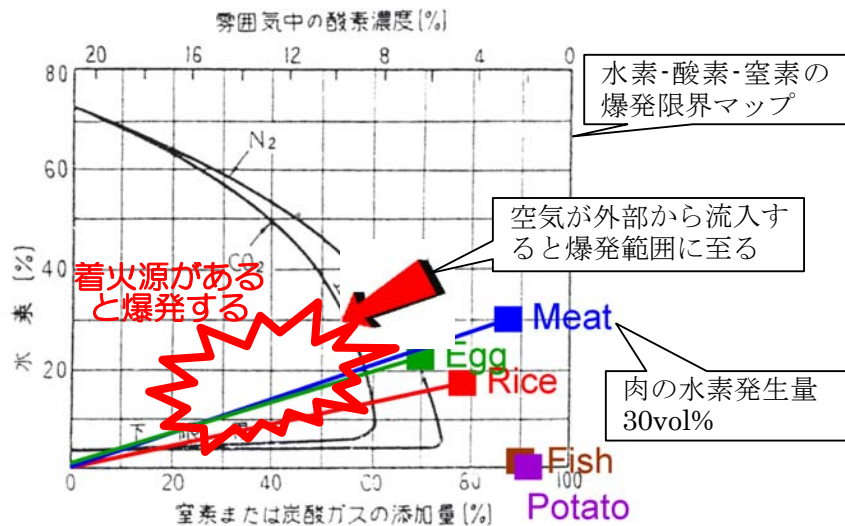
お弁当



爆発限界マップによる
危険度評価方法の提案



小型模擬貯蔵槽による危険度評価
方法の実証試験



廃棄物系バイオマスによる可燃性ガス 発生危険度評価手法の構築

Study on risk evaluation of flammable gas generating from waste biomass

小西 忠司*¹ (大分高専) 山城 哲*² (大分大学, 現長崎大学)

Tadashi KONISHI and Testu YAMASHIRO

*¹ Department of Mechanical Engineering, Oita National College of Technology, Oita, 870-0152, Japan

*² Institute of Scientific Research, Oita University, Oita 879-5593, Japan

1. はじめに

我が国のエネルギー基本政策は、2010年におけるバイオマス発電・熱利用を2000年度の4.7kL(原油換算)から約20倍の101kLに増加する目標を掲げており、バイオマス資源を有用なエネルギー形態へ転換する技術の開発と実用化が急速に求められている。しかし、三重ごみ固形燃料発電所の爆発事故、イオン大和ショッピングセンターの生ゴミ処理施設爆発事故で明白なように、この技術の実用化には有機性廃棄物の微生物発酵による可燃性ガス発生と爆発に至る過程の解明が欠かせない。

そこで、本研究では、廃棄物系バイオマスの火災・爆発に対する安全性評価手法を構築すべく嫌気性微生物の発酵に与える水分、温度、酸素濃度の影響を調べた。その結果、嫌気性微生物 *Clostridium butyricum* (以下 *C. butyricum*) は①25℃～45℃で増殖し 45℃以上では死滅、②酸素濃度0%～15vol%で増殖し 15vol%以上では増殖できない、③水分量50%以上では水分の影響はないという結果を得た。また、基礎実験に基づいて食品廃棄物の小型模擬貯蔵槽の設計および製作を行った。

2. 実験装置および実験方法

2. 1 グローブボックスによる酸素制御

Fig.1に示すように本実験で用いた *C. butyricum* (German Collection of Microorganisms and Cell Cultures, *C. butyricum* type strain 10702, ATCC 19398 identical) は偏性嫌気性の芽胞形成菌で長

さ 3～9μm, 幅 0.9～1.3μm, 非運動性のグラム陽性大型桿菌である。*C. butyricum* は三重ごみ固形燃料発電所の固形燃料(以下 RDF)サンプル中⁽¹⁾や脱脂大豆貯蔵サイロの爆発事故調査⁽²⁾において遺留物から分離されている。



Fig.1 (a) *C. butyricum* colony, (b) 顕微鏡写真 (×1000倍)

前報にて水素産生の得られた米、肉(ミートボール)、卵を食材として選択した。食材はフードプロセッサー(CUISINART DLC-1JW)にて2～3分程度処理した後、50ccバイアル瓶に入れて121℃、20分滅菌処理をした。滅菌後、Fig.2に示すグローブバック内にて *C. butyricum* 保存溶液を各食材に1mLずつ接種した。バイアル瓶の酸素濃度は窒素噴射時間にて調整をした。Fig.3は50ccバイアル瓶の窒素噴射時間と酸素濃度の関係である。酸素濃度は、0～21.3 vol%まで変化させて測定を行った。培養温度は、インキュベーター温度の調整により25℃～45℃まで変化させた。水分量はフードプロセッサー処理時の水分添加量によって50%～80%まで変化させた。*C. butyricum* 接種16日後の食品をガスクロマトグラフ(島津GC-2014AT, パックド, デュアル

TCD)にて産生ガス成分分析を行った。使用したカラムは Shincarbon ST 6m (Shinetsu) である。まず、産生ガスと成分の近いと予測される標準ガス (水素 1vol%,酸素 1vol%,メタン 1vol%,二酸化炭素 2vol%,窒素 95vol%,) によりガス検定を行った。次に、バイアル瓶のブチルゴム栓に直径 0.7mm のガスタイトシリンジ (Hamilton) を挿入してガスサンプル 2cc を採取した。ガスクロマトグラフの条件は 50℃, 8 分保持, 昇温速度 20℃/分にて 180℃まで昇温して 8 分保持した。

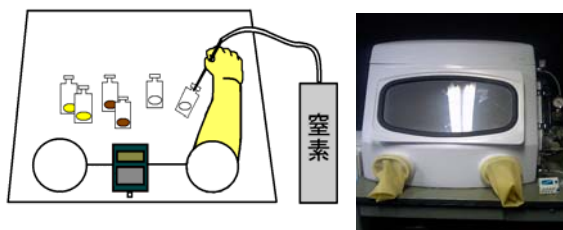


Fig.2 (a) グローブボックスによる酸素制御方法および (b) グローブボックス写真

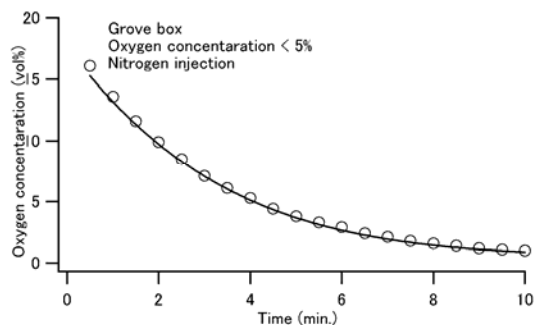


Fig.3 バイアル瓶 (50mL) の窒素噴射時間と酸素濃度の関係

3. 実験結果

3. 1 水分の影響

Fig.4 は米, 肉, 卵について水分量を変化させて測定した水素濃度を示している。肉, 卵について水分量による差は見られなかった。また, 米については水素の生成が観察されなかった理由は, 使用した冷凍真空パック米に酸味料 (乳酸) が含まれていたため *C.butyricum* の増殖を妨げたと考えられる。

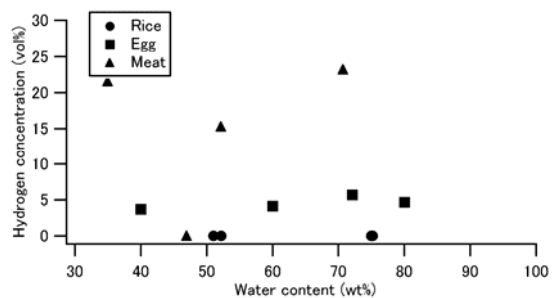


Fig.4 水分含有量と産生した水素濃度の関係

3. 2 温度の影響

Fig.4 は肉についてインキュベーターによる培養温度を 25~45℃まで変化させて水素ガスの生成を測定した結果を示す。 *C.butyricum* は 25~45℃まで水素を産生しており至適温度は 37℃程度と考えられる。また, 温度 45℃以上で *C.butyricum* は水素を産生しないので死滅していると考えられる。

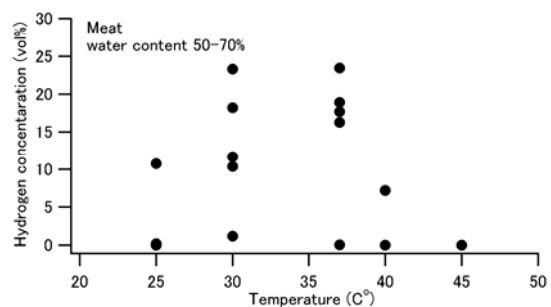


Fig.5 培養温度と産生した水素濃度の関係

3. 3 酸素濃度の影響

Fig.6 は肉について酸素濃度を 0~20vol%まで変化させて水素ガスの生成を測定した結果を示す。 *C.butyricum* は酸素濃度 12 vol%まで水素を産生しており, 低濃度ほど水素生成濃度が増加していることが明らかである。

4. 小型模擬貯蔵槽

4. 1 小型模擬貯蔵槽の設計および製作

以上の基礎実験より食品廃棄物の微生物発酵による可燃性ガス産生と爆発に至る過程の解明のため小型模擬貯蔵槽の設計および製作を行った。 Fig.7 に実験装置の模式図, Fig.8 に模擬貯蔵

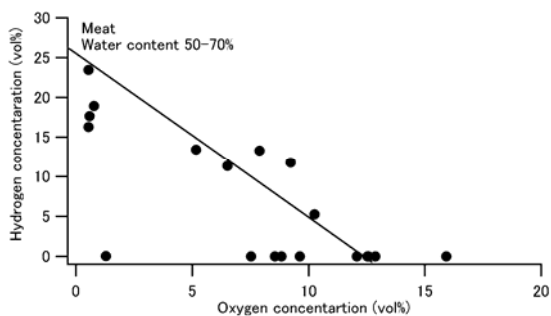


Fig.6 酸素濃度と産生した水素濃度の関係

槽の模式図をそれぞれ示す。実験装置は、模擬貯蔵槽、窒素ガス供給装置、真空装置、温水循環水装置、温度測定装置、ガスサンプリング装置から構成されている。模擬貯蔵槽は、外径 320mm、内径 280mm、高さ約 1m、容量約 63 リットルの透明アクリル製である。上部蓋には、試料を投入するための投入口、圧力計が設置されている。貯蔵槽底部には、窒素ガスおよび *C.butyricum* 注入口が設けられている。また、貯蔵槽温度を制御す

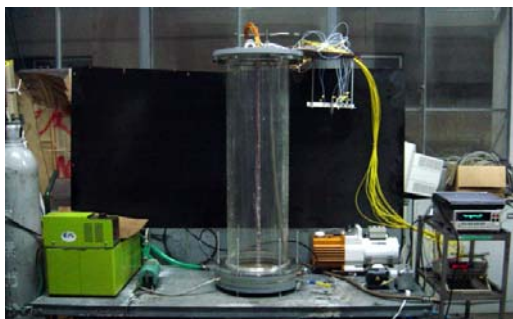
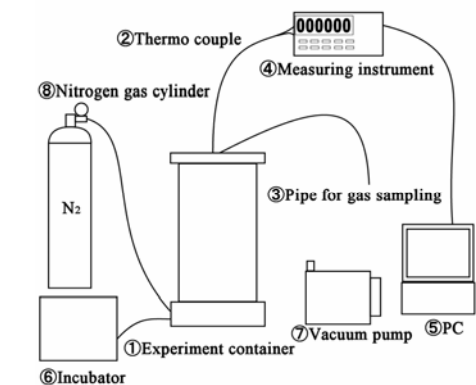


Fig.7 (a) 小型模擬貯蔵槽模式図,
(b) 実験装置全体写真

るために貯蔵槽底部にウォータージャケットを設けて恒温槽により温水を循環させる。模擬貯蔵槽内部の温度およびガス濃度のモニタリングのために模擬貯蔵槽中心部に外径 21mm のアクリルパイプを支柱として設置しパイプ側面の穴に K-type シース熱電対 (Omega, 5TC-TT-K-24-72), ガスサンプリングプローブ (Sigma-aldrich, TFE58698-U) を設置した。熱電対設置本数は 20 本で、設置高さは 0mm, 10mm, 20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mm, 120mm, 140mm, 180mm, 220mm, 260mm, 300mm, 350mm, 400mm, 500mm, 600mm, 700mm, 800mm, 900mm である。ガスサンプリングプローブは、外径 1/16 インチ (約 1.58mm), 長さは 2m, パイプの容量約 1cc のテフロン製である。設置本数は 16 本で、設置高さは 0mm, 10mm, 20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mm, 120mm, 140mm, 180mm, 220mm, 260mm, 300mm, 350mm, 600mm, 900mm である。

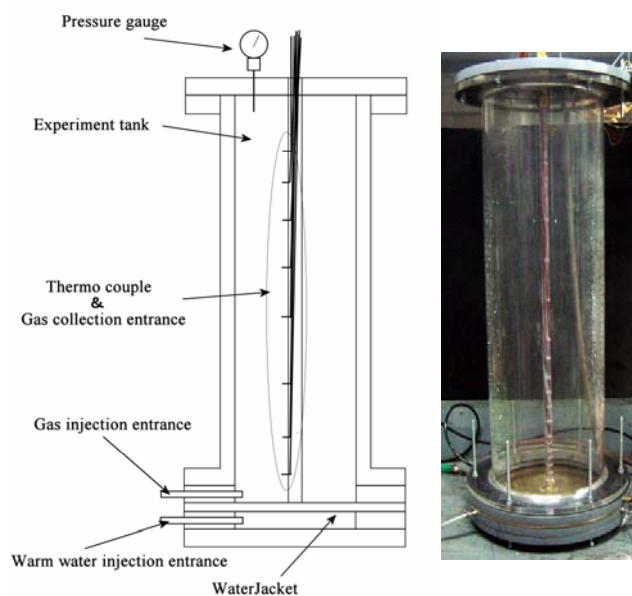


Fig.8 小型模擬貯蔵槽本体
(a) 模式図および(b)写真

貯蔵槽内のガスサンプリングは Fig.9 に示すように行った。ダイヤフラム型ドライ真空ポンプ (ULVAC, DAM-010) に内圧測定用針付きアダプター (GL science, 3001-35911) を接続して 5mL

バイアル瓶 (GL science, 1030-13102) 内を 400Pa 程度の真空にする。次に、貯蔵槽から延長させたサンプリンブプローブに接続した内圧測定用針付きアダプターに真空バイアル瓶を刺してガスを採集する。

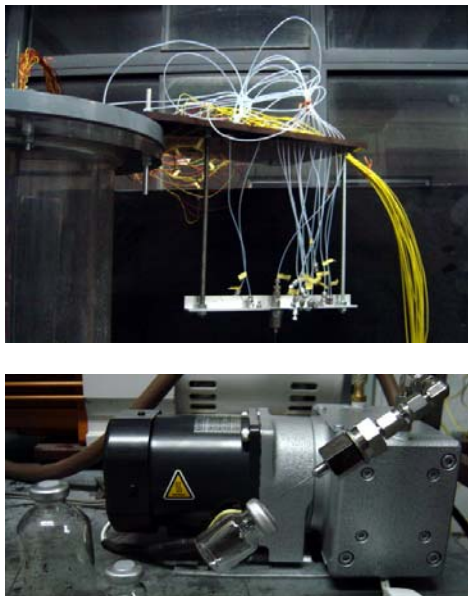


Fig.9 (a) サンプリンブプローブ部
および(b) 真空バイアル瓶

4. 2 小型模擬貯蔵槽の予備実験結果

本実験を行う前に、予備実験としてウオータージャケット温度を 45°Cにした場合の貯蔵槽内の温度分布を測定した。Fig.10 にバイオマスを投入していない場合の貯蔵槽内の温度分布の経時変化を示す。容器底部から高さ方向に向けてなだらかな温度分布が形成されている。

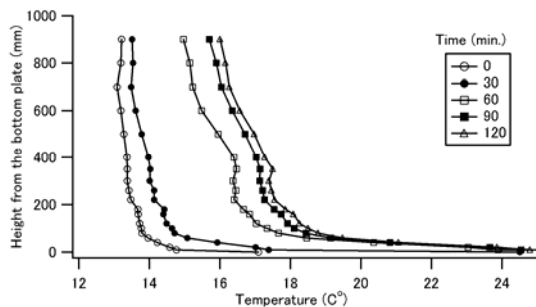


Fig.10 貯蔵槽内の温度分布の経時変化

Fig.11 に貯蔵槽内を窒素ガスで置換した場合の酸素濃度の経時変化を示す。窒素を 5 分供給して停止した場合の酸素濃度は 15.5vol%，窒素を 5 リットル/分で供給している場合の酸素濃度は 6-8vol%，窒素の供給を停止して 15 時間後の酸素濃度は 11.9vol%であった。 *C.butyricum* が水素を生成できる酸素濃度が 0%~15vol%であるため本実験装置での実証実験は可能であると考えられる。

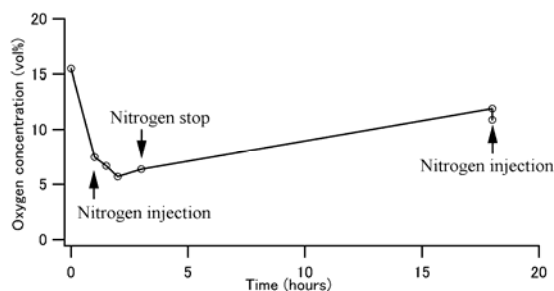


Fig.11 貯蔵槽内の酸素濃度の経時変化

5. 結論

本研究では、廃棄物系バイオマスの火災・爆発に対する安全性評価手法を構築すべく嫌気性微生物の発酵に与える水分、温度、酸素濃度の影響を調べた。その結果、嫌気性微生物 *C.butyricum* は①25°C~45°Cで水素を産生するが 45°C以上では産生しない、②酸素濃度 0%~15vol%で水素を産生するが 15vol%以上では産生しない、③水分量 50%以上では水分の影響はないという結果を得た。また、基礎実験に基づいて食品廃棄物の小型模擬貯蔵槽の設計および製作を行った。

参考文献

- (1) Sakka et al. Biosci Biotechnol Biochem. 68(2): 466-7, 2004
- (2) 芳賀, 醬研, vol.30(1):13-19, 2004.

第7 救急・救助業務の高度化

【7.1 レスキュー工学の構築を目指した啓発活動のための核心的企画研究】

研究実施期間	平成15年度(当初予定では平成17年度まで)
配分額(千円)	1,875(平成15年度)
研究代表者	大須賀公一
所属機関	京都大学大学院情報学研究科システム科学専攻
研究体制	学
研究概要	<p>本研究では、これまで単発的に存在してきたレスキュー関連技術の統一的な求心力としての「レスキュー工学」を構築することをめざす。</p> <p>そのための手法として、レスキューロボットコンテスト、レスキューロボットコンテストシーズの活動支援、レスキューロボット関連の懇親会やセミナーなどを開催する。また、これらの活動を有機的に統括し近未来のレスキューロボット研究者を発掘する。</p>
研究成果の活用事例	—
応用の方向性	—
キーワード	レスキュー工学、レスキューロボットコンテスト、啓発活動
研究結果コメント	当初の目標を期間内に達成することが困難であると判断された。レスキュー工学の研究者育成、社会啓発は意義のあることであるが、競争的研究資金による研究開発としてはアウトプットが具体的ではなかった。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

「レスキュー工学の構築を目指した啓発活動のための核心的企画研究」

2. 研究実施期間

平成 15 年度(1 年間)

3. 研究代表者氏名

大須賀公一

4. 研究代表者所属機関

京都大学大学院(平成 15 年当時)

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

なし

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

大阪大学(平成 15 年当時) 升谷保博

岡山県立大学 山内 仁

東京電機大学 栗栖正充

大阪府立工専 金田忠祐

広島大学(平成 15 年当時) 市川貴子

岐阜工専 奥川雅之

奈良工専 酒井史敏

大阪府立工専 土井智晴

7. 研究課題の要旨

これまで単発的に存在してきたレスキュー関連技術の統一的な求心力としての「レスキュー工学」を構築することをめざす。そのための手法として、当該分野の重要性を社会に対して多角的かつ強力に啓発できる方策を提案する。具体的には、レスキューロボットに関する社会啓発活動であるレスキューロボットコンテスト、レスキューロボットコンテストシーズの活動を支援する。さらに、レスキューロボット関連の懇談会やセミナーなどを開催する。特に本研究ではこれらの活動を有機的に統括し近未来のレスキューロボット研究者を発掘する。

8. 研究結果

当該年度における主な結果を記す。

A) 下記の要領で第 3 回レスキューロボットコンテストを実施した。

日程：2003 年 8 月 2 日, 3 日

場所：よみうり文化ホール(よみうり文化センター内)

B) A)と併設して複数のレスキューロボットコンテストシーズ(レスコンシーズ)を試験的に開催した。

C) 下記の要領でレスコンシンポジウム 2003 を開催した。

日程：2003 年 12 月 6 日 9:45～17:30

場所：午前の部 人と防災未来センター(〒651-0073 神戸市中央区脇浜海岸通 1-5-2)

午後の部 セミスタ神戸(〒651-0076 神戸市中央区吾妻通 4-1-6)

以上のような活動を通して、本年度は当初の目標通り、レスキュー関係の社会啓発活動が充分行われたと考える。

9. 研究成果の活用状況等

当該年度で実施したレスキューロボットコンテストやレスキューロボットコンテストシーズの結果はその後より発展し、2006年には第6回レスキューロボットコンテストが開催された。さらに田宮との共同研究によってレスキューロボットコンテストシーズのための教材である「レスキュークローラ」が開発され市販されるに至った。このように、当該年度の結果はその後の活動の基礎になっている。

10. 研究発表の状況等

当該年度は以下のように外部に対して情報発信を行った。

論文

(1) K.Osuka and Executive Committee of Rescue Robot Contest, 「Rescue Robot Contest - To Expand the Range of Rescue Research -」, Advanced Robotics, Vol.16, No.6, pp.565-568, 2003

(2) T.Yamamoto, T.Ichikawa and S.Fujisawa, 「A Consideration on Rescue Robot Contest from Viewpoint of Technology Education」, The Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.15 No.5, pp.516-520, 2003

学会発表

(1) 金田忠裕, 「レスキューロボットコンテストシーズの挑戦」, 第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会, 3C1-1, 2003

(2) 安井正明, 土井智晴, 金田忠裕, 「モノづくりとコトづくりの融合レスコンシーズを題材として」, 第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会, 3C1-2, 2003

(3) 田中享, 奥川雅之, 「レスコンシーズ美濃版に関する評価および考察」, 第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会, 3C1-3, 2003

(4) 市川貴子, 岩野優樹, 山本透, 「レスコン Jr. の教育的効果に関する一考察中学校技術科における実践を通して」, 第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会, 3C1-4, 2003

(5) 升谷保博, レスキューロボットコンテスト実行委員会, 「レスキューロボットコンテストの目指すもの第3回競技会の結果を踏まえて」, 第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会, 3C2-1, 2003

(6) 水田紘介, 前山祥一, 栗栖正充, 升谷保博, レスキューロボットコンテスト実行委員会, 「第3回レスキューロボットコンテストにおける要救助者ダミーの開発と評価」, 第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会, 3C2-2, 2003

(7) 沖俊任, 奥川雅之, レスキューロボットコンテスト実行委員会, 「第3回レスキューロボットコンテストにおける電波の管理について」, 第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会, 3C2-3, 2003

(8) 山内仁, レスキューロボットコンテスト実行委員会, 「レスキューロボットコンテス

トにおける計算機システムとデータ分析」, 第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会, 3C2-4, 2003

(9) 天野久徳, 大西規雄, 染谷美枝, レスキューロボットコンテスト実行委員会, 「レスキューとコンテスト-レスキューロボットコンテスト規定の困難さ-」, 第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会, 3C2-5, 2003

(10) 大須賀公一, レスキューロボットコンテスト実行委員会, 「レスキューロボットコンテストのベクトル」, 第4回 SICE システムインテグレーション部門(SI 部門)講演会, 3C3-5, 2003

11. 知的財産権の出願・登録状況等

当該年度はなし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

本研究の目指していることは、中長期的な視点からレスキュー研究の研究者を増やし、研究の質とともに量の面からも当該分野の充実確立することである。そのためには、できるだけ多くの人々に当該分野の存在と重要性を認識してもらう必要がある。特に、若者に対しては将来のレスキュー研究者の発掘と育成という期待を抱き、社会全般に対しては、現在のレスキュー研究に対する理解と支援の具現化を期待している。今後は直接的な研究のみならず本研究のような啓発活動に対しても国策として力を入れるべきと考える。当該研究の研究期間が3年だったのが1年で打ち切られたのは非常に残念に思う。

【7.2 消防・危機管理用具の性能に関する研究】

研究実施期間	平成15年度
配分額(千円)	12,870(平成15年度)
研究代表者	山田比路史
所属機関	消防・危機管理用具研究協議会
研究体制	産
研究概要	<p>本研究では、テロ等の特殊災害時に消防機関が使用する救助資機材及び国民が使用する呼吸用保護具等の防災製品の性能に係る適切な基準及びその品質・性能の評価について調査、研究を行う。</p> <p>海外の基準を調査し、その情報を基礎として、次の3件の基準を作成した。その後、基準に基づく製品の試作を行い、モデル試験装置を用いて検証した。</p> <p>1) 救助隊用ろ過式呼吸用保護具 2) 救助隊用給気式呼吸用保護具(空気呼吸器) 3) 救助隊用化学防護服</p>
研究成果の活用事例	基準に適合する製品の普及促進
応用の方向性	他の防災製品についての基準作成
キーワード	テロ、特殊災害、呼吸用保護具、化学防護服、防災製品、基準
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成し、一定のアウトプットを得ている。国内外の規格を参考にしつつ、防災製品の基準を定めることにより、一定の水準の製品が供給されるようになっている。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

消防・危機管理用具の性能基準に関する研究

2. 研究実施期間

平成 15 年度(1 年間)

3. 研究代表者氏名

山田比路史

4. 研究代表者所属機関

消防・危機管理用具研究協議会

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

消防・危機管理用具研究協議会に設置された次の組織の構成委員

技術委員会

委員長：重松開三郎 副委員長：佐藤英夫

他 16 名(下記の分科会の委員と重複あり)

ろ過式呼吸用保護具分科会 会長：山田比路史 副会長：山里洋介 他 9 名

給気式呼吸用保護具分科会 会長：森 正晴 副会長：山田都夫 他 6 名

化学防護服分科会 会長：鈴木裕生 副会長：稲井 巡 他 7 名

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

なし

7. 研究課題の要旨

消防機関の救助隊が、テロ等の特殊災害及び地震・火災活動等の大規模災害発生時に使用する消防活動用資機材、また、一般国民が大規模災害時の避難用として使用する防災製品の性能については、日本国内において明確な規格が定められていない。このため、消防機関の使用する救助資機材及び国民が使用する呼吸用保護具等の防災製品の性能に係る適切な基準及びその品質・性能の評価について調査、研究を行なうものである。

調査、研究の具体的な推進方策は、日本国内における救助資機材の製造者・販売者で組織する「消防・危機管理用具研究協議会」を設置し、当該研究協議会に「ろ過式呼吸用保護具分科会」、「給気式呼吸用保護具分科会」及び「化学防護服分科会」を置いて、海外の基準及び使用方法等を参考にして、各分科会ごとに災害事象(NBC 等のテロ、その他)とそれに対応する資機材の性能基準を策定する。その後、性能基準に基づく製品の試作を行い、モデル試験装置を用いて検証する。ここで研究した性能の基準は、消防庁へ提言するとともに一般に公開する。

8. 研究結果

NBC テロ等の特殊災害及び火山災害等の大規模災害時に、消防機関の救助隊が使用する個人装備に関する技術上の基準及び評価(試験)の方法について調査を行なった。

調査に際しては、ISO、EN(ヨーロッパ規格)、NIOSH(米国労働安全衛生研究所)規格、NFPA(全米防火協会規格)、JISなどを対象とした。

これらの情報を基礎として、海外規格に適合する製品を排除しない方向で、次の 3 件

の基準を作成した。

- a) 救助隊用ろ過式呼吸用保護具
- b) 救助隊用給気式呼吸用保護具(空気呼吸器)
- c) 救助隊用化学防護服

9. 研究成果の活用状況等

この研究によって作成した3件の基準に基づいて、日本消防設備安全センターは、各保護具の性能評定を行なうための「性能評定細目」を作成し、平成16年4月20日から、評定業務を行なっている。

10. 研究発表の状況等

研究発表

- (1) 平成15年度「消防防災科学技術研究推進制度」研究報告会、平成16年3月30日、消防研究所

雑誌発表

- (1) 岡山正昭, 山田比路史, 「消防におけるテロ対策・大規模災害等用「呼吸用保護具」の基準について」, セイフティ・ダイジェスト, 2005年5月号

11. 知的財産権の出願・登録状況等

なし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

今回の研究は、テロ等の特殊災害時に消防隊員が装備する呼吸用保護具及び化学防護服の基準を策定したものであるが、次のステップとしては、一般市民が避難用として装備する呼吸用保護具の基準策定へ反映することとした。(この件については、既に、“避難用給気式呼吸用保護具”にあつては、平成17年5月10日制定及び“避難用ろ過式呼吸用保護具”にあつては、平成17年7月1日制定した。)

また、基準に適合する製品については、消防機関へ情報を提供し、普及促進を図ることとした。

研究した規格の内容等の概要

(1) ろ過式呼吸用保護具

この規格は、現時点で唯一CBRN災害用の防毒マスク規格として存在するNIOSH規格をベースとしながら、部分的にJIS、防衛庁仕様を取り入れた。主な内容は、次のとおりである。

- ア マスクの種類は、マルチガス用（複数種類のガス用）及び火山噴火対策用（二酸化いおう、硫化水素用）とし、それぞれの使用時間による区分は、長時間型（60分）及び短時間型（30分）とした。
- イ NIOSH規格では、神経剤（サリン等）及びびらん剤（マスタード等）に対する除毒能力について実ガスを使用して性能確認をすることとされているが、国内では不可能であることから実剤と偽剤との相関関係を承知し、偽剤での評価を認めている防衛庁基準（クロルピクリンを使用）を暫定的に採用した。また、NIOSH規格には規定されていないが、塩素については第一次大戦でも毒ガスとして使用され、テロリストが入手容易なこと及び国内の化学工場には大量に存在することから追加した。
- ウ マルチガス用には面体の耐透過性を規定し、その方法はイと同様に偽剤を用いることとし、防衛庁基準（ β -クロルジエチルサルファイドを使用）を暫定的に採用した。

(2) 給気式呼吸用保護具（空気呼吸器）

この規格は、通常陽圧式化学防護服の内部に装着して使用する空気呼吸器の規格を定めたものであり、外部に装着した場合は、外気に暴露された場合の液状の有害物質に対する耐透過性、万一火炎にさらされた時の耐炎性等を付加することで足りるため、従来の火災現場で用いる消防隊用のJISをベースとしながら、部分的にEN規格、防衛庁仕様を取り入れた。主な内容は次のとおりである。

- ア 救助隊が使用する給気式呼吸用保護具のうち、有害ガス、蒸気、有害粒子状物質、酸素欠乏空気の吸入防止の目的から、外気に対する防護能力の優れているプレッシャーデマンド型を対象とし、平均呼吸量40リットル毎分で使用した場合の使用時間を30分以上確保するため、携行空気量の最小値を1200リットル以上とした。
- イ 激しい活動時にも面体内を陽圧に保つため、吸気量の最大値を300リットル毎分（JISでは200リットル毎分）とした。

ウ 化学防護服で規定する自給式呼吸器外装型気密服と組み合わせで使用
する空気呼吸器の面体には、(1) ウと同様に、面体が外気と接する部分
の試験として防衛庁基準（β-クロルジエチルサルファイドを使用）を
暫定的に採用した。また、難燃性についてはEN規格を取り入れ、併用
使用する化学防護服と同等以上の性能を規定した。

(3) 化学防護服

この規格は、ISOにおいて策定中であるBCテロ用の規格をベース
としながら、部分的にEN規格、JIS、防衛庁仕様を取り入れた。主
な内容は次のとおりである。

ア 化学防護服の種類は、想定する使用区域及び使用環境により、レベル
A・レベルB・レベルC及びレベルD化学防護服に区分し、化学防護服
の標準的な構成及び想定する使用区域を次表のように整理した。

	レベルA化学防護服	レベルB化学防護服	レベルC化学防護服	レベルD化学防護服
服のタイプ	自給式呼吸器内装形 気密服（タイプ1a） 又は 自給式呼吸器外装型 気密服（タイプ1b）	スプレー防護用密閉服 （タイプ4）	スプレー防護用密閉服 （タイプ4）	ミスト防護用密閉服 （タイプ6）
呼吸用保護具の種類	吸気式呼吸用保護具	給気式呼吸用保護具又は ろ過式呼吸用保護具	ろ過式呼吸用保護具	
手袋・長靴	化学防護手袋・長靴	同左	同左	同左、又はその他の手 袋・フットウエア
想定する使用区域	危険区域（汚染区域）	同左	準危険区域（除染区域含）	警戒区域

イ 前表に示したタイプ1a、タイプ1b、タイプ4及びタイプ6は、ISO
O、EN規格及びNFPA規格に規定する化学防護服の種類に整合する。

ウ レベルA化学防護服材料の標準化学物質に対する耐透過性は、呼吸器
の規格と整合性するためEN規格より一ランク上とし、ISOと同等の
60分とした。また、ISO及びNFPA規格ではサリン等の実剤によ
る耐透過性の試験を要求しているが、国内での試験は不可能であること
から、呼吸器と同様に防衛庁基準（β-クロルジエチルサルファイドを
使用）を暫定的に採用した。

【7.3 救急需要に関する研究】

研究実施期間	平成17年度
配分額(千円)	8,000(平成17年度)
研究代表者	坂本哲也
所属機関	帝京大学医学部救命救急センター
研究体制	学
研究概要	<p>本研究では、救急需要対策として実施されるトリアージ方法の検討に資するエビデンスを確立するため、119番の通報内容、救急活動記録、病院搬送後の確定診断名を統合したデータベースを作成し、統計学的に分析した。</p> <p>また、救急活動記録の中から、現場における緊急度の一つである生理学的指標を数値化し、病院到着時の重症度との関係も分析した。あわせて米国における救急需要対策と供給源の実情について調査した。</p>
研究成果の活用事例	緊急度に応じたトリアージの実施と救急車の運用
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急度に合わせた病院前救護の質の向上 ・トリアージの根拠となる科学的エビデンスの確立と国民の理解 ・トリアージ案に基づく評価のみを通報や現場で試行し、基準の妥当性を検証した上で、実際にトリアージ結果に基づく救急自動車の運用の試行
キーワード	救急、119番通報、トリアージ、生理学的緊急度指標、重症度
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトプットにより、実用化等へ向けてさらに研究開発を行うことが期待される。得られた知見が、トリアージプロトコルなどに活用され、現場における、迅速かつ質の高い救急業務の実現に資するように期待する。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1. 研究課題名

救急需要に関する研究

2. 研究実施期間

平成 17 年度(1 年間)

3. 研究代表者氏名

坂本哲也

4. 研究代表者所属機関

帝京大学医学部

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

森村尚登

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

自治医科大学 鈴川正之

広島大学医学部 谷川攻一

昭和大学医学部 三宅康史

日本医科大学 吉田竜介

札幌医科大学 奈良 理

日本大学 前田幸宏

7. 研究課題の要旨

近年、本邦のみならず先進諸国において、救急医療需要は増加の一途を辿っている。過去のデータが示しているように、人口当たりの救急車要請数が増加しており、地域の疾病構造が大きく変化していないと仮定すれば、この増加は軽症例や不必要搬送症例の増加が原因の一つとなっている可能性がある。このような増加はプレホスピタルスタッフの疲弊を生み、モチベーションに影響し、緊急性の高い症例に対する質の高い円滑な救急活動の実施を妨げる可能性もある。本研究は救急需要対策として実施されるトリアージ方法の検討に資するエビデンスを確立するため、119 番の通報内容、救急活動記録、病院搬送後の確定診断名を統合したデータベースを作成し統計学的に分析した。また救急活動記録の中から、現場における緊急度の一つである生理学的指標を数値化し、病院到着時の重症度との関係も分析した。あわせて米国における救急需要対策と供給源の実情につき調査した。

8. 研究結果

データベースの分析により、類型化した通報内容のうち、呼吸なし、脈なし、水没、冷たくなどが、病院到着時重症度における心肺停止に関与し、胸痛、胸部

苦悶、心疾患既往、発汗、動悸などが、確定診断名の急性冠症候群に関与し、頭痛、いびき、嘔吐などがクモ膜下出血に関与していることが判明した。また、現場の生理学的緊急度指標である呼吸数、血圧、意識レベルから判断した緊急度が病院到着時の重症度に関与していることが判明した。米国における救急需要対策と供給源の実情につき調査では、救急搬送を必要としない傷病者を見つけだすことによって搬送件数を減らすのではなく、緊急度に応じた運用を行うことにより、非緊急傷病者による影響を減らすことが重要であると考えられた。トリアージプロトコールのみを表面的に取り入れるだけでは、救急需要対策は困難であり、緊急度に応じて緊急初期対応と救急車運用を柔軟に選択することが必要となる。

9. 研究成果の活用状況等

平成 17 年度総務省消防庁「救急需要対策に関する検討会」において本研究の結果を検討内容に盛り込んで、報告書に本研究で作成したトリアージプロトコールの案を採用した。引き続き、平成 18 年度総務省消防庁「トリアージに関する検討会」においても本研究の結果を基礎として、具体的な検証を含めた検討が行われる予定である。

10. 研究発表の状況等

研究報告書による発表の他、平成 18 年度の日本救急医学会総会および全国救急隊員シンポジウム等で研究結果を発表する予定である。

11. 知的財産権の出願・登録状況等

特になし

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

病院前救護体制におけるトリアージは、救急需要対策として量の問題を解決するために重要であるだけでなく、緊急度に合わせた病院前救護を提供するという質の向上の面でも重要である。119 番の通報内容や現場における生理学的指標から、緊急度を一定の確率で推測することができる。一方、既にトリアージを実施している米国では緊急度の高い傷病者を常に優先して対応することにより、救急需要の増加による影響を最小限にしていた。本邦において通報時のトリアージを実現するためには救急指令員の教育と担い手についての検討が課題となる。また、実際にトリアージを行った結果がその限界も含めて社会的に容認されるためには、トリアージの根拠となる科学的エビデンスを確立し、国民に広く理解を得ることが不可欠である。今後はトリアージ案に基づく評価のみを通報や現場で試行し、基準の妥当性を検証した上で、実際にトリアージ結果に基づく救急自動車の運用を試みる必要がある。

救急需要に関する研究

○成果の概要

58,548 件の救急活動をロジスティック回帰分析した結果、類型化した通報内容のうち、『呼吸なし』、『脈なし』などが心肺停止に関与し（感度 40%、特異度 99.8%、陽性的中度 81%）、『倒れている』、『意識障害』、『呼吸異常』などが重症以上に関与し（感度 64%、特異度 86%、陽性的中度 21%）、『胸痛』、『』『胸部苦悶』、『心疾患既往』、『発汗』、『動悸』などが急性冠症候群に関与し、『頭痛』、『いびき』、『嘔吐』などがクモ膜下出血に関与していることが判明した。現場において呼吸数、血圧、意識レベルから判断した緊急度も病院到着時の重症度に関与していた（感度 35%、特異度 93%、陽性的中度 24%）。以上より、通報時および現場到着時に緊急度を一定の確率で推測することができるかと結論した。（表 1・2） 一方、米国調査結果から、緊急度が異なる多様な傷病者に対し適切な対応をするためには、緊急度の明確な基準と緊急度に応じて初期対応と救急自動車運用を柔軟に選択できるような体制が必要であることが示された。米国の通報時トリアージプロトコールの目的は如何に緊急度の高い傷病者を迅速に見つけるかにあり、緊急度の高い傷病者を常に優先して対応することにより、救急需要の増加による影響を最小限に抑えていた。わが国で救急需要対策としてのトリアージを実現するためには、救急指令員の教育あるいは担い手についてのさらなる検討が必要となる。

本研究結果を踏まえて、今後はトリアージ案に基づく基準の妥当性を検証した上で、実際にトリアージ結果に基づく救急自動車の運用を試みる必要がある。そのためには、米国だけでなく欧州諸国の救急医療体制も参考にした上で、トリアージ結果に基づく対応としてわが国でどのような運用方法が選択可能かも示しておく必要がある。また、緊急度の高い病態の代表として、本年度は急性冠症候群とクモ膜下出血を検討したが、急性期病態の分析を更に進めて、より多くの病態に対応できるトリアージ基準へと完成度を高めていく必要がある。

表 1 通報時 緊急度・重症度基準（案）

NO	緊急度	通報内容	陽性的中度（予測された実傷病者数/予測傷病者総数）	感度（予測された実傷病者数/実傷病者総数）
1	心肺停止の可能性が高い傷病者	呼吸なし 脈なし など	心肺停止 81% （148 例/183 例）	40% （148 例/368 例）
2	生理学的異常の可能性が高い傷病者	倒れている 意識障害 呼吸異常 など 高エネルギー事故	心肺停止 9% （343 例/4020 例）	93% （343 例/368 例）
			重症以上 21% （644 例/3005 例）	
3	解剖学的異常の可能性が高い傷病者	急性冠症候群 胸痛 胸部苦悶 心疾患既往 汗・動悸など	17% （370/2188 例）	73% （370 例/510 例）
		クモ膜下出血 頭痛 いびき 嘔吐など	4% （95 例/2320 例）	79% （95 例/121 例）
4	傷病者の持つ属性	乳児、高齢者、妊婦、外国人など		
5	軽症ではあるが明らかでは無い場合		軽症 92% （1686 例/1833 例）	15% （1686 例/11450 例）
6	明らかに軽症と考えられる傷病者	鼻出血、不眠など 爪をはがした、足首をくじいたなど		

表 2 救急現場の緊急度・重症度基準（案）

NO	緊急度重症度	現場判断方法	修正外傷スコアー陽性的 中率（予測された実傷病 者数/予測傷病者総数）	必要な処 置	緊急 搬送
1	心肺停止傷病者	呼吸、意識の有無など		応急処置 救急救命 処置	必要
2	生理学的異常の ある傷病者	バイタルサインから判断（呼 吸の異常、循環の異常、意識 の異常） 修正外傷スコア 重症度・緊急度判定基準	重症以上 35% （324例/921例） 中等症以上 31% （1967例/4106例）	応急処置	必要
3	解剖学的異常が 疑われる傷病者	急性冠症候群 脳卒中 高エネルギー事故による外傷 ・・・		応急処置	必要
4	傷病者の持つ属 性	乳児、高齢者、妊婦、外国人 など		必要に 応じて 応急 処置	必要
5	軽症と考えられ る傷病者			必要に 応じて 応急 処置	明らかでな ければ必要
6	明らかに軽症と 考えられる傷病 者	鼻出血、不眠など 爪をはがした、足首をくじい たなど	軽症 65% （8021例/12346例）	必要なし	必要なし

第8 環境への配慮

【8.1 環境に配慮した一般火災用消火剤の開発】

研究実施期間	平成15年度～平成16年度
配分額(千円)	19,419(平成15年度)、18,764(平成16年度)
研究代表者	上江洲一也
所属機関	北九州市立大学国際環境工学部
研究体制	産・学・官
研究概要	<p>本研究では、天然系の原料による界面活性剤をベースとし、かつ、一般火災に対して消防隊が使用することができる性能を備えた消火剤を開発することを目的としている。また、消火剤の水生生物への影響として、原生生物と魚類に対する環境毒性評価も行う。</p> <p>消火剤の主成分として生分解性に優れた石鹼を選択し、消火剤に要求される物性及び性能を満たす消火剤成分を特定した。また、毒性試験においては硬度成分濃度が高くなるにつれて本消火剤の毒性が急激に減少したことから、天然系消火剤は河川等の水環境に放出された際に、速やかに水生生物に対する毒性を失うことが明らかとなった。</p>
研究成果の活用事例	<ul style="list-style-type: none"> ・環境にやさしい一般火災用消火剤として実用化 ・北九州市消防局において、H17～18年に試行配備。(実火災・実車検証) <p>同 H18年8月、9月に実規模(集合住宅27㎡)火災実験を実施。</p>
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・CAFS(Compressed Air Foam System)などの新たな放水システムと組み合わせることによって、より効率的な消防活動ができる新たな消防戦術の開発 ・一般火災用消火剤だけでなく、油火災やタイヤ火災、林野火災等に適用可能な組成への改良開発 ・消火剤の環境リスクアセスメントの確立、自然界への散布条件(使用基準・モノサシ)等の検討
キーワード	一般火災用消火剤、石鹼、天然系、生分解性、界面活性剤、毒性評価
研究結果コメント	<p>当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトカムにより、実用化、施策等への活用等が期待される。環境毒性、環境負荷が低い消火剤の開発に成功するとともに、水損防止という課題解決にもつながる成果を得ており、今後の普及が期待される。</p>

消防防災科学技術研究推進制度に係わる研究結果報告

1. 研究課題名

環境に配慮した一般火災用消火剤の開発

2. 研究実施期間

平成 15 年度～平成 16 年度(2 年間)

3. 研究代表者

上江洲一也

4. 研究代表者所属機関

北九州市立大学

5. 研究代表者所属機関参加者氏名

水城秀信、山田美華、河野智謙、角野貴志

6. 研究共同機関名及び参加者氏名

シャボン玉石けん(株) 小林正隆、鶴 仁
(株)古河テクノマテリアル 大庭啓彦、岩本真司、光宗将太、尾張正典
北九州市消防局 永友義夫、梅木久夫、山家桂一

7. 研究課題の要旨

消防活動上の諸問題を軽減するためには、少ない放水量で効率的に消火することが重要である。界面活性剤の添加が放水量の低減に効果があることが確認されているが、これまで消火剤に使用されている界面活性剤は合成系であるため環境への悪影響が懸念される。そこで本研究では、天然系の原料による界面活性剤をベースとし、かつ、一般火災に対して消防隊が使用することができる性能を備えた消火剤を開発することを目的とした。また、消火剤の間接的・直接的影響を受けるリスクは陸生生物よりも水生生物が高いという調査報告と、消火活動時の流去水の環境への流出経路を考慮して、原生生物(ゾウリムシ等)と魚類(ヒメダカ)に対する環境毒性を評価することとした。

8. 研究結果

消火剤の主成分として生分解性に優れた石鹼を選択し、消火剤に要求される 3 つの物性および性能、(1) 少ない放水量で消火可能、(2) 環境負荷が低い、(3) 冬季にも使用可能な高い流動性および消防資機材に最適な物性・性状、を満たす消火剤成分を特定した。オレイン酸ナトリウム(液体石鹼にするため)、ラウリン酸カリウム(起泡力を高めるため)、パルミチン酸カリウム(泡を細かくし、泡の持続性を高めるため)の三種類の石鹼成分を混合し、流動性を高めるために希釈剤と水を加え、さらに石鹼カス(金属石鹼)の生成を防ぐためにキレート剤を添加した。

ゾウリムシを用いた急性毒性試験および魚毒性試験において、硬度成分(Ca、Mg 等)濃度が高くなるにつれて本消火剤の毒性が急激に減少した。したがって、天然系消火剤は河川や海等の自然界の水環境に放出された際に、速やかに水生生物に対する毒性を失うことが明らかとなった。

9. 研究成果の活用状況等

消防防災科学技術研究推進制度の研究実施期間終了後、1年半を経過し、要求される物性・性能を満足する天然系消火剤を開発することができ、併せてその間に実証配備・実火災実験データを蓄積できたので、来年度より市販する予定である。

10. 研究発表の状況等

学会発表

- (1) 化学工学会沖縄大会 平成 16 年 11 月(琉球大学)口頭発表
- (2) 化学工学会第 70 年会 平成 17 年 3 月(名古屋大学)口頭発表
- (3) 日本農芸化学会 2005 年度大会 平成 17 年 3 月(札幌)ポスター発表
- (4) 第 42 回化学関連支部合同九州大会 平成 17 年 7 月(北九州)ポスター発表
- (5) 第 16 回九州地区若手ケミカルエンジニア討論会 平成 17 年 7 月(大分)ポスター発表
- (6) 第 17 回九州地区若手ケミカルエンジニア討論会 平成 18 年 7 月(山口)ポスター発表
- (7) 化学工学会第 38 回秋季大会 平成 18 年 9 月(福岡) 口頭発表

学術論文

- (1) T. Kadono, K. Uezu, T. Kosaka and T. Kawano, 「Altered Toxicities of Fatty Acid Salts in Green Paramecia Cultured in Different Waters」, *Z. Naturforsch., C: Journal of Biosciences*, **61** (7-8), 541-547 (2006)

11. 知的財産権の出願・登録状況等

特願 2004-258600 「界面活性剤系消火剤」

出願日：平成 16 年 9 月 6 日

出願人：(株)古河テクノマテリアル、シャボン玉石けん(株)、北九州市 TLO

Surfactant composition. Ohba, Yoshihiko; Iwamoto, Shinji; Mitsumune, Shota; Kobayashi, Masataka; Tsuru, Hitoshi; Hatae, Shuuichi; Uezu, Kazuya; Yamaga, Keiichi; Nagatomo, Yoshio; Umeki, Hisao. (Furukawa Techno Material Co., Ltd., Japan; Shabondama Soap Co., Ltd.; Kitakyushu Foundation for the Advancement of Industry Science and Technology). PCT Int. Appl. (2006), 26 pp.

12. 当該研究に対する今後の展開、意見等

消火剤成分の役割を定量的に理解するための基礎研究は本プロジェクト研究期間では十分に行うことができなかった。今後、光散乱・X線回折による消火剤成分が水中で形成するマイクロ構造の解明と、計算機を用いた分子シミュレーションによる消火剤分子構造の影響の把握に関して研究を続けていく予定である。

本研究で開発した「環境に配慮した一般火災用消火剤」が、消火活動環境の抱える諸問題を克服し、火災によるトータル損害の軽減を図るとともに、近い将来には、CAFS(Compressed Air Foam System)などの新たな放水システムと組み合わせることによって、より効率的な消防活動ができる新たな消防戦術が普及する時代が来ることを期待するものである。

また、本研究の成果を生かし、一般火災用消火剤だけでなく、油火災や林野火災用消火剤に関しても石鹼を主成分とした消火剤を開発していく予定である。

クリブを用いた消火実験状況 (放水方法：10秒放水+50秒停止)

放水回数

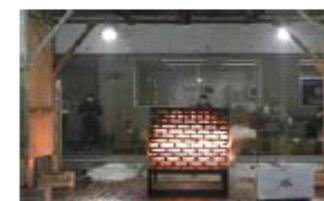
①回目

②回目

③回目

④回目

水



合成界面活性剤
0.5%



開発品
1.0%



実験場所：独立行政法人消防研究所（東京都三鷹市中原）

第9 その他

【9.1 消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究】

研究実施期間	平成15年度～平成17年度
配分額(千円)	1,485(平成15年度)、4,160(平成16年度)、4,160(平成17年度)
研究代表者	橋本好弘
所属機関	札幌市消防局総務部
研究体制	学・官
研究概要	<p>本研究では、勤務時の心拍変動や熱環境室での負荷活動などについての研究を実施し、消防職員の身体への負担を定量化することによって、消防職員の安全管理や健康管理に役立てるとともに、効果的な現場活動につなげることを目的としている。</p> <p>現場活動や労務負担を定量化し、消防隊員の環境条件別活動時間や救急隊員の年間出動件数のガイドラインなどを提言した。</p> <p>また、現場活動の負担は、体力等の要因が影響することから、必要な体力指標や体力練成の効果についても検証した。</p> <p>さらに、メンタルヘルスについても、日常ストレスと非常事態(惨事)ストレスに区分して、ストレスの関連要因を把握するとともに、惨事ストレス対策としての現場活動の対策を提言した。</p>
研究成果の活用事例	消防職員の安全管理、健康管理、ストレス対策
応用の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・次世代防火衣の開発や防火衣の基準化のための資料 ・活動マニュアル等の作成
キーワード	消防職員、身体負荷、メンタルヘルス、惨事ストレス、安全管理、健康管理
研究結果コメント	当初の計画に照らして、目標を達成しており、得られたアウトカムにより、実用化、施策等への活用等が期待される。さらに、様々な視点から研究を行い、災害現場での隊員の安全や効率的な活動に資するよう、研究の幅を広げるべきである。

消防防災科学技術研究推進制度に係る研究結果報告

1 研究課題名

消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究

2 研究実施期間

平成15年度～平成17年度（3年間）

3 研究代表者氏名

橋本 好弘

4 研究代表者所属機関

札幌市消防局

5 研究代表者所属機関参加者氏名

花崗 一正（平成15年度）

橋上 勉（平成16・17年度）

川瀬 信（平成16・17年度）

澤田 勝美（平成16年度）

五十嵐 征爾（平成17年度）

6 研究共同機関名及び参加者氏名

北海道大学大学院教育学研究科 森谷 梨（平成15年度～平成17年度）

北海道大学大学院教育学研究科 河口 明人（平成16・17年度）

札幌医科大学保健医療学部 井瀧 千恵子（平成16・17年度）

※ 平成17年度は弘前大学医学部保健学科

北海道大学医学部保健学科 上野 武治（平成17年度）

北海道大学医学部医学研究科 西條 泰明（平成17年度）

7 研究課題の要旨

現在、惨事ストレスの問題が議論され始めてきたように、消防職員の業務内容は、火災での消火活動や人命救助、また救急現場での傷病者の応急処置及び搬送など、危険を伴った災害現場での迅速性・的確性が要求される活動を実施しており、高い緊張感を強いられる業務である。また、24時間勤務という特殊な勤務体制であることなどから、こうした勤務が職員に対して強いストレスや疲労の要因となっている可能性も考えられる。

これまで、海外では消防職員の健康問題として心疾患・呼吸器疾患・腰痛の罹患が他の職業に比べて多く、とりわけ心疾患については職務上のストレスが関連しているとの報告があるが、消防職員のストレスや疲労に関する研究は国内ではほとんど見られない。

そこで、勤務時の心拍変動や熱環境室での活動負荷などについての研究を実施し負担を定量化することによって、消防職員の安全管理や健康管理に役立てるとともに効果的な現場活動につなげる。

8 研究結果

消防隊員や救急隊員の現場活動や労務負担を把握するために、出勤時の負担を心拍数や交感・副交感神経活動などから把握したとともに、様々な現場活動シミュレーションを実施して、負担の定量化を行い、消防隊員の環境条件別活動時間や救急隊員の年間出勤件数のガイドラインなどを提言した。

しかしながら、現場活動の負担は、活動内容や気象状況に始まり、体力の違い等様々な要因が影響する。そこで、その主要因である体力について、必要な体力指標や体力練成の効果についても検証を行った。

また、近年、対策が迫られているメンタルヘルスについても日常のストレスと非常事態(惨事)ストレスに区分して、ストレスの関連要因を把握したと同時に、非常事態ストレス対策としての現場活動の対策を提言した。

9 研究成果の活用状況等

研究成果をとりまとめた研究成果報告書は、500部作成し、(独)消防研究所、消防大学校、防災協会、救急振興財団、都道府県消防学校、14大都市及び道内消防本部などに送付し、各消防本部等の課題解決のために使用されている。

送付先、各方面からは、追加送付依頼や問い合わせが多く、それぞれの都市や学校等で研究成果が活用されているのが伺える。

また、研究途中においても総務省消防庁の意見交換会の資料として研究成果を伝達しているとともに、次世代防火衣の開発や防火衣の基準化のためにも資料提供を実施し活用されている。

10 研究発表の状況等

- (1) 橋本好弘、森谷紉、花薊一正：「救急隊員の勤務時における身体負荷考察」、第14回北海道救急医学会救急隊員部会、平成15年5月
- (2) 橋本好弘、川内健太郎、森谷紉：「救急隊員の勤務時における身体負荷—救急隊員の心拍変動からの検討—」、平成15年度日本火災学会概要集 p284-287、平成15年5月
- (3) 森谷紉、橋本好弘、花薊一正、河口明人：「Visual Analog Scale (VAS) で評価した救急隊員の勤務時における心身負荷」、体力科学 Vol.52 NO.6 p777 2003.
- (4) 橋本好弘、森谷紉、花薊一正：「心拍変動からみた勤務時身体負荷考察」、体力科学 Vol.52 NO.6 p785 2003.
- (5) 橋本好弘、森谷紉、花薊一正：「出勤件数と仮眠時間からの救急隊員の身体負荷考察」、第27回北海道救急医学会 救急医学分科会、平成15年10月
- (6) 橋本好弘、森谷紉、花薊一正：「救急隊員の自律神経活動からみた勤務時身体負荷考察」、第12回全国救急隊員シンポジウム議事録、平成16年1月
- (7) 橋本好弘、川内健太郎、橋上勉、森谷紉：「救急出動が救急隊員の心臓自律神経活動に及ぼす出勤時間帯別影響」、体力科学 Vol.53 NO.4 p461 2004.
- (8) 橋本好弘、川内健太郎、橋上勉、森谷紉：「災害活動時における消防隊員の心臓自律

神経活動変化」、平成 16 年度日本火災学会概要集 p66-69、平成 16 年 5 月

(9) 川内健太郎、橋本好弘、橋上勉、森谷黎：「消防職員の勤務時における心身への負荷とその関連要因」、体力科学 Vol. 53 NO. 6 p832 2004.

(10) 橋本好弘、川内健太郎、橋上勉、森谷黎：「救急隊員の就業区分別にみた救急出動時における心臓自律神経活動への影響」、体力科学 Vol. 53 NO. 6 p843 2004.

(11) 橋上勉、橋本好弘、川内健太郎、森谷黎：「救急隊員と消防隊員の Visual Analog Scale (VAS) で評価した勤務時における心身負荷」、体力科学 Vol. 53 NO. 6 p844 2004.

(12) 橋本好弘、川瀬信、澤田勝美、橋上勉、森谷黎、川内健太郎：「災害活動時における消防隊員の活動負荷とヒートストレス発生危険・対策」、平成 16 年度全国消防技術者会議資料、p157-162 平成 16 年 10 月

(13) 川内健太郎、橋本好弘、橋上勉、森谷黎：「消防職員の勤務時における心身への負荷とその関連要因」、平成 16 年度北海道体育学会研究発表会 平成 16 年 12 月.

(14) 札幌市消防局(橋本好弘)：「消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究報告」近代消防 8 月号、p60-63、平成 17 年 8 月.

(15) 橋本好弘、橋上勉、森谷黎：「換気機能からの消防活動個別動作の影響」、体力科学 Vol. 54 NO. 6 p679 2005.

(16) 橋本好弘、川瀬信、五十嵐征爾、橋上勉：「消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究」、平成 17 年度全国消防技術者会議資料、p153-158 平成 17 年 10 月

(17) 札幌市消防局(橋本好弘)：「心拍数、心臓自律神経活動と換気量から評価した消防活動の身体影響とその対策」、火災、Vol. 56、N01、p37-43、2006. 2.

(18) 札幌市消防局(橋本好弘)：「暑熱・寒冷環境下消防活動の身体影響とその対策」、火災、Vol. 56 N02 p21-27、2006. 4.

(19) 橋本好弘、川内健太郎、橋上勉、森谷黎：「消防隊員の CIVD と体力指標の関連」、北海道大学大学院教育学研究科紀要第 99 号、2006. 7. (掲載予定)

(20) 橋本好弘、上野武治、西條泰明：「メンタルヘルス対策に関する実態把握」、札幌市消防局消防科学研究所報告No.11、2006. 6. (掲載予定)

(21) 橋本好弘、五十嵐征爾、川内健太郎、橋上勉：「消防隊員の CIVD 反応と体力指標の関連」、札幌市消防局消防科学研究所報告No.11、2006. 6. (掲載予定)

11 知的財産権の出願・登録状況等

該当なし

12 当該研究に対する今後の展開、意見等

消防隊員や救急隊員の負担について定量化を行ったが、本研究以外に諸外国でもこの様なデータが非常に乏しいことから、今後も様々な形でこれに類するデータの蓄積が必要である。

各消防機関は、この負担の定量化を元に、より具体的な現場活動における交代・休憩

体制を整備することを念願するところである。

現在の社会情勢では、今後、さらに勤務条件が厳しくなることが予想され、労務管理が重要になってくると思料されることから、非番日の過ごし方が重要となってくる。

しかしながら、一昼夜交替制の勤務者に対する医学的な研究は、国内外では非常に少なく、非番日の昼寝時間や睡眠時間などの具体的な対策についてかける部分があることから、今後、これらに類する研究も重要である。

また、メンタルヘルス対策に関しては、貴重な調査データをさらに探求していき、傾向を周知する必要があると思料される。

「研究発表等の状況等」に関する論文等

	タイトル	備考
1	「救急隊員の勤務時における身体負荷考察」	第 14 回北海道救急医学会救急隊員部会、平成 15 年 5 月
2	「救急隊員の勤務時における身体負荷—救急隊員の心拍変動からの検討—」	平成 15 年度日本火災学会概要集 p284-287、平成 15 年 5 月
3	「Visual Analog Scale (VAS) で評価した救急隊員の勤務時における心身負荷」	体力科学 Vol. 52 NO. 6 p777 2003.
4	「心拍変動からみた勤務時身体負荷考察」	体力科学 Vol. 52 NO. 6 p785 2003.
5	「出動件数と仮眠時間からの救急隊員の身体負荷考察」	第 27 回北海道救急医学会 救急医学分科会、平成 15 年 10 月
6	「救急隊員の自律神経活動からみた勤務時身体負荷考察」	第 12 回全国救急隊員シンポジウム議事録、平成 16 年 1 月
7	「救急出動が救急隊員の心臓自律神経活動に及ぼす出動時間帯別影響」	体力科学 Vol. 53 NO. 4 p461 2004.
8	「災害活動時における消防隊員の心臓自律神経活動変化」	平成 16 年度日本火災学会概要集 p66-69、平成 16 年 5 月
9	「消防職員の勤務時における心身への負荷とその関連要因」	体力科学 Vol. 53 NO. 6 p832 2004.
10	「救急隊員の就業区分別にみた救急出動時における心臓自律神経活動への影響」	体力科学 Vol. 53 NO. 6 p843 2004.
11	「救急隊員と消防隊員の Visual Analog Scale (VAS) で評価した勤務時における心身負荷」	体力科学 Vol. 53 NO. 6 p844 2004.
12	「災害活動時における消防隊員の活動負荷とヒートストレス発生危険・対策」	平成 16 年度全国消防技術者会議資料、p157-162 平成 16 年 10 月
13	「消防職員の勤務時における心身への負荷とその関連要因」	平成 16 年度北海道体育学会研究発表会、平成 16 年 12 月.
14	「消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究報告」	近代消防 8 月号 p60-63、平成 17 年 8 月.
15	「換気機能からの消防活動個別動作の影響」	体力科学 Vol. 54 NO. 6 p679 2005.
16	「消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究」	平成 17 年度全国消防技術者会議資料 p153-158 平成 17 年 10 月
17	「心拍数、心臓自律神経活動と換気量から評価した消防活動の身体影響とその対策」	火災 Vol. 56 N01 p37-43 2006. 2.
18	「暑熱・寒冷環境下消防活動の身体影響とその対策」	火災 Vol. 56 N02 p21-27 2006. 4.
19	「消防隊員の CIVD と体力指標の関連」	北海道大学大学院教育学研究科紀要第 99 号、2006. 7. (掲載予定)
20	「メンタルヘルス対策に関する実態把握」	札幌市消防局消防科学研究所報告No. 11、2006. 6. (掲載予定)
21	「消防隊員の CIVD 反応と体力指標の関連」	札幌市消防局消防科学研究所報告No. 11、2006. 6. (掲載予定)

消防職員の勤務時における身体負荷に関する研究

Study on the physical load while a firefighter works

○ 目的

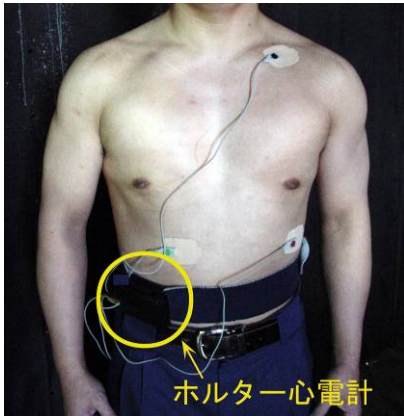
災害現場における消防・救急隊員の活動効率の向上や安全性の確保、さらには職員の健康管理に役立てるため、長時間活動や暑熱・寒冷環境下の活動等による負担を分析する。

○ 成果概要

1 消防隊員の負担対策の研究概要

災害の複雑化・多様化や高齢化対策としての現場活動の負担を分析するため、以下の実験を実施した。

(1) 長時間活動対策の負担研究



現場活動の負担を心拍変化や交感・副交感神経活動から評価

(2) 消防活動個別動作の負担研究



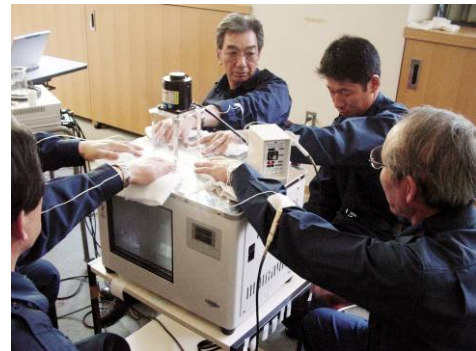
資機材搬送や放水活動時等の現場活動時の負担を酸素消費量や換気量から評価

(3) 暑熱（暑い）環境下活動の対策研究



暑い環境下での現場活動模擬時の負担を鼓膜温・発汗量・血流変化等から評価

(4) 寒冷環境下活動の対策研究



低温での生理反応から現場活動に関連する体力要素等から評価

〔消防隊員の負担対策〕

3ヶ月間にわたり月10回程度、20分間のややきつめの運動の継続と20秒程度の腕立て伏せ等の実施により、体力は向上すると共に、疲労感も改善される。

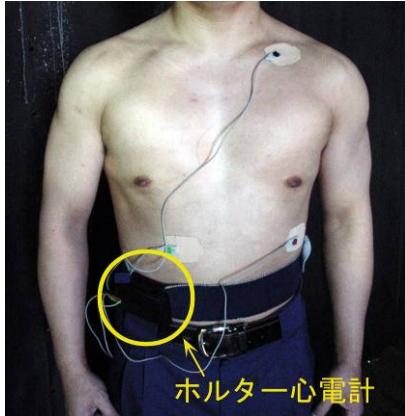
〔今後必要な研究・課題〕

消防隊員の現場活動負担分析が中心であったことから、研究期間の4年のうち、1年半程度の期間を消防隊員の現場活動分析に要した。そのため、負担対策や災害時に受けるストレスの研究は、半年程度の実施期間であり、課題も多く残っている。今後、消防隊員に必要な体力の数値化やストレス対策等について継続研究を実施する必要がある。

2 救急隊員の負担対策の研究概要

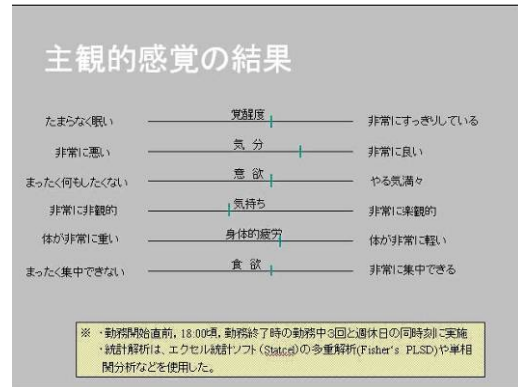
出動件数の増加や処置拡大などによる負担状況を把握し分析するため、以下の実験を実施した。

(1) 長時間活動対策の負担研究



出動時や勤務中の負担を心拍変化や副交感神経活動変化から評価

(2) Visual analog Scale (VAS) で評価



朝、夕、翌朝の3回、アンケートを実施し、その変動から夕方や翌朝までの疲労感を評価

(3) 現場活動模擬時の負担評価



現場活動時の就業区分別負担等を心拍変化や交感・副交感神経活動から評価

(4) 体力と疲労感の調査



勤務中の救急隊員の疲労感と全身持久力や筋力などの体力要素の関係を評価

(5) 運動量、消費カロリーから負担評価

(6) 仮眠時間の分析

〔救急隊員の負担対策(目安値を超えた場合)〕

ア 健康対策の推進・増進

ウ 負担の軽減

イ 負担の均一化

エ 自身の取り組み

〔今後必要な研究・課題〕

当局においては、特別の疾病傾向がないことから、今回は1当務の疲労から慢性疲労の目安を推察している。また、疾病には、仕事の要因の他に、喫煙や飲酒などのライフスタイルや高血圧・肥満・体力などの個人特性が大きく影響することから、労働負担の関係と個々の健康診断の結果、体力測定の結果、ストレス反応の実態の分析を進め、順次目安を適正化していくことが重要であり、必要な体力やストレス対策について継続研究を実施する必要がある。

消防隊員の活動時の身体に対する負担対策

消防隊員の過酷な現場活動

長時間の活動



極暑環境下の活動



極寒環境下の活動



心的外傷後ストレス障害 (PTSD)



現場活動時の負担研究



ホルター心算計

心拍変化や交感・副交感神経活動から評価

現場活動訓練時の負担研究



鼓膜温、発汗量、血流変化、酸素消費量、換気量等から評価

身体負担軽減の研究



現場活動に関連する体力要素、現場活動に必要な持久力等を評価

ストレスの研究



災害時に受けるストレス要因や PTSDの危険職員数把握

多方面からの科学的なアプローチ

現場活動時の負担対策

長時間の活動

2時間毎に20分程度の休憩が必要

極暑環境下での活動

水分補給は激しい運動15分程度で必要
1時間以上激しい運動では、糖分/塩分を含んだ水分補給が必要

PTSD対策

適切な現場活動の交替・休憩
ストレス時には糖分の補給

本人、現場指揮者、
後方支援者等
一丸となった対応を！



環境面からの負担対策

負担対策の目安

仮眠時間の年平均が3.5時間
/当務以下、又は年間出動件数が3,600件/年以上の隊は、勤務形態等を含め対策が必要

激務の消防隊員は

- ・健康対策
- ・負担の均一化
- ・負担の軽減
- ・自身のトレーニング

役割交替を考慮する
等組織一丸となって留意すること！

消防防災科学技術研究開発事例集 I

平成19年1月 発行

禁無断転載

発行者 総務省消防庁予防課技術政策室
電話 03-5253-7541