

消防科学研究所報

REPORT OF FIRE SCIENCE LABORATORY



2019 No. 26

SAPPORO FIRE SCIENCE LABORATORY

札幌市消防局消防科学研究所

目 次

【業務実績】

○札幌市消防局消防科学研究所の業務について	3
-----------------------	---

【研究・開発】

○情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について（その1 バッテリー性能の検証）	17
○情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について（その2 映像伝送手法の検討）	27
○情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について（その3 運用可否条件に係るドローンの能力確認）	40
○情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について（その4 必要資機材の検討）	54
○水力換気による換気効果の検証について	60

【情報提供】

○職員からの要望に基づき実施した研究等について	71
○研究業務から得られた知見の情報発信（FSL 情報）の実施状況について	76
○令和元年度札幌市消防職員提案の実施状況について	77

業務実績

札幌市消防局消防科学研究所の業務について

1 はじめに

札幌市消防局消防科学研究所では、「札幌市消防局消防科学研究所事務処理要綱」に基づき、各種研究業務をはじめ、燃焼実験、成分鑑定、危険物確認試験、災害現場での科学的知識に基づく助言等の業務を実施している。

2 研究業務

数年に渡るテーマや年度ごとに策定したテーマについて、研究を行っている。

3 燃焼実験

火災原因究明のための再現実験や特異な燃焼現象についての実験を行っている。

4 成分鑑定

災害現場や事業所などから収去した不明物質などの成分鑑定を行い、火災原因や事故原因の究明などに役立てている。

5 危険物確認試験

「危険物の規制に関する政令」及び「危険物の試験及び性状に関する省令」で定められている試験方法に従って、物品が消防法に定められている危険物の性状を有しているか否かの確認試験を行っている。

6 現場活動支援

平成18年5月から緊急車両を配置し、災害現場における危険物質の分析や科学的知識・知見に基づく助言などの支援を行っている。

7 職員提案

「札幌市消防職員の提案に関する要綱」に基づく職員提案について、技術的な支援などを行うとともに、事務局として審査会を開催している。

8 日常生活に潜む危険性の広報

札幌市公式ホームページや動画投稿サイト「YouTube」への火災再現実験映像の掲載、報道機関への情報提供等を通じて、日常生活に潜む火災等の危険性や発生メカニズムについて広報している。

9 消防科学に関する情報発信

研究結果について、消防科学研究所報の札幌市公式ホームページへの掲載等を通じ、科学的な知識や知見に関する情報を適宜発信している。

表 1 業務実績表（令和元年度）

燃焼 実験等	成分鑑定 ・ 危険物 確認試験	現場 活動支援	職員提案 審査	施設 見学等	取材対応 ・ 広報等	消防学校 初任 ・ 専科教育等 講義実験
16	29	5	21	11 (419)	38	15 (719)

※ 単位：件

※ （ ）内は、対象者の人数

表 2 主な研究装置・機器一覧表（令和 2 年 3 月 31 日現在）

装 置 ・ 機 器 名	数量	装 置 ・ 機 器 名	数量
フーリエ変換赤外分光分析装置	1 式	発火点測定器	1 台
質量分析装置	1 式	カールフィッシャー水分測定器	1 台
熱画像装置	1 台	圧力容器試験装置	1 式
熱分析装置	1 式	多チャンネルデータロガー	1 式
ガスクロマトグラフ	1 式	デジタルフォースゲージ	1 台
低温実験ユニット	1 式	圧力測定器	1 式
燃焼試験装置	1 式	X 線透過装置	1 式
落球式打撃感度試験装置	1 式	恒温恒湿ユニット	1 式
クリーブランド開放式自動引火点測定器	1 台	風速計	3 台
タグ密閉式自動引火点測定器	1 台	騒音計	2 台
セタ密閉式自動引火点測定器	1 台	分光蛍光光度計	1 式
B 型（ブルックフィールド）粘度計	1 台	熱画像計測装置	1 式
燃焼実験ユニット	1 式	耐熱訓練ユニット	1 式

表3 研究実績表

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 5 年 度	1993 No. 1	燃 焼	耐火煉瓦の遮熱効果と低温加熱着火について	小島 秀吉 工藤 潤二	3
		開 発	高規格救急車（トライハート）における防振ストレッチャー 架台の防振性能評価について	桜井 清明	
		鑑 定	燃焼による灯油成分の変化について	橋上 勉	
平成 6 年 度	1994 No. 2	燃 焼	バックドラフトに関する研究（その1）	小島 秀吉	6
			木炭の燃焼に伴う一酸化炭素の発生について	小島 秀吉	
		開 発	高規格救急車（トライハート）における防振ストレッチャー 架台のバネ選定について	桜井 清明 伊藤 潤	
		鑑 定	燃焼面積の違いによる灯油成分の変化について（その1）	橋上 勉	
		情 報	サリン [(CH ₃) ₂ CHO ₂ PFCH ₃] の特性について	橋上 勉	
			火災現場における有毒ガスの発生とその毒性について	桜井 清明	
平成 7 年 度	1995 No. 3	燃 焼	バックドラフトに関する研究（その2）	小島 秀吉	5
		開 発	防火衣の保温性能に関する実験結果について	伊藤 潤	
			赤外線カメラの使用時に発生した特異現象について	伊藤 潤	
			低温下における空気呼吸器の特性について	伊藤 潤	
		鑑 定	燃焼面積の違いによる灯油成分の変化について（その2）	橋上 勉	
平成 8 年 度	1996 No. 4	燃 焼	バックドラフトに関する研究（その3）	小島 秀吉	9
			タオル・ハンカチの除煙効果に関する実験研究	小島 秀吉	
			粉じん爆発について	小島 秀吉	
		開 発	高規格救急車（トライハート）内における電子サイレン音等 の騒音調査	伊藤 潤	
			アクリル樹脂について	伊藤 潤	
		鑑 定	車両火災における原因考察について	橋上 勉	
		情 報	酸素欠乏について	橋上 勉	
			都市ガス等の性質について	伊藤 潤	
			航空燃料と化学熱傷について	橋上 勉	
平成 9 年 度	1997 No. 5	燃 焼	硬質発砲ウレタンとABS樹脂について	上田 孝志	7
			放水音・空気呼吸器警報音・レスクトーン警報音調査	菅原 法之	
			バックドラフトに関する研究（その4）	小島 秀吉	
			噴霧ノズルの角度について	菅原 法之	
			噴霧注水による排煙効果について	小島 秀吉	
		開 発	自動放水停止器具の開発について	橋上 勉	
		鑑 定	過マンガン酸カリウムと酸及びアルコールについて	橋上 勉	

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 10 年度	1998 No. 6	燃 焼	空中消火の延焼阻止効果に関する研究	上田 孝志	8
			バックドラフトに関する研究（その５）	橋本 好弘	
			市民等の消火体験訓練に使用する燃料の見直しについて	橋上 勉	
		開 発	無落雪型木造共同住宅における小屋裏感知器のあり方に関する研究について（その１）	橋本 好弘	
			無落雪型木造共同住宅における小屋裏感知器のあり方に関する研究について（その２）	橋本 好弘	
		鑑 定	灯油とガソリンの混合比の分析について	菅原 法之	
		安 全	静電気に関する調査・研究について	橋上 勉	
		情 報	放射性物質等に関する基礎知識	上田 孝志	
平成 11 年度	1999 No. 7	燃 焼	バックドラフトに関する研究（その６）＜総括＞	橋本 好弘	8
			噴霧注水による排煙効果に関する研究	橋本 好弘	
		安 全	静電気に関する調査・研究（その２）－静電気帯電量－	溜 真紀子	
			静電気に関する調査・研究（その３）－静電気除去実験－	溜 真紀子	
			濃煙熱気下における消防隊員の安全管理に関する研究 －温度管理用示温材（サーモラベル）に着目して－	菅原 法之	
		鑑 定	電気配線の過負荷電流について	菅原 法之	
		情 報	有珠山噴火に伴う火山性ガスについて	花蘭 一正	
			熊撃退スプレーについて －カプサイシンに着目して－	菅原 法之	
平成 12 年度	2000 No. 8	燃 焼	バルコニー付近形状が噴出火炎性状に及ぼす影響	花蘭 一正	10
			寒冷地型建物燃焼時の温度分布・ガス濃度の研究 －その１ 和室の測定結果－	橋本 好弘	
			寒冷地型建物燃焼時の温度分布・ガス濃度の研究 －その２ 洋室の温度、CO ₂ 、CO、O ₂ 結果	橋本 好弘	
			エアゾール缶・カセットボンベなどのについての調査・実験	橋本 好弘	
		開 発	高規格救急車のタイヤチェーン装着時などにおける振動・騒音の調査研究	橋本 好弘	
		鑑 定	災害現場における燃焼生成ガス等の危険性の把握とその対策に関する研究	溜 真紀子	
			空間容積の違いによる一酸化炭素とシアン化水素の致死燃焼量	橋本 好弘	
		安 全	居室内におけるLPG漏洩時の滞留状況及び有効な排出方法に関する研究	菅原 法之	
		情 報	火災原因の各種再現実験及びビデオ化	橋本 好弘	
			トリクロロシランについて	菅原 法之	

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 13 年度	2001 No. 9	燃 焼	爆風から受ける消防被服内部の衝撃及び温度に関する実験的研究	橋本 好弘	10
		開 発	降雪時の消火栓除雪対策用機器(遠赤外線面状発熱体)に関する研究	菅原 法之	
			高規格救急車の振動実験	橋本 好弘	
			危険物施設内における返油システムに関する研究	菅原 法之	
		鑑 定	寒冷地型建物燃焼時における燃焼生成ガス等の測定及び危険性の把握に関する研究	溜 真紀子	
			灯油及び軽油に含有しているガソリンの混合比による比較実験	溜 真紀子	
		安 全	冬道自己転倒の救急出動分析(その1 全体の傾向)	橋本 好弘	
			冬道自己転倒の救急出動分析(その2 すすきの地区・気象との関係)	橋本 好弘	
		情 報	米国アラスカ州フェアバンクス周辺での森林火災現地報告	橋本 好弘	
			硫化水素について	菅原 法之	
平成 14 年度	2002 No. 10	燃 焼	有風下における建物内部の燃焼状況変化について	橋本 好弘	8
			節水型消火薬剤(界面活性剤)の実験的研究結果	花 蘭 一正	
			雷による森林の着火機構に関する実験	橋本 好弘	
		開 発	降雪時の消火栓除雪対策用機器(遠赤外線面状発熱体)に関する研究	花 蘭 一正	
			高規格救急車の振動実験	橋本 好弘	
			危険物施設内における返油システムに関する研究	花 蘭 一正	
		鑑 定	鎮火後に残存している燃焼生成ガス	川瀬 信	
			RDF(ごみ固形燃料)の性状について	川瀬 信	
平成 15 年度	2003 No. 11	燃 焼	危険物貯蔵タンク内を洗浄する鉱物油洗浄剤及び危険物流出時に使用する油処理剤について	澤田 勝美	7
			誤給油による灯油ストーブの異常燃焼実験	澤田 勝美	
		鑑 定	一般住宅等の収容物資材が燃焼する時に発生する粉塵やガスについて	川瀬 信	
			建物火災鎮火後に残存する燃焼生成ガスと粉塵等の測定(中間報告)	川瀬 信	
		情 報	クレゾールの性質について	川瀬 信	
			塩素系洗剤の誤使用等による塩素ガス漏洩事故への対策について	川瀬 信	
			硫酸ピッチと不正軽油について	川瀬 信	

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 16 ・ 17 年 度	2005 No. 12	安 全	消防隊員のC I V D反応と体力指標の関連	橋本 好弘	11
			メンタルヘルス対策に関する実態調査結果	橋本 好弘	
		開 発	スタティックロープ（R.R.R. 資機材）の強度等に関する実験的研究	五十嵐征爾	
		鑑 定	建物火災鎮圧後に残存する燃焼生成ガスと粉塵等の測定（最終報告）	川瀬 信	
		情 報	ガソリンに対する鉱物油洗浄剤及び油処理剤使用時の危険性	五十嵐征爾	
			消防活動による石綿（アスベスト）の危険性について	川瀬 信	
			消防職員のストレス傾向	橋本 好弘	
			クロルピクリンとは	橋本 好弘	
			酢酸タリウムの性質及び災害対策等について	五十嵐征爾	
			水酸化ナトリウムの危険性について	川瀬 信	
			喫煙と飲酒が高ストレス反応に及ぼす影響について	橋本 好弘	
平成 18 年 度	2006 No. 13	燃 焼	携帯用カセットガスボンベの破裂実験	中住 斉	9
			予防実務研修会における住宅用スプリンクラー設備の実火災実験	中住 斉 大友 達哉	
		鑑 定	防塵・防毒マスクの一酸化炭素除去性能の確認実験（中間報告）	伊藤 武	
		情 報	放射性物質ラジウム226について	橋上 勉	
			六価クロムの危険性	伊藤 武	
			アセチレンガスの性質及び災害対策等について	五十嵐征爾	
			ガス漏れ警戒現場における研究所の活動事例	伊藤 武	
			質量分析装置（自動濃縮装置付ガスクロマトグラフ質量分析装置）の概要	伊藤 武	
			平成18年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	五十嵐征爾	
平成 19 年 度	2007 No. 14	燃 焼	クラスA泡消火剤の消火効果の確認実験について	高橋 渉	8
		安 全	有酸素運動・無酸素運動に関する実験	中住 斉	
			筋活動に関する実験	中住 斉	
		鑑 定	防塵・防毒マスクの一酸化炭素除去性能の確認実験（最終報告）	菅原 法之	
		情 報	炎天下における駐車車両の温度測定について	高橋 渉	
			硫化水素の発生除害について	高橋 渉	
			高層建築物の排水溝等から硫化水素発生について	菅原 法之	
			平成19年度職員提案制度における優秀及び秀賞受賞作品について	吉永 直樹	

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 20 年 度	2008 No. 15	燃 焼	小規模区画内における木材クリブの燃焼実験について	中住 斉	9
		安 全	消防活動における無酸素能力について	中住 斉	
			消防活動時の送風による冷却効果について	中住 斉	
		開 発	硫化水素除害装置の開発について	高橋 渉	
		情 報	硫化水素の発生除害について（その2）	高橋 渉	
			水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）による水素発生について	高橋 渉	
			火災による天井裏設置の灯油用配管からの灯油漏えいについて	菅原 法之	
			粉じん爆発について	菅原 法之	
平成 21 年 度	2009 No. 16	燃 焼	新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性について	中住 斉	11
			新型消火剤（クラスA泡消火剤）の耐凍結性能について	中住 斉	
		開 発	汎用ガス除害装置における粉塵除害性能の確認実験について	高橋 渉	
			火災再現実験セットの開発について	吉永 直樹	
		安 全	マット型油吸着剤の吸着性能等に関する実験	中住 斉 浅野 悟朗	
			現場用手袋の検証実験について	高橋 渉	
			現場手袋素材耐油性確認実験	高橋 渉	
		情 報	一酸化炭素（CO）について	菅原 法之	
			塩素ガスの発生と除害について	高橋 渉	
			ワインセラーからのアンモニアガス漏れについて	高橋 渉	
			平成 21 年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	吉永 直樹	
平成 22 年 度	2010 No. 17	燃 焼	新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性について（その2）	小島 秀吉	9
			水槽用ヒーターから出火した火災の原因調査と再現実験について	妹尾 博信 吉永 直樹	
		安 全	ブローア送風がドアの開放に及ぼす影響について	永尾 俊英	
			流出油処理剤の性能に関する検証について	菅原 法之	
			火災再現実験セットによる短絡及びトラッキング時の電流測定実験について	吉永 直樹	
		情 報	現場活動支援におけるクレゾール成分の検出について	小島 秀吉	
			メタンガスが発生した現場における活動支援について	小島 秀吉	
			家庭に潜む火災危険、意外と多い電気火災	小島 秀吉 合田 仁	
			平成 22 年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	吉永 直樹	

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 23 年度	2011 No. 18	燃 焼	新型消火剤（クラスA泡消火剤）の耐凍結性能について（その2）	菅原 法之	9
			新型消火剤（クラスA泡消火剤）の消火特性について（その3）	宮下 典之 小島 秀吉	
		開 発	既存訓練施設を活用した研究・訓練設備の開発について	宮下 典之 小島 秀吉	
			天ぷら油の過熱発火再現装置の試作検討について	河津 勝	
		安 全	小口径配管を用いた漏れの点検等に関する検証実験	野村 耕一 菅原 法之	
			火災現場における熱傷受傷に関する検証実験について	河津 勝	
		情 報	共同住宅等の灯油供給施設における小口径配管の漏れの点検に関する評価	野村 耕一 菅原 法之	
			異臭が発生した現場における活動支援について	小島 秀吉	
			平成23年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	河津 勝	
平成 24 年度	2012 No. 19	開 発	既存訓練施設を活用した研究・訓練設備の開発について（その2）	宮下 典之 小島 秀吉	7
			熱傷危険早期感知装置の開発について	河津 勝	
		安 全	塩素系洗剤と食酢による塩素ガスの発生について	河津 勝	
			危険物漏えい防止用粘土の有効性の確認	橘田 宏一	
		鑑 定	火災焼残物中の灯油成分の鑑定手法について	河津 勝	
			クラスA消火剤が灯油の成分鑑定に及ぼす影響について	河津 勝	
		情 報	平成24年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	橘田 宏一	
平成 25 年度	2013 No. 20	開 発	既存訓練施設を活用した泡放射訓練施設の開発及び消泡手法の検討	伊藤 潤 橋本 慎也	7
			空気呼吸器面体用濃煙疑似シートの開発について	伊藤 潤 後藤 泰宏	
		安 全	はしご車梯体横さんの強度確認について	橋本 慎也	
			クラスA泡消火剤使用時に発生する蒸気等の危険性に係る検証	橋本 慎也	
		情 報	実火災型訓練施設を用いた実火災型訓練について	宮下 典之	
			研修におけるバックドラフト・フラッシュオーバー現象の展示手法について	橘田 宏一	
			平成25年度における札幌市消防職員提案審査会の実施状況	橘田 宏一	

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 26 年度	2014 No. 21	燃 焼	半焼火災から 5 日後に出火した事案に係る再現実験について	伊藤 潤 宮下 典之 橋本 慎也 橋田 宏一	11
			グラスウールの熱伝導性に関する実験	橋田 宏一 源 徹	
		開 発	検証現場における灯油成分等の効果的な検出方法について	橋本 慎也	
		安 全	長期保管された除染液の次亜塩素酸ナトリウム濃度について	橋本 慎也	
			車両金属部の腐食に関する研究について	宮下 典之	
		鑑 定	火災原因調査時に使用する検知管の性能比較について	橋本 慎也	
		情 報	実火災型訓練施設の改良について	宮下 典之	
			消火器用自動点灯ライトの開発について	宮下 典之	
			GC及びGC-MSへの高速高分離キャピラリカラムの導入について	橋本 慎也	
			研修におけるバックドラフト・フラッシュオーバー現象の 展示について	橋田 宏一	
			平成 26 年度における札幌市消防職員提案審査会の実施状況	橋田 宏一	
平成 27 年度	2015 No. 22	燃 焼	圧縮空気発泡装置（CAFS）に関する基礎実験について	橋田 宏一	8
			小屋裏への延焼防止効果に関する実験について	橋田 宏一	
			PPV に関する基礎実験について	橋本 慎也	
			壁体内部の延焼に関する実験について	伊藤 潤 橋田 宏一	
		開 発	静脈路確保用上肢固定器具の開発について	高塚 浩平	
		安 全	防火手袋の熱伝導性等に関する検証について	橋田 宏一 高塚 浩平	
		鑑 定	検証現場における灯油成分等の効果的な検出方法について （その 2）	橋本 慎也	
		情 報	平成 27 年度における札幌市消防職員提案審査会の実施状況	高塚 浩平	
平成 28 年度	2016 No. 23	燃 焼	発泡樹脂系断熱材の燃焼特性に関する実験について	高塚 浩平 橋本 慎也	8
		開 発	ガス検知管用感度増幅器の新型試作器について	橋本 慎也	
		安 全	建物火災時における一酸化炭素発生状況の検証について	高塚 浩平 郡司 裕子	
		鑑 定	鑑定依頼物品の採取容器に関する検証について	橋本 慎也	
		情 報	消防科学研究所を活用した各署の燃焼実験について（概要）	高塚 浩平	
			白熱灯投光器及び家庭用白熱電球からの出火実験について	高塚 浩平	
			ガスクロマトグラフ質量分析装置（GC-MS）簡易マニュアル の作成について	的場 敦史	
			平成 28 年度札幌市消防職員提案の実施状況について	的場 敦史	

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
平成 29 年度	2017 No. 24	燃 焼	ウォーターカッター車を活用した効果的な消火戦術の検証について	高塚 浩平 大沢 征二	7
		開 発	車椅子用避難器具の研究開発について	高塚 浩平 宮坂 智哉 枝澤 健二	
		安 全	炭火の使用に関する燃焼実験の実施結果について	菅原 法之 高玉 通廣	
		鑑 定	分析用試料の採取方法等に関する検証について	橋本 慎也	
		情 報	クラスA消火剤使用時のポンプ運用に係る検証について	的場 敦史	
			一般住宅壁内を介した小屋裏の延焼に関する実験について	高塚 浩平	
			平成29年度における札幌市消防職員提案の実施状況について	的場 敦史	
平成 30 年度	2018 No. 25	燃 焼	延焼防止活動時の注水方法に関する検証について	高塚 浩平 吉田 博史	8
			木製模型を使用した延焼状況等の比較実験について	高塚 浩平 吉田 博史	
			赤外線カメラを用いた建物壁体内の延焼状況確認について	高塚 浩平 菅原 法之 的場 敦史 川内健太郎	
			ダクト火災における圧縮空気発砲装置による泡（CAFS泡）及びウォーターカッターミストの消火効果の検証について	高塚 浩平 庄野 万平 大川 和彦	
		情 報	木製模型を使用した火災性状の再現実験について	高塚 浩平 菅原 法之 的場 敦史 川内健太郎	
			職員からの要望に基づき実施した研究等について	的場 敦史	
			研究業務から得られた知見の情報発信（FSL情報）の実施状況について	的場 敦史	
			平成30年度における札幌市消防職員提案の実施状況について	川内健太郎	

年 度	所報 No	分 野	研究テーマ	担当者	件 数
令 和 元 年 度	2019 No. 26	安 全	情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について (その1 バッテリー性能の検証)	的場 敦史 川内健太郎 高玉 通廣 高塚 浩平	8
			情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について (その2 映像伝送手法の検討)	的場 敦史 川内健太郎 曾根 敏夫 細野 智博	
			情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について (その3 運用可否条件に対するドローンの能力確認)	的場 敦史 川内健太郎 高玉 通廣 高塚 浩平	
			情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について (その4 必要資機材の検討)	的場 敦史 川内健太郎 曾根 敏夫 細野 智博	
		燃 焼	水力換気による換気効果の検証について	川内健太郎 高玉 通廣 的場 敦史 松花 将克	
		情 報	職員からの要望に基づき実施した研究等について	的場 敦史	
			研究業務から得られた知見の情報発信（FSL情報）の実施状況について	的場 敦史	
			令和元年度札幌市消防職員提案の実施状況について	川内健太郎	

研究・開発

情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について

(その１ バッテリー性能の検証)

札幌市消防局消防科学研究所 的 場 敦 史
川 内 健太郎
高 玉 通 廣
高 塚 浩 平

１ はじめに

当局では、平成 31 年（2019 年）3 月末に総務省消防庁から緊急消防援助隊の無償使用物品として情報収集活動ドローン（DJI 社製 Matrice210。以下「ドローン」という。）が配備され、今年度においては当該ドローンの性能や活用方法等について調査・研究を実施し、当該結果をもってドローンの配備先及び運用方法を検討することとしている。

ドローンを安全に運航するうえでは、飛行に係る消耗品について維持管理を行うことが重要であり、飛行時間数に応じ定期的に部品交換する必要がある。特に、ドローン用バッテリー（フライトインテリジェントバッテリー。以下「バッテリー」という。）の性能については、温度環境により飛行条件が大きく左右されることが予想される。

「積雪」「寒冷」という本市の地域特性を考慮し、バッテリーの特性について十分に把握する必要があることから、厳冬期におけるフライトを含め検証を行うこととした。

２ 検証項目

以下の(1)～(4)に係る項目について、検証を実施することとした。

(1) 機体の電源投入の可否に係る検証

配備されたドローンについては、諸元上、温度が少なくとも 15℃に達しているバッテリーを使用することが望ましいとされているが、本市の地域特性上、気温が 15℃未満となる期間が長く、バッテリーの保管環境によってはバッテリーの温度が容易に 15℃未満となる可能性が高い。そこで、バッテリーの温度が 15℃未満である場合の機体の挙動を確認するため、電源投入の可否について検証した。

(2) 「ウォームアップ機能」作動時のバッテリー電力消費量等に係る検証

配備されたバッテリーには、バッテリーが低温（15℃未満）の際に機械的にバッテリー温度を上昇させる「ウォームアップ機能」が付加されている。諸元上、温度が 15℃に達しているバッテリーを装着した場合は即時離陸可能であるが、温度が 15℃未満のバッテリーを装着した場合は 15℃に達するまでの加熱時間に加え 20 分の継続的なウォームアップが必要とされている。しかし、バッテリーの加熱にはバッテリーの電力を使用することとなるが、ウォームアップが完了するまでにどの程度の電力を使用するかは示されていない。

そこで、各温度環境下でバッテリーを一定時間静置し、「ウォームアップ機能」が作動した場合の電力消費量や、離陸可能となるまでに要する時間等について検証した。

(3) 収納ケースの保温性に係る検証

バッテリーは収納ケース内に保管し、飛行開始前に収納ケースから取り出して使用することが想定されるが、収納ケースが低温環境下に置かれた場合、収納ケース内部の保温性能は不明である。

また、配備されたドローンにバッテリーを装着し速やかに飛行を開始させるためには、バッテリーの温度を 15℃以上に保ちながら保管することが望ましいが、本市では秋～春期にかけて最高気温が 15℃を下回り、特に冬期には室内や車内であっても室温が容易に 15℃を下回る環境である。

そこで、バッテリーの保管に使用している収納ケースを 15℃未満の気温環境下で放置した場合の収納ケース内部の温度変化を計測し、保温性の有無について確認した。

(4) 各温度環境下におけるドローンの飛行可能時間の比較

配備されたバッテリーに使用されているリチウムイオンポリマー二次電池（通称：Li-Po バッテリー）は、低温環境下で使用すると利用可能時間が短くなると言われている²⁾。

そこで、各温度環境下においてドローンを飛行させ、その飛行可能時間を比較することとした。

3 実施状況

(1) 機体の電源投入の可否に係る検証

ア 検証日時等

・日時：令和元年 9 月 20 日（金）

13 時 00 分～16 時 30 分

・場所：消防科学研究所 低温実験ユニット(写真 1 参照)

イ 検証内容（設定等）

バッテリー（TB50）を低温実験ユニット内で 3 時間以上静置させた。バッテリーを十分に静置させた後、当該バッテリーを低温実験ユニットの前室（分析実験室：室温約 20℃）で機体に接続し、電源の投入を試みた。

なお、低温実験ユニットの設定温度は 0℃又は 10℃の 2 種類とした。

ウ 検証結果

0℃又は 10℃で静置させたそれぞれのバッテリーを使用して電源を投入したところ、いずれのバッテリーでも電源が入ることを確認した。しかし、操縦装置（以下「プロポ」という。）のディスプレイ上において、「cannot take off」（離陸不能）という機体のエラーに関する表示を確認した。

また、プロポのディスプレイ上でそれぞれのバッテリーの温度を確認したところ、0℃で静置させたバッテリーの温度は 3.2℃、10℃で静置させたバッテリーの温度は 9.4℃の表示を確認した。電源投入直後からバッテリーの温度が上昇し続け、0℃で静置させたバッテリーの温度は約 3 分 40 秒後に、10℃で静置させたバッテリーの温度は約 2 分後にそれぞれ 15.0℃に到達した。この際、プロポのディスプレイ上において、機体の状態が「ready to go」（離陸準備よし）の表示を確認した。



写真 1 低温実験ユニット
（外観）



写真2 バッテリー静置時の状況（低温実験ユニット設定温度:0°C）



写真3 電源投入直後のプロポのディスプレイの状況（低温実験ユニット設定温度:10°C）

(2) 「ウォームアップ機能」作動時のバッテリー電力消費量等に係る検証

ア 検証日時等

- ・日時：令和2年1月6日（月）～令和2年1月8日（水）
- ・場所：消防科学研究所 低温実験ユニット

イ 検証内容（設定等）

室温（約 20℃）で保管しているバッテリー（TB50／残量 100％）を、各温度（-20℃、-10℃、0℃、10℃）に設定した低温実験ユニットに持ち込み、一定の時間静置した。静置時間は、5 分、10 分、20 分、30 分、1 時間、2 時間、3 時間とした。

静置後、低温実験ユニット内にて当該バッテリーを機体に接続し、電源を投入するとともに、その際のバッテリーの温度を記録した。

また、電源投入直後のバッテリーの温度が 15℃未満（プロポのディスプレイ上「cannot take off」（離陸不能）の表示）の場合は自動的にウォームアップが作動することから、ウォームアップによりバッテリーの温度が 15℃に到達した時間とその際のバッテリー残量を記録した。

さらに、バッテリーの温度が 15℃に到達してから 20 分が経過した後のバッテリー残量を記録した。

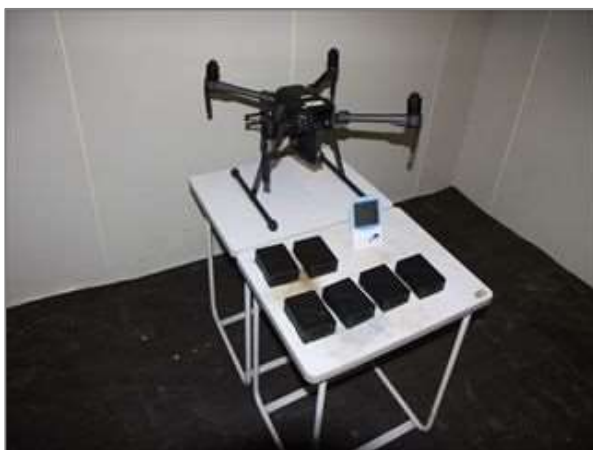


写真 4 バッテリー静置時の状況
（低温実験ユニット設定温度: 約 0℃）



写真 5 バッテリー接続時の状況
（低温実験ユニット設定温度: 約 0℃）

ウ 検証結果

本検証の実施結果を、表 1～表 3 に示す。

なお、過剰な冷却によるバッテリーへの過剰な負荷を避けるため、以下の検証を省略している。

- ・低温実験ユニット温度：-10℃、バッテリー静置時間：3 時間
- ・低温実験ユニット温度：-20℃、バッテリー静置時間：1 時間・2 時間・3 時間

表1 電源投入直後のバッテリー温度

静置時間		5 分	10 分	20 分	30 分	1 時間	2 時間	3 時間
低温実験ユニット	10℃	20.9℃	21.4℃	19.2℃	16.9℃	14.5℃	11.8℃	9.0℃
	0℃	22.1℃	21.5℃	16.3℃	15.5℃	6.4℃	2.9℃	0.4℃
	-10℃	20.5℃	21.6℃	11.8℃	10.1℃	2.0℃	-7.4℃	(検証省略)
	-20℃	17.8℃	12.6℃	5.7℃	-0.8℃	(検証省略)	(検証省略)	(検証省略)

表2 ウォームアップによりバッテリー温度が15℃に到達した時間とその際のバッテリー残量

静置時間		5 分	10 分	20 分	30 分	1 時間	2 時間	3 時間
低温実験ユニット	10℃	電源投入直後のバッテリー温度が15℃以上だったため測定なし				0 分 19 秒 99%	0 分 49 秒 99%	1 分 59 秒 98%
	0℃					3 分 50 秒 94%	3 分 11 秒 96%	4 分 14 秒 98%
	-10℃			2 分 02 秒 99%	2 分 10 秒 98%	3 分 13 秒 96%	4 分 39 秒 95%	(検証省略)
	-20℃		0 分 30 秒 98%	2 分 40 秒 97%	5 分 49 秒 97%	(検証省略)	(検証省略)	(検証省略)

表3 バッテリーの温度が15℃に到達してから20分経過した後のバッテリー温度と残量

静置時間		5 分	10 分	20 分	30 分	1 時間	2 時間	3 時間
低温実験ユニット	10℃	電源投入直後のバッテリー温度が15℃以上だったため測定なし				18.5℃ 95%	17.9℃ 95%	16.4℃ 94%
	0℃					15.0℃ 86%	14.8℃ 90%	15.0℃ 93%
	-10℃			15.1℃ 93%	15.0℃ 93%	14.8℃ 90%	14.4℃ 89%	(検証省略)
	-20℃		15.0℃ 92%	15.2℃ 91%	14.9℃ 92%	(検証省略)	(検証省略)	(検証省略)

① バッテリーの耐冷却性（表 1 関係）

電源投入直後のバッテリーの温度が 15℃未満の場合はバッテリーを加温する必要があるため、自動的にウォームアップが開始される。

低温実験ユニット温度が 0℃及び 10℃の場合、バッテリーを当該環境下で 30 分以内の静置であれば、バッテリーの温度は 15℃以上を維持することが確認できた。

また、低温実験ユニット温度が-10℃の場合は 10 分以内の静置、低温実験ユニット温度が-20℃の場合は 5 分以内の静置であれば、それぞれバッテリーの温度は 15℃以上を維持することが確認できた。

全体的な傾向としては、静置時間が長いほど、また、環境温度（低温実験ユニット温度）が低いほど、バッテリー温度は下がることが示された。

② ウォームアップによりバッテリーが 15℃に到達する時間と電力消費量（表 2 関係）

バッテリー温度及び環境温度（低温実験ユニット温度）が低いほど、ウォームアップによりバッテリー温度が 15℃に到達する時間は長くなる傾向があることを確認した。今回の検証における最長時間は 5 分 49 秒（低温実験ユニット温度：-20℃、バッテリー静置時間：30 分）であった。

バッテリー消費量については、今回の検証下では明確な傾向は見られず、バッテリーが 15℃に到達するまでに最大 5%のバッテリー電力の消費が見られた。

③ バッテリーの温度が 15℃に到達してから 20 分経過した後のバッテリー消費量（表 3 関係）

ドローンを飛行させる際の理想的なバッテリーの状態は「温度 15℃～20℃を約 20 分持続させること」であることを踏まえ、バッテリーの温度が 15℃に到達してからウォームアップを 20 分継続させた。

その結果、本検証下では電源投入直後から少なくとも 5%のバッテリー電力を消費することが確認できた。また、電源投入直後から最大で 14%のバッテリー電力を消費することも併せて確認できた。さらに、離陸可能となるまで、20 分～25 分の時間を要することも併せて確認した。

なお、低温実験ユニット温度が 0℃以下の検証では、ウォームアップによりバッテリー温度が 15℃に到達して以降、バッテリー温度は最大で 17℃までしか上昇せず、逆に 15℃を下回る場合も見られた。

(3) 収納ケースの保温性に係る検証

収納ケースは、総務省消防庁から無償配備されたもの（機体用）のほか、段ボール等に入れて保管している。今回の検証では、総務省消防庁から無償配備された収納ケースに係る検証を実施した。

ア 検証日時等

- ・日時：令和元年 10 月 11 日（金）
- ・場所：消防科学研究所 低温実験ユニット

イ 検証内容（設定等）

室温（約 23℃）で保管していた収納ケースを、厳寒期を想定し-20℃に設定した低温実験ユニットに持ち込み静置した。機体用収納ケースには、熱電対（チノー社製：K 型シース熱電対 φ 1.6mm×長さ 3000mm）を内部に 2 箇所、外部に 1 箇所設置し、データロガー（グラフテック社製：GL820）へ接続し温度変化を記録した。

なお、収納ケース及び内部の緩衝材は、熱可塑性樹脂（汎用プラスチック）で作られており、特段の保温機能・加温機能は有していない。



写真6 収納ケースの状況（外観）



写真7 収納ケースの状況（内部）



写真8 熱電対の設定状況（内部）

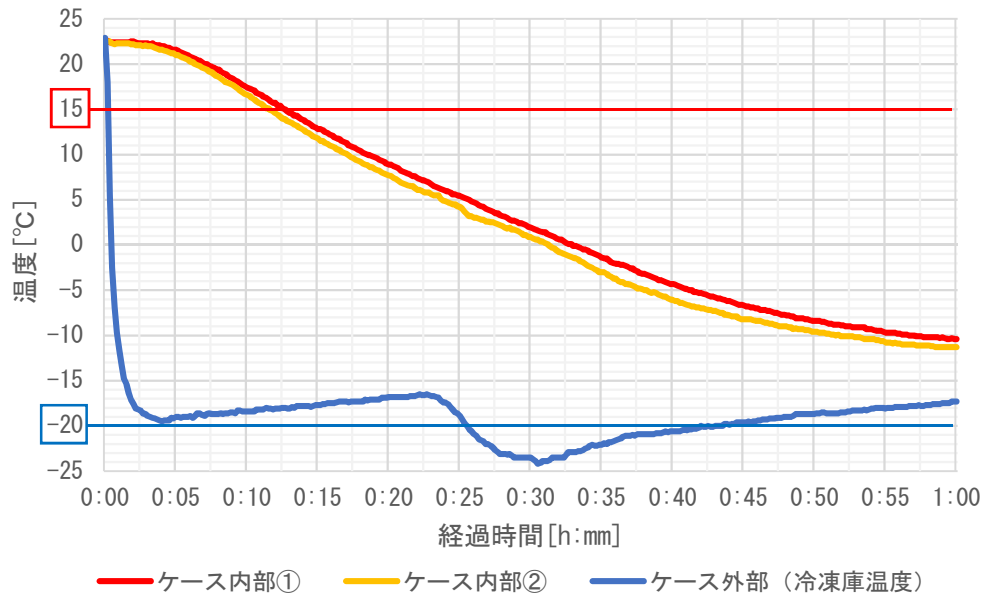


写真9 低温実験ユニット内の設定状況

ウ 検証結果

収納ケース内部の温度変化の記録を、表 4 に示す。

表4 収納ケース内部の温度変化



収納ケースの外部では、低温実験ユニット内 (-20℃) に持ち込んだ直後から急激な温度低下が認められ、経過時間約 4 分後には低温実験ユニットの設定温度である-20℃に到達した。

一方、収納ケースの内部では、経過時間約 5 分までは温度低下はほとんど認められなかったが、それ以降は概ね毎分 1℃のペースで温度が低下し、経過時間約 12 分で 15℃を下回り、経過時間約 30 分後には、0℃を下回る結果となった。

(4) 各温度環境下におけるドローンの飛行可能時間の比較

ア 検証日時等

- ・日時：令和 2 年 1 月 9 日（木）～10 日（金）
- ・場所：札幌市消防学校 屋内訓練場、車庫及び屋外訓練場

イ 検証内容（設定等）

ドローンを高度 1m でホバリングさせ、バッテリー残量 100%から一般的にバッテリーの交換の目安とされるバッテリー残量 30%まで飛行させ、その時間を計測した。また、ドローン周辺の温度環境は、おおむね-5℃、5℃、15℃とし、-5℃での飛行は屋外訓練場（外気温）、5℃での飛行は車庫（室温）、15℃での飛行は屋内訓練場（室温）で実施した。

検証に使用したバッテリー（TB50）については、室温（約 20℃）で十分に静置させたものを使用した。



写真 10 検証の実施状況（車庫：5℃）



写真 11 検証の実施状況（屋外：-5℃）

ウ 検証結果

本検証の実施結果を、表 5 に示す。なお、表 5「飛行可能時間」については、配備された 4 組のバッテリー（TB50）ごとに実施した検証の平均時間を示す。

配備されたバッテリーに使用されているリチウムイオンポリマー二次電池（通称：Li-Po バッテリー）は、一般的に低温環境下で使用すると利用可能時間が短くなる²⁾とされているが、本検証においてはそのような傾向は見られなかった。

表 5 各温度環境下におけるドローンの飛行可能時間の比較
（バッテリー残量 100%から 30%まで）

気温	-5℃	5℃	15℃
飛行可能時間（平均）	16 分 58 秒	16 分 27 秒	16 分 38 秒

4 結論

(1) 機体の電源投入の可否に係る検証

温度が 15℃未満のバッテリーであっても電源は入るが、エラーの表示により機械的に離陸不能となることを確認した。

(2) 「ウォームアップ機能」作動時のバッテリー電力消費量等に係る検証

低温環境下でのバッテリーの放置時間が長いほど、また、気温が低いほどバッテリー温度が低下する傾向が見られた。また、バッテリー温度が低いほどウォームアップ作動時の電力消費量が増加するとともに、離陸可能となるまでに時間を要する傾向が見られた。

以上のことから、運用にあたっては、可能な限り暖かい場所にバッテリーを保管し、バッテリー温度が 15℃を下回らないよう管理することが望ましいと考えられる。

(3) 収納ケースの保温性に係る検証

今回検証を実施した収納ケースには特段の保温・加温機能がなく、-20℃という低温環境下では

毎分 1℃のペースでケース内部の温度が低下することが確認できた。

以上のことから、無償配備された収納ケースの保温性能は低いと考えられる。

従って、寒冷期にバッテリーを保管している当該収納ケースを屋外に持ち出した場合には、収納ケース内のバッテリーが冷却される可能性が高いと考えられる。冷却の結果、バッテリーの温度が 15℃未満に達すれば、電源投入後速やかに離陸させることができなくなることに留意しなければならない。

(4) 各温度環境下におけるドローンの飛行可能時間の比較

検証の結果、適正な温度（約 20℃）で十分に温めたバッテリーを使用し飛行させた場合は、寒冷地であっても飛行可能時間に大きな変化は見られず、基本性能を十分に発揮できる可能性が高いことが示唆された。

なお、低温環境下においてバッテリーの電圧が突然降下する事象については、本検証期間中は発生しなかった。これについては、適正な温度（約 20℃）で十分に温めたバッテリーを使用したためと考えられる。

5 まとめ

4 件の検証結果から、本市のような積雪寒冷地において運用する場合には、バッテリー温度が 15℃を下回らないよう管理・保温することが現場到着後速やかに離陸するうえで最も重要であると考えられる。また、バッテリーの管理・保温のためには、保温性能を有する収納ケースの作成（購入）など、何らかの対策が必要となると考えられるが、当該対策を実施した場合の保温性能については、運用開始前までに別途確認する必要があると考えられる。

6 参考資料

- 1) 「インテリジェント・フライト・バッテリー安全ガイドライン（MATRICE200 シリーズ）」
株式会社 DJI
- 2) 「必携 ドローン活用ガイド ～安全かつ効果的な活用を目指して～」 内山 庄一郎 編著
東京法令出版

情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について

(その2 映像伝送手法の検討)

札幌市消防局消防科学研究所	的 場 敦 史
	川 内 健太郎
札幌市消防局警防部消防救助課	曾 根 敏 夫
	細 野 智 博

1 はじめに

当局では、平成31年（2019年）3月末に総務省消防庁から緊急消防援助隊の無償使用物品として情報収集活動ドローン（DJI社製Matrice210。以下「ドローン」という。）が配備され、今年度においては当該ドローンの性能や活用方法等について調査・研究を実施し、当該結果をもってドローンの配備先及び運用方法を検討することとしている。

今回配備されたドローンの映像については、無線により本体付属のカメラから操縦装置（以下「プロポ」という。）のディスプレイに伝送され、さらに有線（HDMIケーブル）により映像確認用モニターに表示される仕様となっており、プロポの周辺でしかドローンの映像を確認することができない。

災害現場で撮影した映像をリアルタイムで当局消防指令管制センターや総務省消防庁等へ伝送するためには、無線による伝送手法について検討する必要があることから、今後の活用方法を含め調査及び検証を行うとともにスムーズな伝送方法について検討を行うこととした。

2 調査及び検証項目

以下の(1)及び(2)について調査及び検証を実施した。

(1) 他の消防本部における映像伝送手法の実態調査

当局保有のドローンと同機種ものを既に導入し、先進的に運用している他の消防本部への視察及び聞き取りを実施し、映像伝送手法の実態について調査する。

(2) 当局等で保有している映像伝送システムによる検証

現在、当局等で既にシステムの構築がなされており、かつ、無線による映像伝送が可能である「可搬型衛星地球局」及び「動画伝送アプリ Media-Rey」並びに道内消防本部で運用している「無線中継車」を用いて、ドローンの映像伝送の可否や伝送状況（画質・遅延等）等について検証する。

3 実施状況

(1) 他の消防本部における映像伝送手法の実態調査

今回の調査では、道外に所在する消防本部A及び消防本部Bに対し、映像伝送の実施状況等について視察及び聞き取りを実施した。

両本部における映像伝送手法について、表1に示す。

表 1 各消防本部における映像伝送手法について

	消防本部 A	消防本部 B
ドローン ↓ 指令課 (局本部)	【使用機器】 <u>Soliton 社製「Smart Telecaster」</u> ・3G、LTE などの携帯電話回線を使用 ・月々の通信費が発生	【使用機器】 <u>Soliton 社製「Smart Telecaster」</u> ・3G、LTE などの携帯電話回線を使用 ・月々の通信費が発生
ドローン ↓ 指揮本部 (現場)	【使用機器】 <u>HDMI ケーブル（有線）</u> ・市販品の無線伝送装置を試したが、機体～送信機間との電波干渉が生じ、操縦に支障をきたしたことから、現時点では有線を使用。	【使用機器】 <u>(株)アイ・ディー・エクス社製「CW-3 ワイヤレスビデオ伝送システム」（無線）</u> ・市販品 <u>SDI ケーブル（有線）</u> ・上記の無線伝送装置は有効距離が 30 m 程度であること、設定に時間がかかる（5～10 分）ことから、有線の使用頻度が多い。

無線の映像伝送装置については、両本部において実際の稼働状況を確認し、遅延や映像の乱れがなく、明瞭に受信できることが確認できた。

一方、ケーブル端子の違いによる変換アダプタの整備が難しいことや、通信費等のランニングコストがネックとなること等のデメリットがある点についても聴取できた。



写真 1 Soliton 社製「Smart Telecaster」（送信側）



写真2 Soliton社製「Smart Telecaster」(受信側)

※ 机上のパソコンが受信機となる。テレビは映像確認用モニターとして使用。

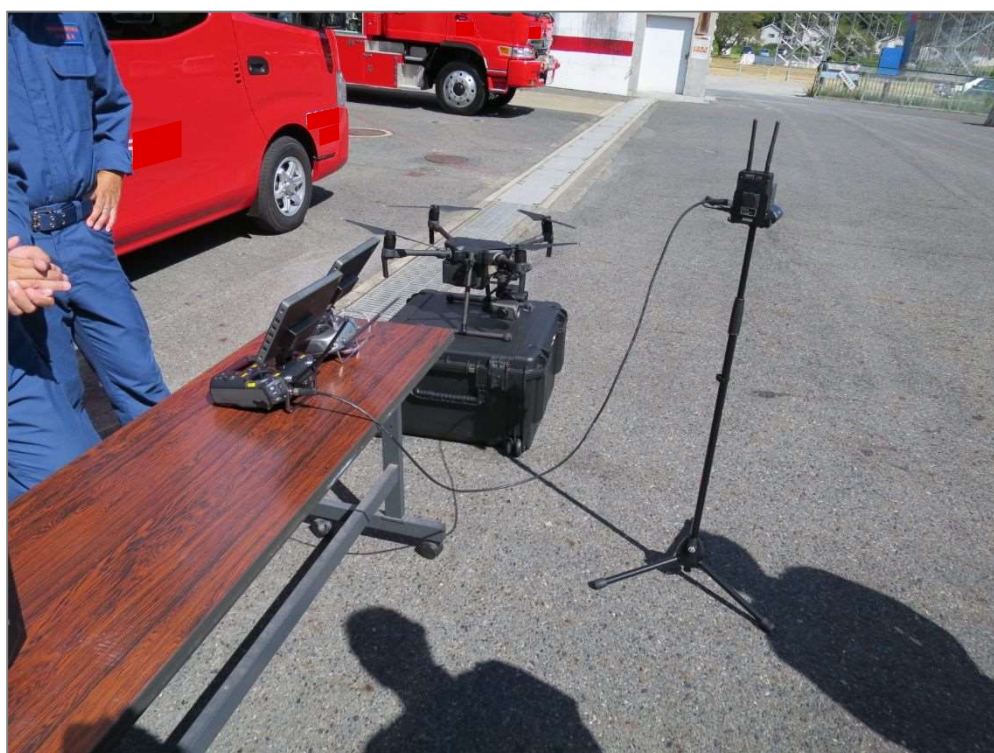


写真3 (株)アイ・ディー・エクス社製「CW-3 ワイヤレスビデオ伝送システム」(送信側)

(2) 当局等で保有している映像伝送システムによる検証

ア 可搬型衛星地球局（※当局警防部指令課が所有）

(ア) 検証日時等

- ・日時：令和元年 11 月 1 日（金） 13 時 00 分～15 時 30 分
- ・場所：札幌市消防学校 車両実習室前

(イ) 検証内容（設定等）

ドローンからの映像を受信するプロポと可搬型衛星地球局の映像伝送装置を接続し、地域衛星通信ネットワーク（通称：LASCOM ネット）を通じて当局消防指令管制センター及び道外に所在する消防本部 C（以下「センター等」という。）への配信を試みた。

本検証における設定は、図 1 のとおり。

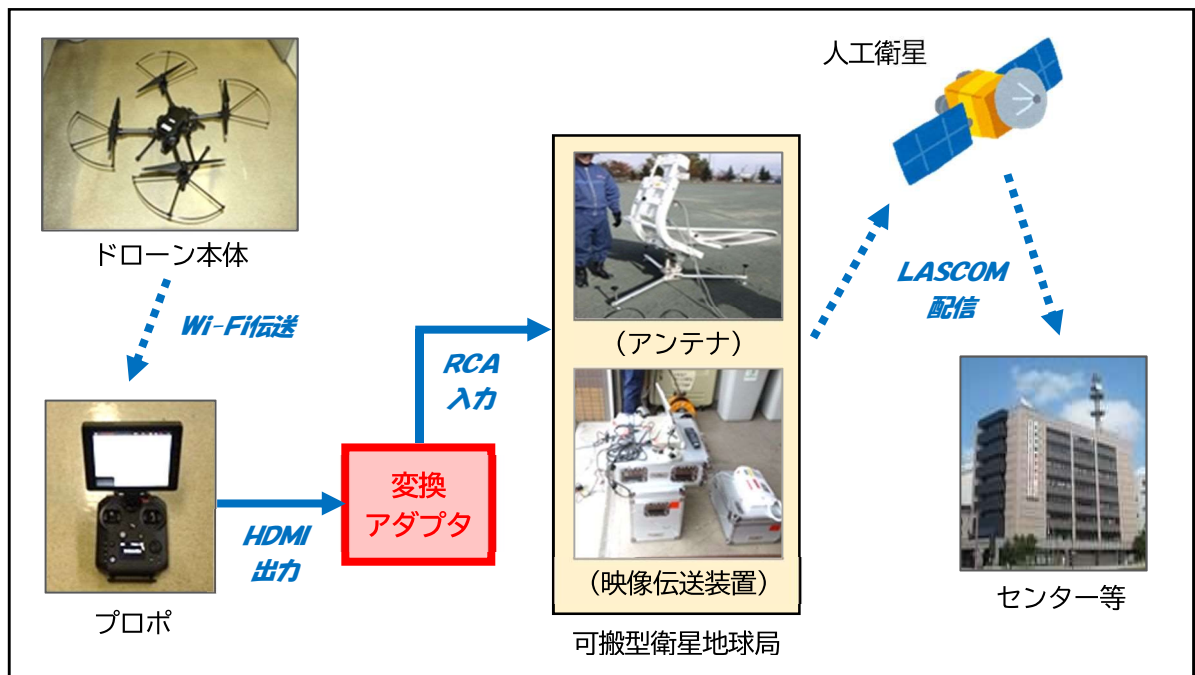


図 1 可搬型衛星地球局による映像伝送検証の設定

(ウ) 検証結果

a 組立・設定状況について

ドローンと可搬型衛星地球局の接続について、プロポ～映像伝送装置間は出入力ケーブルの端子が異なる（ドローン側：HDMI-A 端子／可搬型衛星地球局：RCA 端子）。従って、映像の伝送にはこれらを接続するための変換アダプタが必要となる。なお、今回の検証では、個人の私物を借用し、検証を実施した。

また、可搬型衛星地球局の組立及び設定は、保管課である当局警防部指令課職員（約 10 名）に依頼した。今回の検証では、組立に要した時間は約 15 分であったが、設定については可搬型衛星地球局に係る教養訓練も併せて実施したことから、すべての設定が完了するまでに約 1 時間 30 分の時間を要した。なお、当局警防部指令課職員によると、通常、組立及び設定に要する人員及び時間は、それぞれ 2 名、30 分程度とのことであった。



写真 4 可搬型衛星地球局の組立時の状況



写真 5 変換アダプタ周辺の状況

b 映像の伝送状況

センター等への映像伝送については、特に支障なく成功した。

また、センター等で受信した映像の画質については、HDMI 端子（デジタル）から RCA 端子（アナログ）に変換した後 LASCOM 配信していることから、プロポのディスプレイに表示される映像よりも画質は劣化することが確認できた（写真 6 参照）。今回の検証の場合、ドローンから約 50m 先を走行・駐車している車両を撮影したところ、プロポのディスプレイ（デジタル）では車両の輪郭まではっきりと識別できたが、センター等で受信した LASCOM 配信映像（アナログ）では車両の形状がぼんやりと確認できる程度であった。従って、撮影対象が車両よりも大きさ・動きが小さくなる人間の場合、LASCOM 配信映像（アナログ）では人間が周囲の環境に紛れてしまい、検知できなくなる可能性が高まることが予想される。



写真 6 当局消防指令管制センターで受信した LASCOM 配信映像

イ 動画伝送アプリ「Media-Rey」(※当局警防部消防救助課が所有)

(ア) 検証日時等

- ・日時：令和元年 11 月 19 日(火) 14 時 00 分～15 時 30 分
- ・場所：当局本庁舎 5 階 消防指令管制センター及び警防部指令課事務室

(イ) 検証内容(設定等)

ドローンからの映像を受信するプロポと動画伝送アプリ「Media-Rey」をインストールしている携帯端末を接続し、インターネット回線(3G、LTE、WiFi など)を通じて当局消防指令管制センター(以下「当局センター」という。)への配信を試みた。

また、当局センターで受信した映像を、LASCOM ネットを通じてセンター等への転送及びインターネット回線を通じて当局各署指揮隊で保有するタブレット端末(以下「当局タブレット端末」という。)への転送を試みた。

本検証における設定は、図 2 のとおり。

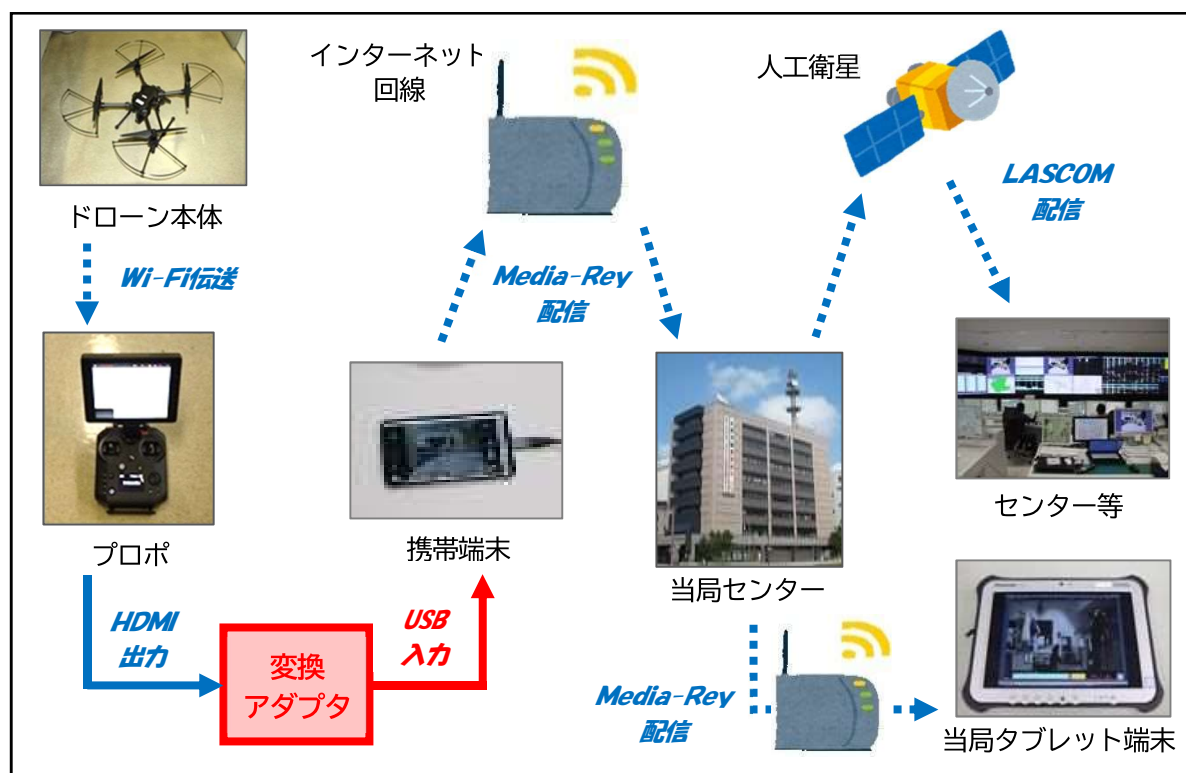


図 2 動画伝送アプリ「Media-Rey」による映像伝送検証の設定

(ウ) 検証結果

a 組立・設定状況について

ドローンと「Media-Rey」をインストールしている携帯端末の接続について、プロポ～携帯端末間は出入力ケーブルの端子が異なる(ドローン側：HDMI-A 端子／可搬型衛星地球局：USB-A 端子)。従って、映像の伝送にはこれらを接続するための変換アダプタが必要となる。なお、今回の検証では、業者から変換アダプタを借用し検証を実施した。

また、設定については、変換アダプタにそれぞれのケーブルを差し込むだけで完了するため、数十秒で設定可能であった。

b 映像の伝送状況

現在携帯端末にインストールされている「Media-Rey」のバージョンでは、ドローンとの間にソフトの互換性がなく、映像の伝送ができないことが判明した。そこで、ドローンとの互換性を有する上位バージョンである「Media-Rey Pro」をインストールした携帯端末を業者から借用し、検証を継続した。

検証の結果、Media-Rey 配信による当局センターへの映像伝送、また、LASCOM 配信によるセンター等及び当局タブレット端末への映像転送は、ともに成功した。

また、プロポのディスプレイに表示されるライブ映像（以下「プロポ映像」という。）と当局センターや当局タブレット端末で受信した Media-Rey 配信映像（以下「Media-Rey 映像」という。）を比較すると、Media-Rey 映像については、Media-Rey 配信時に画像解像度及びフレームレートが縮小されることから、プロポ映像よりも画質及び滑らかさが若干劣ることが確認できた（写真 9 及び写真 10 参照）。映像の遅延については、約 3 秒程度であった。

さらに、Media-Rey 映像と当該映像を LASCOM 配信にて転送後再受信した LASCOM 配信映像を比較したところ、理由は不明であるが LASCOM 配信映像は Media-Rey 映像よりも画質がさらに劣化していた。LASCOM 配信映像は Media-Rey 映像よりもさらに約 3 秒の遅延がみられた（＝合計約 6 秒の遅延）。



写真 7 変換アダプタ周辺の状況

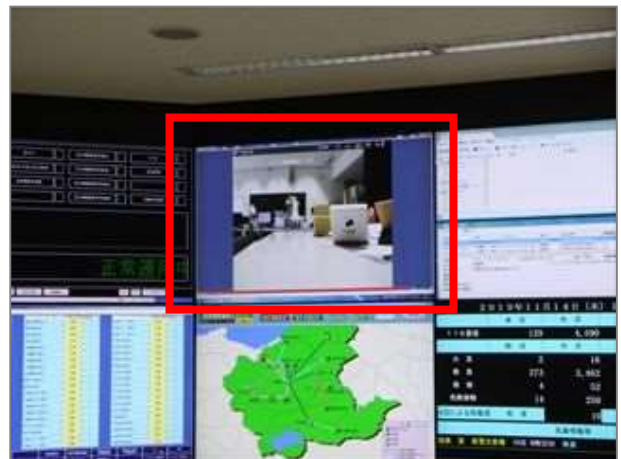


写真 8 当局センター内のモニターに表示された Media-Rey 配信映像の状況



写真 9 プロポのディスプレイに表示される映像



写真 10 当局タブレット端末に表示される Media-Rey 配信映像

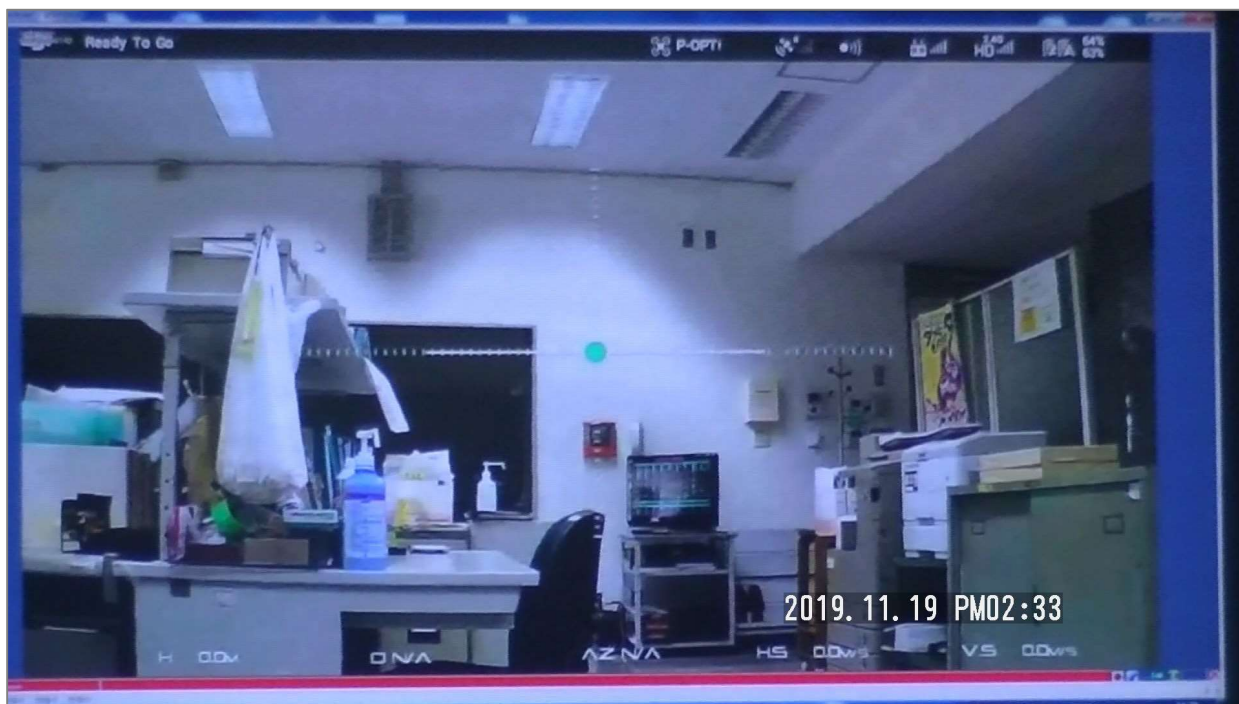


写真 11 当局センター内のモニターに表示された Media-Rey 配信映像の状況



写真 12 Media-Rey 配信映像を LASCOM 配信にて転送後、再受信した LASCOM 配信映像の状況
(総務省消防庁や LASCOM 配信を受信できる他消防本部には、上記のような映像が配信される)

ウ 無線中継車（道内に所在する消防本部 D が所有）

(ア) 検証日時等

- ・日時：令和元年 11 月 29 日（金） 10 時 30 分～12 時 00 分
- ・場所：札幌ドーム 屋外駐車場（札幌市豊平区羊ヶ丘 1 番地）

(イ) 検証内容（設定等）

ドローンからの映像を受信するプロポと無線中継車を有線で接続し、LASCOM ネットを通じて当局センターへの配信を試みた。

また、インターネット回線を通じて当局タブレット端末への転送（Media-Rey 配信）を試みた。

本検証における設定は、図 3 のとおり。

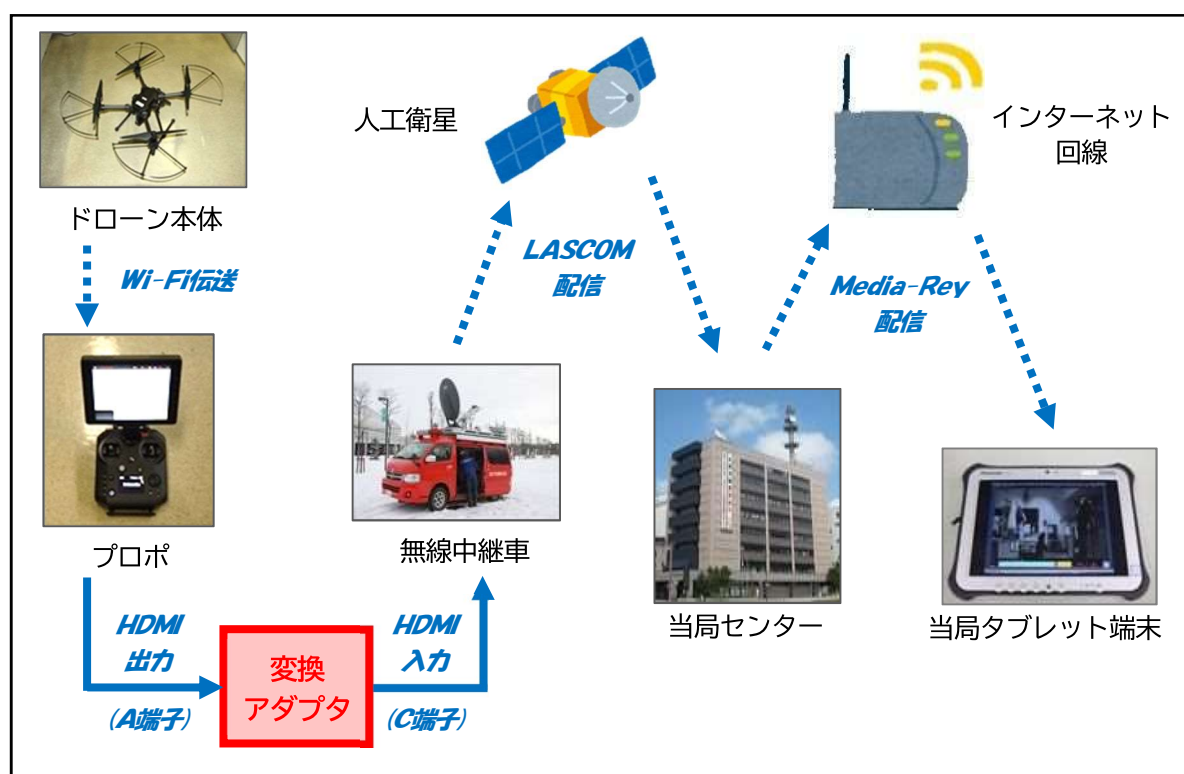


図 3 無線中継車による映像伝送検証の設定

(ウ) 検証結果

a 組立・設定状況について

ドローンと無線中継車の接続について、プロポ～無線中継車間は出入力ケーブルの端子が異なる（ドローン側：HDMI-A 端子／無線中継車：HDMI-C 端子）。従って、映像の伝送にはこれらを接続するための変換アダプタが必要となる。なお、今回の検証では、個人の私物を借用し、検証を実施した。

また、無線中継車の設定は、所有本部である消防本部 D の職員（3 名）に依頼した。配線については変換アダプタにそれぞれのケーブルを差し込むだけで完了するため、数十秒で設定可能であるが、今回はプロポの接続部分に接触不良があり、安定した接続が可能となるまで約 10 分の時間を要した。なお、プロポを手持ちにすると接続が安定せず、無線中継車後

部座席の上に置くことで接続が安定した。

また、無線中継車の人工衛星の捕捉については、今回は約 10 分の時間を要した。消防本部 D の職員によると、設定には毎回 10 分～15 分程度の時間を要するとのことであった。

すべての設定が完了するまでに約 20 分の時間を要した。



写真 13 変換アダプタ周辺の状況



写真 14 配線接続後のプロポ設置状況

b 映像の伝送状況

検証の結果、LASCOM 配信による当局センターへの映像伝送、また、Media-Rey 配信による当局タブレット端末への映像転送は、ともに成功した。

画質については、LASCOM 配信映像（※無線中継車内で確認）のほうがプロポ映像よりも画質が劣化していることが確認できた。劣化の理由は、無線中継車内の配線の都合上、プロポから送信されてきたデジタル映像がアナログ映像に変換され、その映像が LASCOM 配信されるためであると推測される（消防本部 D の職員から聴取）。また、当局タブレット端末で受信した Media-Rey 配信映像の画質については、LASCOM 配信映像と比較しても大きな違いは確認できなかった。

映像の遅延状況については、LASCOM 配信映像はプロポ映像（ライブ映像）から約 3 秒の遅延、当局タブレット端末で受信した Media-Rey 配信映像はプロポ映像（ライブ映像）から約 5 秒の遅延であった。



写真 15 プロポのディスプレイに表示される映像



写真 16 当局タブレット端末に表示される映像（LASCOR 配信映像を Media-Rey 配信したもの）

4 結論

ドローン空撮映像時の無線による伝送手法に係る調査及び検証の結果、以下の 5 つの映像伝送システムを活用したドローンの映像伝送について、いずれも支障なく使用可能であることが判明した。

- ・ Smart Telecaster
- ・ CW-3 ワイヤレスビデオ伝送システム
- ・ 可搬型衛星地球局（※当局所有）
- ・ 動画伝送アプリ「Media-Rey」（※当局所有）
- ・ 無線中継車（※道内消防本部 D 所有）

Smart Telecaster 及び CW-3 ワイヤレスビデオ伝送システムについては、映像が明瞭で遅延等もないが、イニシャルコスト及びランニングコストが新たに発生することが懸念される。

可搬型衛星地球局は、電波受信状況に関わらずいかなる場所でも映像伝送が可能である一方、必要資機材が大型で多く搬送に労力を要し、設定に時間を要することが確認できた。

動画伝送アプリ「Media-Rey」は、必要資機材が軽量で設定に時間を要さないことが確認できたが、インターネット回線を使用することから、電波状況が悪い環境においては映像伝送ができないことが懸念される。

無線中継車は、電波の受信状況によらず映像伝送が可能であり、なおかつ可搬型衛星地球局と比較し設定にも時間を要さないことが確認できたが、当局は保有していない車両であるため、所有元の消防本部との連携体制を構築する必要があると考えられる。

5 まとめ

当局における今後の運用に当たっては、当局等が現に所有し、映像伝送も支障のない可搬型衛星地球局、動画伝送アプリ「Media-Rey」又は無線中継車の活用を検討すべきであると考ええる。

また、これら 3 つの映像伝送システムについて、それぞれ利点や課題があることを確認することができた。それぞれの利点や課題を勘案すると、火災等の通常災害には、設定が容易で迅速に伝送開始できる動画伝送アプリ「Media-Rey」が有効であると考えられる。一方、大規模災害時には、通信キャリアの被害状況によらず安定的に伝送できる可搬型衛星地球局又は無線中継車が有効であると考えられる。

情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について (その3 運用可否条件に対するドローンの能力確認)

札幌市消防局消防科学研究所 的 場 敦 史
川 内 健太郎
高 玉 通 廣
高 塚 浩 平

1 はじめに

当局では、平成31年(2019年)3月末に総務省消防庁から緊急消防援助隊の無償使用物品として情報収集活動ドローン(DJI社製Matrice210。以下「ドローン」という。)が配備され、今年度においては当該ドローンの性能や活用方法等について調査・研究を実施し、当該結果をもってドローンの配備先及び運用方法を検討することとしている。

配備となったドローンの性能としては、最大風圧抵抗が12m/sとなっているが、ドローン本体には風速を計測する計器はなく、上空での風速の状況について地上からは判断できないところである。また、最大風圧抵抗以下であっても、強風時の飛行の際は機体の位置・高度の制御のために無風時よりも余分に電力を消費する可能性があり、それに伴って飛行可能時間が短くなる可能性がある。さらに、降雨・降雪時に使用する場合においても、完全防水性能を有していないことから、飛行できる条件としてある程度の判断材料が必要となる。

このことから、強風、降雨、降雪といった気象環境がドローンに及ぼす影響について検証するとともに、運用可能な気象条件や運用の可否を判断するうえで必要となる情報(データ)について調査及び検証を行うこととした。

2 検証項目

以下の(1)~(3)について検証を実施することとした。

(1) 地上での風速測定結果から上空での風速を推測するための実測及び調査

上空での風速の状況を推測するうえでの判断材料を収集するため、地上での平均風速が概ね4m/s以上の日に救助訓練塔A塔及び訓練本塔の塔上で風速を測定し、高度差による風速の違いについて実測により検証することとした。

また、当局保有のドローンと同機種ものを既に導入し、先進的に運用している他の消防本部への視察を実施し、強風条件下における運用可否条件について併せて調査した。

(2) 各風速環境下におけるドローンの飛行可能時間の比較

強風時の機体の位置・高度の制御にバッテリーの電力を消費することで、飛行可能時間がどれくらい短くなるかを調べるため、各風速環境下においてドローンを飛行させ、その飛行時間を比較することとした。

(3) 降雨・降雪環境下における飛行の際の機体及び映像等への影響に関する調査・検証

当局保有のドローンと同機種ものを既に導入し、先進的に運用している他の消防本部への視察

を実施し、降雨・降雪環境下における運用可否条件や飛行時の影響について調査することとした。

また、諸元上許容される範囲において、降雨・降雪・積雪環境下で実際に飛行させ、運用上の課題の抽出を図ることとした。

3 実施状況

(1) 地上での風速測定結果から上空での風速を推測するための実測及び調査

ア 実測による検証

(ア) 検証日時等

- ・日時：令和元年9月17日（火）～令和元年11月29日（金）のうち、地上（屋外訓練場）での平均風速が概ね4m/s以上の日（計9日）
- ・場所：札幌市消防学校屋外訓練場、救助訓練塔A塔塔上及び訓練本塔塔上

(イ) 検証内容（設定等）

屋外訓練場（地上）、救助訓練塔A塔塔上（高さ17m）及び訓練本塔塔上（高さ34m）において、風速計（株式会社マザーツール社製 AM-4207SD）により風速を測定し、各測定結果から各測定場所の平均風速及び最大瞬間風速を算出することとした。

なお、風速計のサンプリングは毎秒1回で約3分間測定した。また、各測定場所の床面から約1mの位置で風速計を保持し測定したことから、各測定結果については、地上高1m（屋外訓練場）、地上高18m（救助訓練塔A塔塔上）、地上高35m（訓練本塔塔上）の風速と読み替えることとする。



写真1 風速の測定状況（屋外訓練場）



写真2 救助訓練塔 A 塔



写真3 風速の測定状況（救助訓練塔 A 塔塔上）



写真4 訓練本塔



写真5 風速の測定状況（訓練本塔塔上）

(ウ) 検証結果

各測定日における平均風速及び最大瞬間風速は、表1及び表2のとおり。

表1 測定結果から得られた平均風速[m/s]

	地上高	1m	18m	35m
測定日	9月17日	2.6	4.7	3.7
	9月20日	4.1	6.0	7.0
	10月3日	5.2	6.6	8.0
	10月7日	4.2	4.9	7.0
	10月25日	5.0	6.1	9.4
	10月28日	3.0	5.6	6.7
	10月29日	6.7	7.7	12.4
	11月12日	3.0	5.7	6.0
	11月18日	5.2	5.9	8.1

表2 測定結果から得られた瞬間最大風速[m/s]

	地上高	1m	18m	35m
測定日	9月17日	4.6	6.2	6.2
	9月20日	7.5	8.9	8.2
	10月3日	8.0	10.4	12.0
	10月7日	6.1	8.1	8.7
	10月25日	6.9	9.9	12.2
	10月28日	4.1	7.9	10.0
	10月29日	9.2	12.0	18.4
	11月12日	4.6	8.4	9.1
	11月18日	7.7	10.1	11.5

測定結果からは、一般的に言われているとおり、平均風速・瞬間最大風速のいずれの風速でも、地上高が高いほうが強風であることが読み取れる。また、地上高 1m で平均風速が 5m/s 以上を測定した日は、地上高 35m で瞬間最大風速が概ね 12m/s 以上となっていた。配備となったドローンは最大風圧抵抗が 12m/s となっていることから、地上高 35m 以下で飛行させる場合には「平均風速 5m/s 以下」が一つの目安になると考えられる。

イ 文献調査（風速のべき乗則）

文献調査³⁾の結果、風速には「べき乗則」という経験則に基づく数式があり、地上高 Z [m] での平均風速は、以下のとおり求めることができるとのことであった。

$$\text{地上高 } Z[\text{m}] \text{ での平均風速 } V_z[\text{m/s}] = \text{地上高 } 1\text{m} \text{ での平均風速 } V[\text{m/s}] \times {}^n\sqrt{Z}$$

つまり、地上高 Z [m] での平均風速 V_z [m/s] は、地上高 1m での平均風速 V [m/s] の ${}^n\sqrt{Z}$ 倍となるということである。変数 n は、地表面の状態による変数である。この数式を整理したものを、表 3 に示す。

表 3 地上高 1m での平均風速 V に対する倍数 ${}^n\sqrt{Z}$ について

地表面の状態	変数 n	地上高 Z				
		10m	20m	30m	40m	50m
平野・草原	7	1.4 倍	1.5 倍	1.6 倍	1.7 倍	1.7 倍
森林・住宅地	4	1.8 倍	2.1 倍	2.3 倍	2.5 倍	2.7 倍
市街地	3	2.2 倍	2.7 倍	3.1 倍	3.4 倍	3.7 倍
ビル群	2	3.2 倍	4.5 倍	5.5 倍	6.3 倍	7.1 倍

例えば、住宅地において地上高 30m における平均風速を知りたい場合は、地上高 1m の平均風速を測定し、その平均風速を 2.3 倍すればよいということになる。この倍数 ${}^n\sqrt{Z}$ は経験則に基づくものであり、すべての風速に 100% 適合するものではないが、地上平均風速から上空の平均風速を推定するうえでの一つの目安になると考えられる。

なお、ここで記した風速はすべて平均風速であり、瞬間最大風速はより大きな値となる可能性があることに留意されたい。

ウ 他の消防本部における強風下での運用の実態調査

視察による実態調査の結果、道外に所在する消防本部 A 及び消防本部 B においては、両本部ともに、平常時（訓練等）は地上での瞬間最大風速 5m/s 以上、災害時は地上での瞬間最大風速 10m/s 以上の場合には飛行しない旨の取り決めを実施しているとのことであった。

平常時の基準（5m/s）の根拠としては、国土交通省航空局、総務省消防庁等が作成している運航マニュアル上において、「地上での瞬間最大風速が 5m/s 以上の場合、飛行不可」である旨が記載されており、国土交通省航空局への許可承認申請時には本条件の順守が求められることが挙げられる。しかしながら、「地上での瞬間最大風速が 5m/s 以上」という条件は、少しでも風がある日には比較的高頻度で発生する風速であり、この条件を厳格に適用すると少しでも風がある日には全く飛ばせないこととなる。

このことから、平常時と災害時で基準の使い分けを行い、災害時には航空法第 132 条の 3（災害時の特例）を準用し「地上での瞬間最大風速が 10m/s 以上」という条件下で運用しているとのことであった。

また、飛行前・飛行中に風速計を用いて地上風速を測定するほか、飛行中に上空の機体からドローンの送信機に送られてくる強風の警告表示（※風速 10m/s 以上で警告表示。写真 6 参照）にも注意を払いながら、危険を察知した場合には直ちに地上へ降下させるよう運用しているとのことであった。

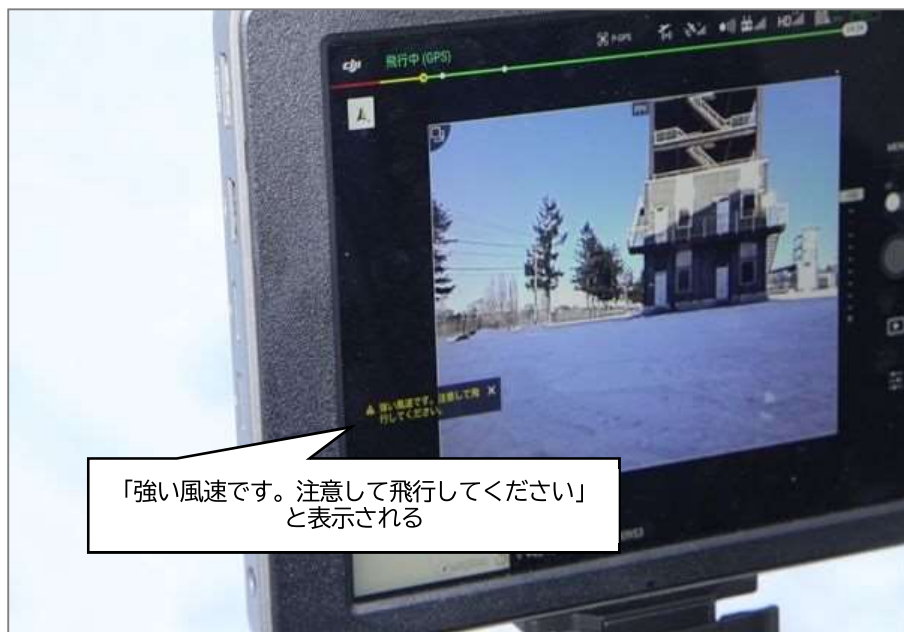


写真 6 送信機上での強風警告の表示

(2) 各風速環境下におけるドローンの飛行可能時間の比較

ア 検証日時等

- ・日時：令和2年1月9日（木）～10日（金）
- ・場所：札幌市消防学校 屋内訓練場、車庫及び屋外訓練場

イ 検証内容（設定等）

可搬式小型ブローアーによる人工風又は自然風の環境下においてドローンを高度 1m でホバリングさせ、バッテリー残量 100%から一般的にバッテリーの交換の目安とされるバッテリー残量 30%まで飛行させ、その時間を計測した。また、平均風速が 0～1m/s、約 4m/s、約 8m/s、約 12m/s となる風速環境下において、ドローンをホバリングさせることとした。

検証に使用したバッテリー（TB50）については、室温（約 20℃）で十分に静置させたものを使用した。



写真7 使用した可搬式小型ブローアー



写真8 検証の実施状況（屋外）

ウ 検証結果

本検証の実施結果を、表4に示す。なお、表4「飛行可能時間」については、配備された4組のバッテリー（TB50）ごとに実施した検証の平均時間を示す。

強風時の飛行の際は機体の位置・高度の制御のために無風時よりも余分に電力を消費することにより飛行可能時間が短くなると想定していたが、検証の結果、無風環境下（0～1m/s）と強風環境下（約 12m/s）では、飛行可能時間に約2分の差が見られた。

また、平均風速 12m/s での検証中に、最大風圧抵抗（12m/s）を超える瞬間風速 16m/s を記録することがあり、機体が流されることはなかったが、通常よりも大きな機体の傾きや揺れを確認することができた。

表4 各風速環境下におけるドローンの飛行可能時間の比較
(バッテリー残量 100%から 30%まで)

平均風速	0～1m/s	約 4m/s	約 8m/s	約 12m/s
飛行可能時間（平均）	17 分 30 秒	16 分 29 秒	16 分 35 秒	15 分 45 秒

(3) 降雨・降雪・積雪環境下における飛行の際の機体及び映像等への影響に関する調査・検証

ア 他の消防本部における降雨・降雪・積雪環境下での運用の実態調査

視察による実態調査の結果、降雨時の運用については、道外に所在する消防本部 A 及び消防本部 B で対応が分かれた。消防本部 A では、明らかな少雨（ポツポツ程度）なら飛行させるが、目視上判断に迷う場合には安全を最優先し飛行させないようにしているとのことであった。一方、消防本部 B では、原則飛行不可としている。これはドローンの送信機が防水非対応であることを鑑みたとのことであった。

降雪時及び積雪時の運用については、両本部ともに降雪・積雪がほとんどないことから特段の取り決めはしていないとのことであった。

イ 降雨環境下での検証

(ア) 降雨に関する情報収集

はじめに、配備されたドローンの諸元について示す。

機体の仕様では、保護等級は IP43 と表記されている。この表記は防雨型（傾斜 60° の範囲の散水に対する保護）と呼ばれるものであり、完全防水機能までは有していないものである。また、ガイドライン上¹⁾では、「降雨量が 10mm/h を超える場合は飛行させない」旨の記載がある。この「10mm/h の降雨」という雨の強さ（降り方）については、気象庁では表 5 のとおり表現（定義）しており、運航の可否を判断するうえでの一つの指標となると思われる。

表 5 「1 時間雨量が 10mm 以上 20mm 未満」のときの雨の強さと降り方

予報用語	人の受けるイメージ	人への影響	屋内 (木造住宅を想定)	屋外の様子
やや強い雨	ザーザーと降る	地面からの跳ね返りで足元がぬれる	雨の音で話し声が良く聞き取れない	地面一面に水たまりができる

※ 気象庁ホームページから一部抜粋 (https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/amehyo.html)

次に、実際に 10mm/h を超える降水量があった時の状況について示す。

令和元年 10 月 4 日（金）、札幌市消防学校において強い雨が降った時間帯があり、気象庁ホームページを参照したところ、10mm/h を超える降水量であると表示されていた（図 1 参照）。

主観的には、同時時間帯は傘がなければ数分で着衣全体が濡れてしまうと感じる降雨であった。また、表 5 で表現される状況も現認することができた。

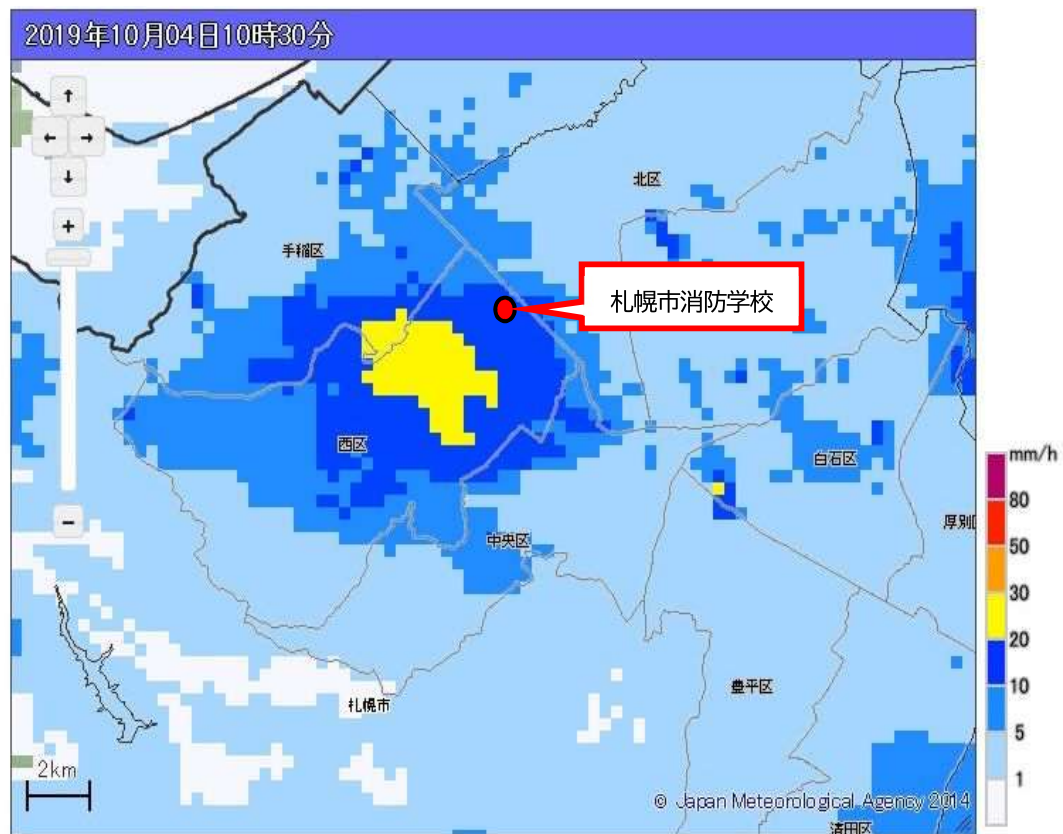


図1 札幌市消防学校周辺の雨雲の分布（令和元年10月4日（金）10時30分頃）
 ※ 気象庁ホームページ「雨雲の動き（高解像度降水ナウキャスト）」を加工して作成
<https://www.jma.go.jp/jp/highresorad/>

(イ) 実飛行検証

表4に示した雨の降り方と強さを参考に、目視等で10mm/h未満の降水量であると判断できた日に配備されたドローンを飛行させ、機体及び画像・映像（以下「映像等」という。）への影響について検証した。

a 検証日時等

- ・日時：令和元年12月2日（月）13時30分～14時00分
- ・場所：札幌市消防学校 屋外訓練場

b 検証内容

高度30m、50m、100mで飛行（ホバリング）させ、それぞれの高度からドローンカメラにより静止画及び映像を撮影した。

c 検証結果

検証の実施状況を写真9に、実際に撮影した映像等（可視及び赤外線、1倍。）を写真10～写真15にそれぞれ示す。



写真 9 検証の様子



写真 10 高度 30m からの撮影画像（可視）

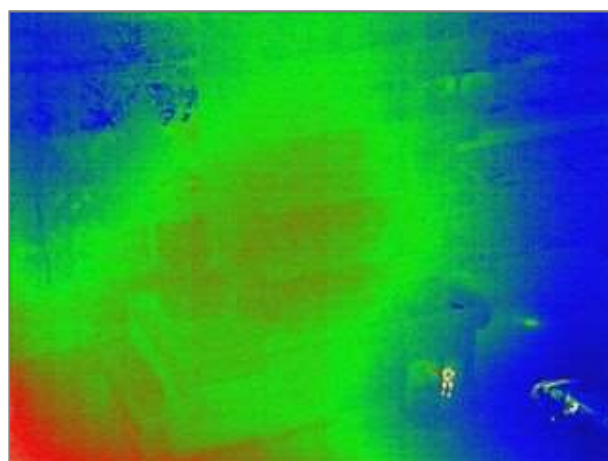


写真 11 高度 30m からの撮影画像（赤外線）



写真 12 高度 50m からの撮影画像（可視）

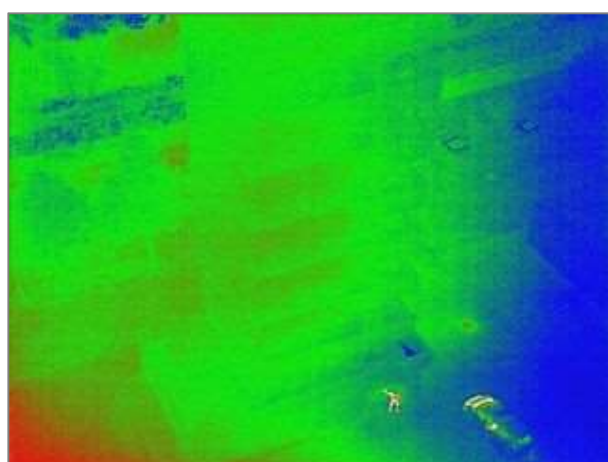


写真 13 高度 50m からの撮影画像（赤外線）



写真 14 高度 100m からの撮影画像（可視）

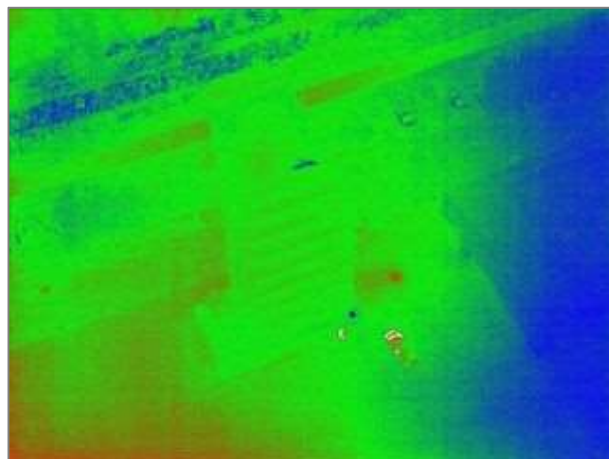


写真 15 高度 100m からの撮影画像（赤外線）

撮影した映像等に対する影響は、可視については高度にかかわらず鮮明に記録することができた。しかしながら、赤外線については、機体と撮影対象物の間で降っている雨滴の影響により、晴天時のような鮮明な映像等を撮影することができなかった。

また、飛行については雨による影響は特に感じることはなく、高度にかかわらずドローンの機体は安定していた。しかし、約 15 分間の飛行後にプロペラと機体ローターの接続部分を確認したところ、隙間に水滴が入り込んでいることを確認した。前述のとおり、ドローンの機体は一応の防水機能（保護等級 IP43：防雨型）を有していることから、春期～秋期の暖かい時期の場合はこの水滴が飛行に大きな影響を与えることはないと考えられるが、冬期（寒冷期）の場合は水滴が氷結する可能性がある。氷結すると体積が大きくなることから、微小ではあるがプロペラ部分に亀裂等の損傷を与える可能性は否定できない。



写真 16 飛行後のプロペラ周辺の状況



写真 17 プロペラ取外し後の状況

そこで、冬期の屋外（気温： -5°C ）においてドローンを約 15 分間飛行させ、飛行中及び飛行後のモーター周辺の温度状況について赤外線カメラ（FLIR 社製：CPA-T540W）を用いて観察することにした。

赤外線カメラにより撮影したモーター周辺の温度状況を、写真 18～写真 20 に示す。



写真 18 飛行中のドローンの温度状況

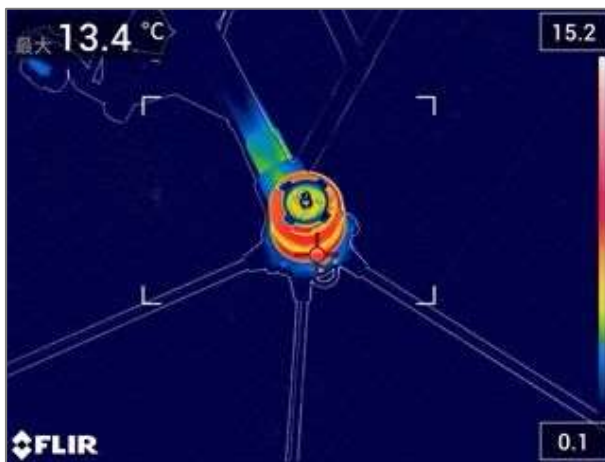


写真 19 飛行後のモーター周辺の温度状況

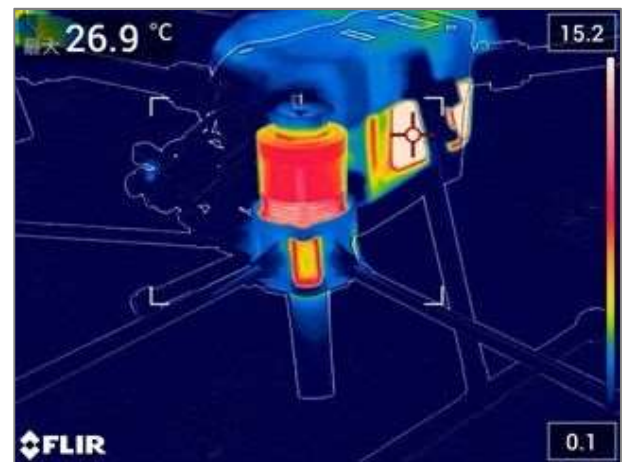


写真 20 飛行後のモーター周辺の温度状況

赤外線カメラによる観察の結果、飛行中はモーターの回転に伴う発熱によりモーター周辺温度は 15℃以上を維持していることが確認できた。また、着陸後にプロペラを外し、雨天飛行時に雨滴の付着を確認した軸受部周辺の温度状況を確認したところ、当該部分についても 10℃以上の温度であることが確認できた。以上のことから、寒冷期の降雨時の飛行により、飛行中にモーター部分が凍結する可能性は低いと考えられる。

なお、着陸後はモーターの回転停止に伴い発熱が停止することから、寒冷期における着陸後の機体の取扱いとして、機体に付着した水滴をエアダスターで除去する、暖かいところで機体を保管するなど、万が一の凍結を未然に防ぐための処置が必要となる点に留意されたい。

ウ 降雪・積雪環境下での検証

(ア) 小雪環境下における実飛行検証

湿った雪が弱く降っていた日（気温 0℃）にドローンを実際に飛行させたところ、映像は可視・赤外ともに肉眼と変わらないレベルで良好に撮影することができた。また、飛行も安定しており、着雪等も確認できなかった。

実際に撮影した映像等（可視及び赤外線。1 倍。）を写真 21 及び写真 22 にそれぞれ示す。



写真 21 ドローンカメラによる可視画像

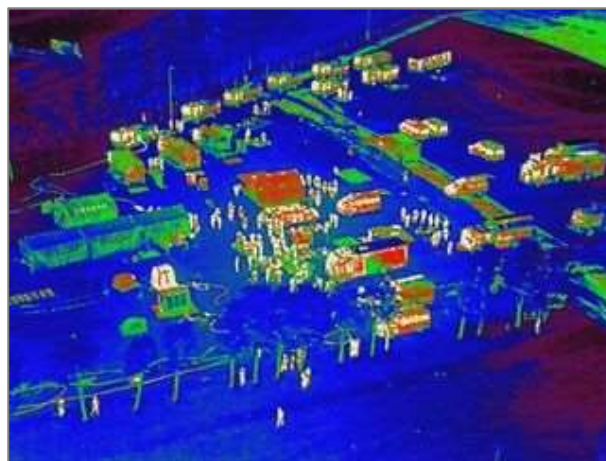


写真 22 ドローンカメラによる赤外線画像

(イ) ドローンカメラ映像に対して降雪が及ぼす影響（大雪時）

今回の検証期間中は、大雪環境下でのドローンの飛行は安全を考慮し実施していないが、大雪環境下のドローンカメラ映像の有効性については、屋内にドローンを据え置いた状態で撮影することにより検証を実施している。今回は、ドローン据置場所から約 80m 先にて人間を直立・歩行させ、その様子を撮影することとした。なお、当日の有視界は 100m 以下と思われる。

検証の実施状況を写真 23 及び写真 24 に、実際に撮影した映像等（可視及び赤外線。1 倍。）を写真 25 及び写真 26 にそれぞれ示す。



写真 23 検証の様子



写真 24 当日の降雪状況（デジタルカメラ）



写真 25 ドローンカメラによる可視画像

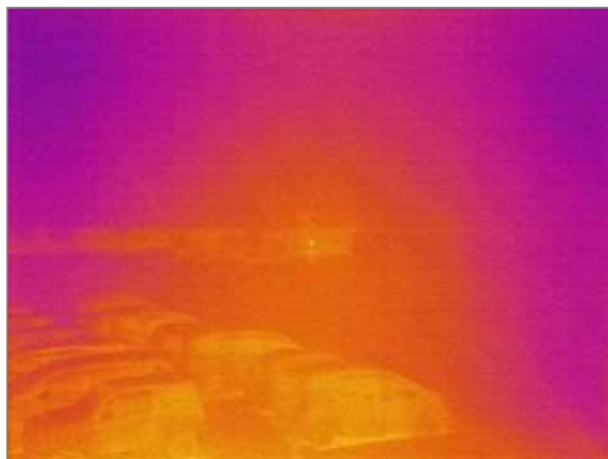


写真 26 ドローンカメラによる赤外線画像

検証の結果、約 80m 先で直立している人間を見つけることは、非常に困難であると考えられる。この理由は、降雪によりすべてのものがグレースケール（白黒調）に見えること（可視）、また、着衣により頭部以外の部分が周囲と同様の色調に見えること（赤外線）が挙げられる。

また、約 80m 先を歩行している場合は、人間と認識することはできないが何らかの物体が移動していることは認識することができた。

なお、倍率を拡大しても視認性が上がることはなく、見え方に変化はなかった。また、時間経過とともに当初は赤外線映像等により認識できた頭部が冷却により認識できなくなる様子も確認できた（当日の気温： -2°C ）。

4 まとめ

(1) 地上での風速測定結果から上空での風速を推測するための実測及び調査

実測の結果、地上高 1m で平均風速が 5m/s 以上を測定した日は、地上高 35m で瞬間最大風速が概ね 12m/s 以上となっていた。配備となったドローンは最大風圧抵抗が 12m/s となっていることから、地上高 35m 以下で飛行させる場合には「平均風速 5m/s 以下」が一つの目安になると考えられる。

また、文献調査の結果、「風速のべき乗則」という経験則に基づく数式が、地上平均風速から上空の平均風速を推定するうえでの一つの目安として活用できると考えられる。ただし、上空での瞬間最大風速はこれにより算出された上空の平均風速よりも大きな値となる可能性が高いことに留意する必要がある。

さらに、他本部の運用の実態調査については、2 本部に視察調査を行ったところであり、いずれの本部も地上での瞬間最大風速 5m/s 以上、災害時は地上での瞬間最大風速 10m/s 以上の場合は飛行しない旨の取り決めをしているとともに、ドローンの送信機に表示される強風警告（※風速 10m/s 以上で警告表示）にも注意を払いながら、危険を察知した場合には直ちに地上へ降下させるよう運用しているとのことであった。

これらのデータを参考としながら、風速による飛行可否について判断していくことが望ましい。

(2) 各風速環境下におけるドローンの飛行可能時間の比較

強風時の飛行の際は機体の位置・高度の制御のために無風時よりも余分に電力を消費することにより飛行可能時間が短くなると想定していたが、強風下であっても飛行可能時間に極端な違いは見られず、基本性能を十分に発揮できる可能性が高いと考えられる。

また、最大風圧抵抗（12m/s）を超える瞬間風速 16m/s の風を機体が受けた際、機体が流されることはなかったが、通常よりも大きな機体の傾きや揺れを確認することができた。そのような揺れや傾きを現認した場合には、安全を考慮し速やかに飛行中止の判断を下したほうが良いと考えられる。

本検証は、ドローンが横から風を受けた場合の飛行可能時間の違いや挙動について検証したものであるが、ビル群や山岳地域等では横風だけではなく上下方向からも風を受ける場合がある。その場合の挙動については本検証では確認していないが、横風と同様、機体が不規則な挙動を示した場合には早期に着陸させるなどの事故防止対応をとる必要がある。

(3) 降雨・降雪環境下における飛行の際の機体及び映像への影響に関する調査・検証

他都市での運用の実態調査の結果、降雨時は原則飛行させないとのことであり、降雪・積雪時に関しては特段取り決めをしていない旨聴取している。

また、降雨に関しては、飛行可否条件である「10mm/h の降雨」という雨の強さ（降り方）について気象庁ホームページから情報収集を行っている。また、10mm/h 未満の降雨量と判断できた日に実際に飛行させたところ、撮影映像（可視）については特に影響はなかったが、撮影映像（赤外線）については鮮明な映像を得ることはできなかった。これは機体と撮影対象物の間に降る雨滴が影響していると考えられる。飛行についても特に影響は感じられなかったが、寒冷期にあつては雨滴の処理や機体の保管場所等を考慮し、プロペラやローター部分に付着した雨滴の凍結防止に留意する必要がある。

降雪時に関しては、小雪環境下（湿った雪が弱く降っていた日（気温 0℃））にドローンを実際に飛行させたところ、映像・飛行ともに影響はなく着雪も確認できなかった。しかし、ユーザーマニュアル²⁾では「降雪時は原則飛行させないこと」との記載があるため、降雪時の飛行については慎重に判断しなければならない。有視界が不良となるような大雪環境下では、飛行はさせず映像に対する影響についてのみ検証したが、可視・赤外線のいずれの映像も不鮮明なものとなり、仮に飛行することができたとしても映像を十分に活用することはできないと考えられる。

5 参考資料

- 1) 「免責事項および安全に関するガイドライン（MATRICE200 シリーズ）」株式会社 DJI
- 2) 「ユーザーマニュアル（MATRICE200 シリーズ）」株式会社 DJI
- 3) 「理科年表オフィシャルサイト ～風速の最大記録～」 自然科学研究機構 国立天文台 編
https://www.rikanenpyo.jp/kaisetsu/kisyo/kisyo_011.html

情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について

(その4 必要資機材の検討)

札幌市消防局消防科学研究所	的 場 敦 史
	川 内 健太郎
札幌市消防局警防部消防救助課	曾 根 敏 夫
	細 野 智 博

1 はじめに

当局では、平成 31 年（2019 年）3 月末に総務省消防庁から緊急消防援助隊の無償使用物品として情報収集活動ドローン（DJI 社製 Matrice210。以下「ドローン」という。）が配備され、今年度においては当該ドローンの性能や活用方法等について調査・研究を実施し、当該結果をもってドローンの配備先及び運用方法を検討することとしている。

本稿では、調査及び研究によるドローンの実飛行や各消防本部への聞き取り等を通じて必要性及び有効性があると認められた資機材（以下「必要資機材」という。）について報告する。

2 必要資機材

(1) 収納ケース（資器材用・バッテリー用）

収納ケースについては機体収納用が無償貸与されているが、プロペラガード、予備バッテリー、送信機（プロポ）その他の資器材（約 20 種類）の収納ケースについては貸与されていない。現状では、納品時の梱包用段ボールをそのまま使用しているところであるが、内部には緩衝材がなく収容した資機材が動いてしまい資機材の損傷危険がある。また、段ボールそのものの強度も不足し、資機材搬送中の底抜けによる損傷危険がある。このことから、十分な強度を有し、かつ、内部に緩衝材を有する資器材用収納ケースについて、導入を検討すべき資機材として抽出した。



写真1 現在のドローン資機材保管状況

また、『情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について（その１ バッテリー性能の検証）』において記載したとおり、バッテリーの管理・保温のためには、保温性能を有する収納ケースの作成（購入）など何らかの対策が必要となる。このことから、十分な保温性能を有するバッテリー用収納ケースについても、導入を検討すべき資機材として抽出した。

(2) 可搬型衛星地球局

『情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について（その２ 映像伝送手法の検討）』において記載したとおり、大規模災害時には、通信キャリアの被害状況によらず安定的に伝送できる可搬型衛星地球局が有効な手段の一つとなる。

今後の大規模災害時の運用にあたっては、ドローンと可搬型衛星地球局を同時に搬送することも想定されることから、導入を検討すべき資機材として抽出した。

(3) 動画伝送アプリ「Media-Rey Pro」

『情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について（その２ 映像伝送手法の検討）』において記載したとおり、現在当局警防部消防救助課で保有している携帯端末にインストールされている動画伝送アプリ「Media-Rey」のバージョンでは、ドローンとの間にソフトの互換性がなく、映像の伝送ができないことが判明している。

今後、ドローン映像を伝送するために動画伝送アプリ「Media-Rey」を使用する場合には、ドローンとの互換性を有する上位バージョンである「Media-Rey Pro」のインストールが必要となることから、導入を検討すべき資機材として抽出した。

(4) 変換アダプタ

『情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について（その２ 映像伝送手法の検討）』において記載したとおり、当局等で既にシステムの構築がなされており、かつ、無線による映像伝送が可能である「可搬型衛星地球局」及び「動画伝送アプリ Media-Rey」並びに他消防本部で運用している「無線中継車」を用いて映像伝送を実施する場合には、いずれも変換アダプタが必要となることから、導入を検討すべき資機材として抽出した。

表１ 各映像伝送を実施する際に必要となる変換アダプタ

	可搬型衛星地球局	動画伝送アプリ Media-Rey	無線中継車
名 称	映像変換コンバーター (HDMI-RCA)	UVC 変換アダプタ (HDMI)	ミニ HDMI 変換アダプタ
概 要	HDMI-A 端子 (メス) RCA 端子 (メス)	HDMI-A 端子 (メス) USB-A 端子 (メス)	HDMI-A 端子 (オス) HDMI-C 端子 (メス)



写真2 変換アダプタ
(可搬型衛星地球局用)



写真3 変換アダプタ
(動画伝送アプリ Media-Rey 用)



写真4 変換アダプタ
(無線中継車用)

(5) 風速計

『情報収集活動ドローンに係る調査及び研究について（その3 運用可否条件に対するドローンの能力確認）』において記載したとおり、ドローンの飛行の可否を判断する際には、地上高 1m で平均風速が 5m/s 以下となっていることが一つの目安になると考える。そのため、ドローン運用隊の他、災害現場においてドローン運用隊の増強要請を判断する隊にも、風速計を配備することが望まれることから、導入を検討すべき資機材として抽出した。

(6) 机（作業用・映像確認用モニター設置用）

配備された机については、机上においてドローンの組立作業を行うことや映像確認用モニターを設置するために使用しているが、机上の面積が不足しており、作業時や設置時にすべての資機材を机上に載せることができない。また、重量不足のため接触や強風による転倒危険もあることから、現在は机を使用せず、地面に毛布を敷き、毛布上にて作業を実施している。この場合、映像確認用

モニターを設置する場所がなく、雨天時、積雪期その他路面環境が不良の際には作業が困難となる。

このことから、作業・設置のために十分な面積を有し、かつ、容易に転倒しない程度の重量・強度を有する新たな机について、導入を検討すべき資機材として抽出した。



写真 5 配備された机
(幅 940mm×高さ 750mm×奥行 760mm)



写真 6 積雪期におけるドローン組立状況

(7) 映像確認用高輝度モニター

配備された映像確認用モニターについては、本来は屋内で使用することを前提としたものであり、屋外で使用了場合には太陽光の反射により十分な明るさを得ることができず、現場指揮本部等での映像の確認が困難な場合がある。

このことから、屋外でも十分な明るさを保持し、映像の確認も容易となる高輝度モニターについて、導入を検討すべき資機材として抽出した。



写真 7 高輝度モニター（例）



写真 8 配備された映像確認用モニター

(8) ドローン隊員明示用ベスト

『無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン』（国土交通省航空局作成）が令和元年 8 月 23 日に一部改正され、操縦者及び補助者は無人航空機の飛行を行う関係者であることが容易に分かるような服装（ベスト等）を着用しなければならない旨の追記があった。本件は法令化されているものではないが、無人航空機の飛行を行う関係者であることを一般市民や消防職員等に周知し、操縦者及び補助者の安全の確保を図る必要があると考えられることから、導入を検討すべき資機材として抽出した。



写真 9 ドローン隊員明示用ベスト（例）

(9) ズームカメラ

配備されたドローン用カメラの場合、8 倍までのデジタルズームが可能となっているが、デジタルズームを使用すると画質が劣化し、通常時（ズームなし）よりも不明瞭な映像となる。

このことから、視察調査を実施した道外に所在する消防本部 A 及び消防本部 B の 2 本部では、以下のズームカメラを導入済みであった。当該ズームカメラの場合、最大 180 倍（光学ズーム 30 倍×デジタルズーム 6 倍）までのズームが可能である。具体的な事例としては、上空 100m から数 km 先を走行中の車両のナンバーが判読できるレベルとのことであった。また、消防本部 B では、消防本部庁舎から数 km 先で発生した火災において、消防本部庁舎からドローンを離陸させ、ズームカメラにより情報収集を行った事例があるとのことであった。このように、ズームカメラを使用することにより災害現場に近づかなくとも安全に情報収集をさせることが可能となる。

また、火災現場上空において当局に配備されたドローンを飛行させた際、操縦位置から火点上空の輻射熱の状況が判断できず、受熱による機器損傷等はなかったものの必要以上に火点に機体を近づけさせた事例があった。操縦をする者にとっても、機器損傷や墜落のリスク（＝精神的不安要素）を軽減できる資機材であると感じたことから、導入を検討すべき資機材として抽出した。

表2 ズームカメラと配備されたドローン用カメラの比較

	ズームカメラ	配備されたドローン用カメラ
名 称	DJI 社製「Zenmuse Z30」	DJI 社製「Zenmuse XT2」
ズーム	光学ズーム 30 倍 デジタルズーム 6 倍	デジタルズーム 8 倍
赤外線 カメラ	なし	あり

3 まとめ

以下の(1)～(9)の物品について、今後の必要資機材として抽出した。購入・管理換えについては、必要に応じて関係各課と調整することとしたい。

- (1) 収納ケース（バッテリー用）
- (2) 可搬型衛星地球局
- (3) 動画伝送アプリ（通信機器を含む）
- (4) 変換アダプタ（映像伝送用）
- (5) 風速計
- (6) 机（作業用・映像確認用モニター設置用）
- (7) 映像確認用高輝度モニター（屋外用）
- (8) ドローン隊員明示用ベスト
- (9) ズームカメラ

水力換気による換気効果の検証について

札幌市消防局消防科学研究所 川 内 健太郎

高 玉 通 廣

的 場 敦 史

札幌市豊平消防署警防課消防二係 松 花 将 克

1 はじめに

火災現場で排煙・排熱に用いられる換気方法は、機器の使用の有無に着目した場合、自然換気と強制換気がある。強制換気には、ブロアーや送排風機等の機械を使用する方法の他、ノズルを用いた放水による換気方法がある。

噴霧注水による換気方法については、既に排煙効果の検証がされており、ノズル圧力が同一の場合、放水角度が小さいほうが放水時の風量が多く排煙効果が大きいことが分かっている^{1)~3)}。ただし、これらの検証は吸気側開口部（以下「吸気口」という。）側から室内へ放水し排気側開口部（以下「排気口」という。）側へ押し付けるように排気をしており、排気口から屋外へ放水し換気を行う方法（以下「水力換気」という。）では実施されていない。

水力換気は、放水ノズルを使用して行うことができることから、各水槽隊が実施することが可能な換気方法であるが、その効果について検証された例は多くはない。そこで今回は、水力換気の効果を検証するため、ガンタイプノズルを用いた放水を行い、各測定・記録を行った。

なお、本検証は豊平消防署の発案により、消防科学研究所と合同で実施したものである。

2 水力換気とは

水力換気は、Hydraulic Ventilation³⁾やFog Nozzle Ventilation⁴⁾と呼ばれ、室内から屋外へ放水することにより室内の空気を強制的に排出し、室外から空気を吸気するものである。放水は、換気をする部屋に進入し排気口から屋外へ向かって行う。排気口枠内を放水が満たすようにノズル角度を調整する。放水により屋外へ室内の空気を排出するとともに、汚染された室内の空気をノズル後方に生じる低圧域に吸い込ませ換気をする。消火活動に使用するホースと放水ノズルの他に機器を必要とせず、排煙・排熱に有効である一方、室内の火勢がコントロール下になれば高温・有毒なガスを放水する隊員の方へ引き寄せてしまうことや、水源が必要であること、水損の恐れがあること等、活動上留意しなければならないこともある。

3 実施日等

実施日：令和元年12月5日（木）

場 所：札幌市消防学校 訓練本塔2階及び3階

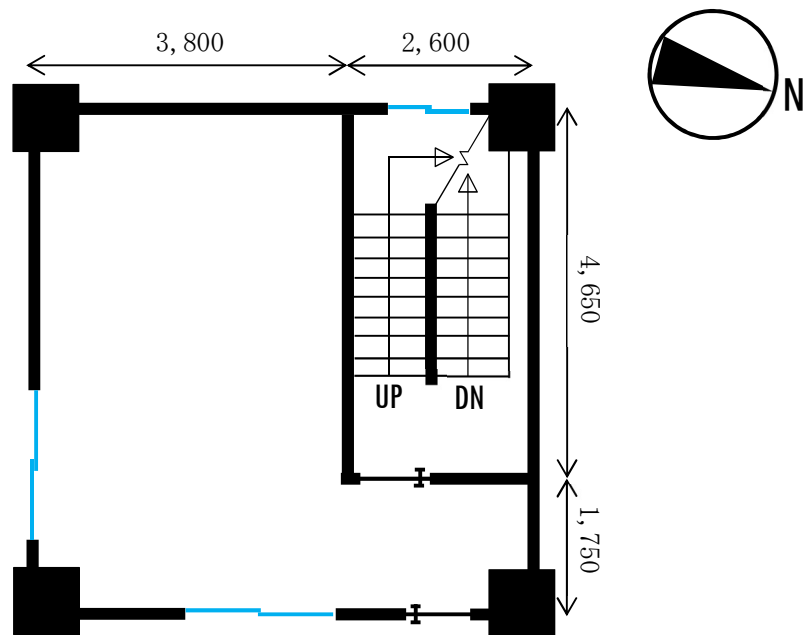


図1 訓練本塔2階及び3階平面図（単位：mm）

4 検証概要

水力換気の効果を検証するため、以下の測定を行った。なお、放水には当局各水槽隊に配備されているガンタイプノズル（東京サイレン株式会社製：NM-V ガンタイプノズル TS-0501S）（写真1）を用いた。換気効果の指標として、吸気口に風速計（株式会社マザーツール製：AM-4207SD）（写真2）を設定し風速を測定した。

(1) ノズルと排気口の距離及び放水量の違いによる換気効果の比較

水力換気時のノズルから排気口までの距離（以下「放水距離」という。）が換気効果に及ぼす影響を検証するため、放水時の吸気口風速を測定し比較する。

(2) 屋外から水力換気を実施した際の換気効果の検証

一般的に水力換気は屋内から屋外へ向かって放水をするが、屋外から室内を貫通するように放水する事によっても水力換気効果が認められるのか、検証する。

(3) 吸気口と排気口が異なる階に存する場合の換気効果の検証

水力換気の効果は、吸気口と排気口が異なる階に存する場合においても認められるのか、検証する。



写真1 ガンタイプノズル



写真2 風速計

5 測定内容

(1) ノズルと排気口の距離及び放水量の違いによる換気効果の比較（測定1）

図2に示す設定状況及び表1の設定条件により、吸気口に設定した風速計で風速を測定する。

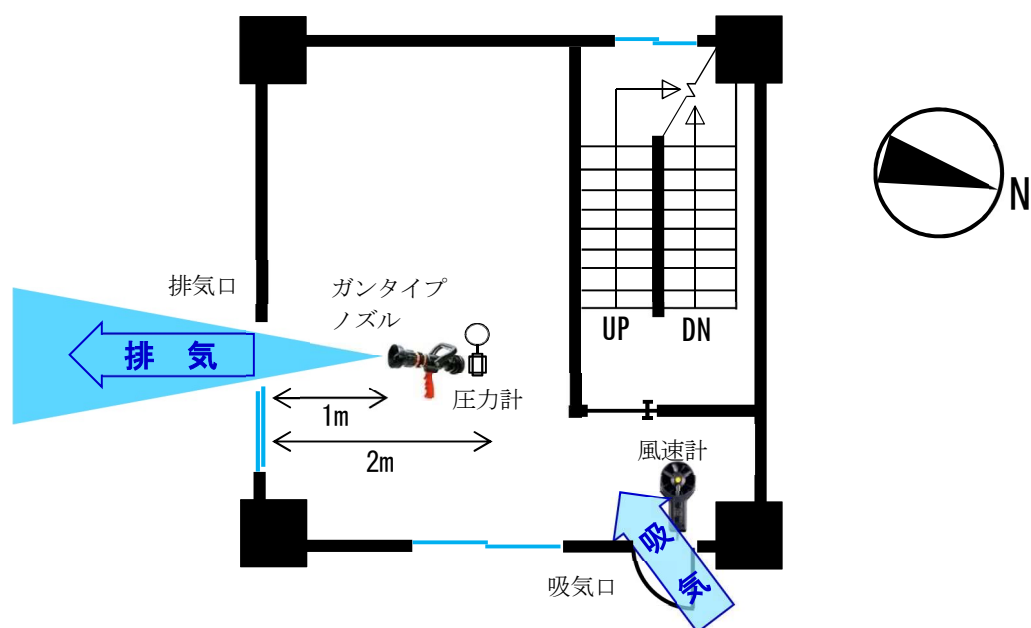


図2 設定状況（訓練本塔2階）

表1 設定条件

項目	設定条件
放水距離	1m、2m
放水角度	窓枠内一杯に収まるように調整する
放水量 [l/min]	125、240、345、450 (流量切替ダイヤルにより選択、ノズル入力圧力は0.5MPaに調整)
開口部 及び 風速計	排気口：南側窓（幅90cm×高さ120cm） 吸気口：東側扉（幅85cm×高さ180cm） 風速計設定位置：吸気口中央



写真3 風速計（吸気口閉止状態）

(2) 屋外から水力換気を実施した際の換気効果の検証（測定 2）

図 3 に示す設定状況及び表 2 の設定条件により、吸気口に設定した風速計で風速を測定する。

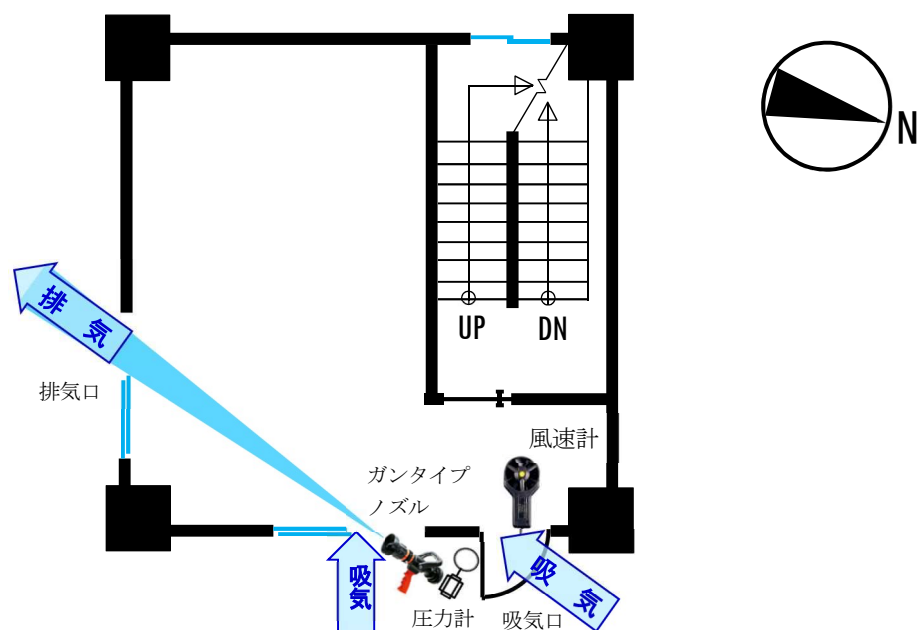


図 3 設定状況（訓練本塔 2 階）

表 2 設定条件

項目	設定条件
放水位置	東側窓屋外側ベランダ
放水角度	排気口（南側窓）窓枠内一杯に収まるように調整する
放水量 [l/min]	345 (流量切替ダイヤルにより選択、ノズル入力圧力は 0.5MPa に調整)
開口部 及び 風速計	排気口：南側窓（幅 90cm×高さ 120cm） 吸気口：東側扉（幅 85cm×高さ 180cm） 東側窓（幅 90cm×高さ 120m） 風速計設定位置：吸気口（東側扉）中央

(3) 吸気口と排気口が異なる階に存する場合の換気効果の検証（測定 3）

図 4 に示す設定状況のとおり、表 3 の設定条件により、3 階吸気口及び 2 階階段室扉に設定した風速計で風速を測定する。

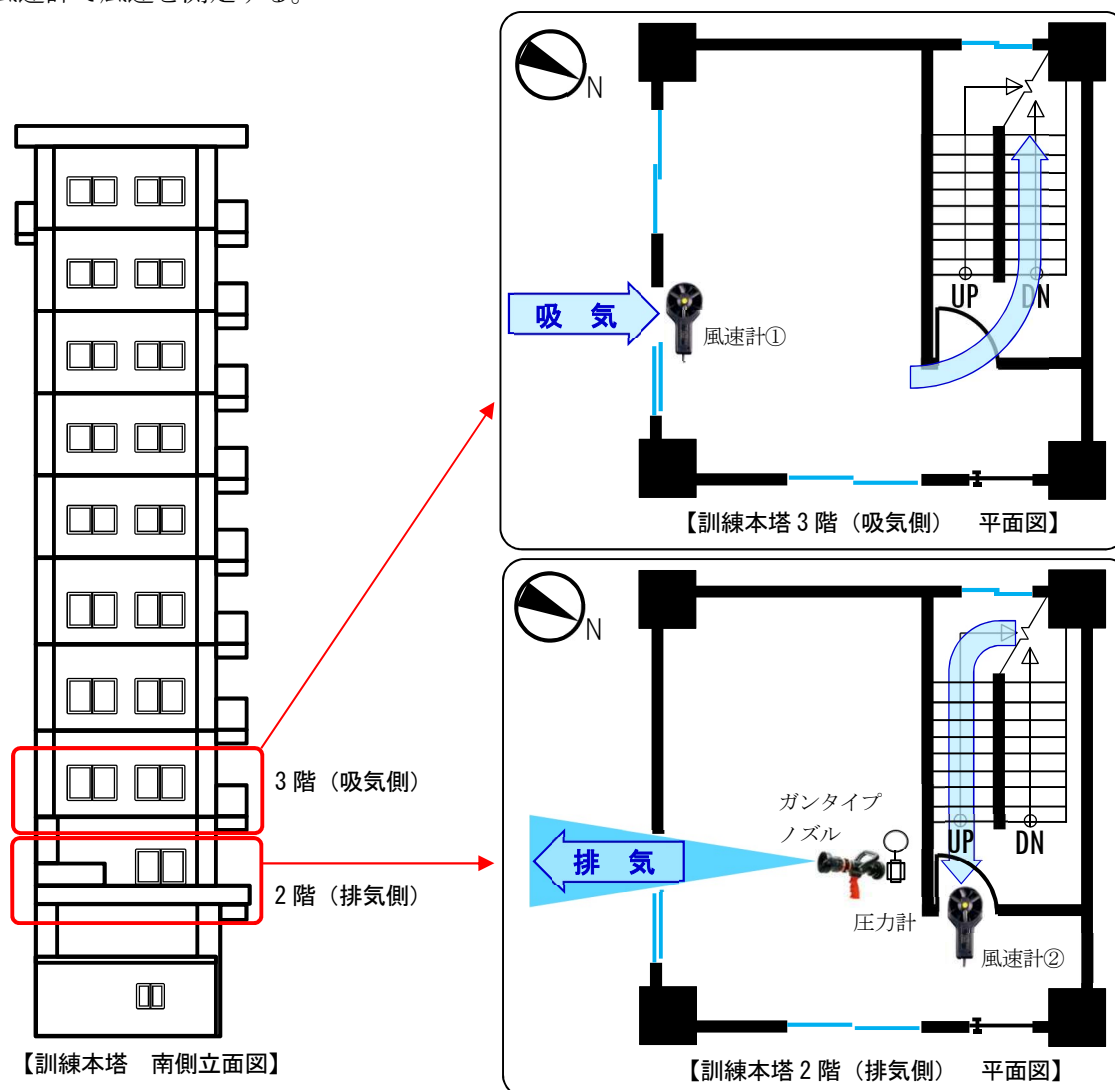


図 4 設定状況（訓練本塔 2 階及び 3 階）



写真 4 風速計①



写真 5 風速計②

表 3 設定条件

項目	設定条件
放水位置	2 階排気口（南側窓）から 2m の位置
放水角度	排気口（南側窓）窓枠内一杯に収まるように調整する
放水量 [l/min]	345 (流量切替ダイヤルにより選択、ノズル入力圧力は 0.5MPa に調整)
開口部 及び 風速計	排気口：2 階南側窓（幅 90cm×高さ 120cm） 吸気口：3 階南側窓（横 90cm×高さ 120cm） 風速計設定位置：風速計① 吸気口（3 階南側窓）中央 風速計② 2 階階段室扉（幅 85cm×高さ 180cm）中央

6 測定結果

(1) ノズルと排気口の距離及び放水量の違いによる換気効果の比較（測定 1）

表 1 に示す設定条件ごとの測定結果（平均風速）を表 4 に示す。

表 4 平均風速（測定 1）

放水距離 放水量(l/min)	排気口から 1m	排気口から 2m
125	2.8	2.4
240	3.7	4.7
345	4.6	5.1
450	4.6	5.1

（単位：m/s）

125l/min での放水時を除き、排気口から 2m の位置から水力換気を行った場合の方が吸気口の平均風速が速い。

放水量が多くなるとともに風速は早くなるが、345l/min と 450l/min の場合は平均風速が同じ結果となった。



写真 5 放水の状況

- (2) 屋外から水力換気を実施した際の換気効果の検証（測定 2）
測定結果（平均風速）を表 5 に示す。

表 5 平均風速（測定 2）

放水量(l/min)	風速 (m/s)
345	1.8

風速計を設定するため東側扉を開放し、屋外から放水するため東側窓も開放していたため、吸気口は 2 箇所あった。その結果、吸気口を東側扉 1 か所に設定して実施した測定 1 の結果と比較すると、吸気口の平均風速は低い値となった。



写真 6 放水の状況

- (3) 吸気口と排気口が異なる階に存する場合の換気効果の検証（測定 3）
測定結果（平均風速）を表 6 に示す。

表 6 測定結果（平均風速）

放水量(l/min)	風速計①	風速計②
345	4.3	3.1

（単位：m/s）



写真 7 水力換気実施の状況

2 階で屋外へ放水した結果、風速計①で測定した 3 階吸気口の平均風速は 4.3m/s であった。

3 階吸気口と 2 階排気口の間に位置する 2 階階段室扉に設定した風速計②で測定した平均風速は、3.1m/s であった。

7 考察

(1) 排気口までの距離の違いによる換気効果の比較

測定 1 により、125l/min での放水を除き、放水距離が 1m よりも 2m の場合の方が吸気口の平均風速が速かった。これは、放水距離 2m の方がノズルの放水角度が小さくなったためであると考えられる。噴霧放水時においては、東京消防庁¹⁾³⁾及び本市消防局消防科学研究所²⁾により、放水角度が小さいほうが放水により生じる風量が大きくなり換気効果が高くなることが示されているが、水力換気においても、放水角度が小さい方が換気効果が高くなることが考えられる。

(2) 放水量の違いによる換気効果の比較

測定 1 により、放水量が大きくなるほど吸気口風速が大きくなる傾向が認められ、放水量が多い程排煙効果が高くなることが考えられる。また、放水量が 345l/min と 450l/min の場合は平均風速が同じ結果となったが、これは、使用するガンタイプノズルの流量特性⁶⁾上、流量切替ダイヤルにより流量が多くなるほど放水時の最大射程は大きくなる（表 7）が、その射程の伸び方は流量切替ダイヤルが 345 から 450 になる際には少し小さくなり、このことが影響していることが考えられる。また、本検証は屋外の風速の影響を受けたことも考えられる。

表 7 ガンタイプノズル流量特性

流量調整 ダイヤル位置	125	240	345	450
最大射程 (m)	約 22	約 25	約 28	約 30

(放水時の最大射程 (圧力 0.5MPa))

(3) 屋外から水力換気を実施した際の換気効果の検証

測定 2 により、屋外（室外）から水力換気を試みた結果、一定の換気効果を認めることができた。開口部のレイアウトが、水力換気のため室内を貫通して放水することができる配置である場合には、有効に水力換気をできることが確認できた。

(4) 吸気口と排気口が異なる階に存する場合の換気効果の検証

測定 3 により、風速計①を設定した 3 階吸気口の方が、風速計②を設定した 2 階階段室扉よりも平均風速が速かった。これは、風速計①を設定した 3 階吸気口は高さ 120cm×幅 90cm、風速計②を設定した 2 階階段室扉は高さ 180cm×幅 85cm であり、開口部の面積が、影響していることが考えられる。吸気口と排気口が異なる階に存する場合においても、水力換気の換気効果を認めることができた。

8 おわりに

本検証では、水力換気の換気効果について、風速を測定することで確認することができた。また、検証を進めていく中で、水力換気のメリットとして、①排気口が明確であること、②排気口以外の開口部は吸気口となること、について実感した。このことは、水力換気時の建物内の気流の方向・流れを把握する上で有効であると考ええる。水力換気を実施する上では、高温の室内へ進入し実施することが困難であること、水源が必要であること、水損への配慮が必要であることといった、留意しなければならない点があるが、条件が揃えば、消防活動上有効に効果を発揮することが考えられる。

【参考文献】

- 1) 坂本利行、吉村延雄、赤坂浩 著、東京消防庁消防科学研究所報 36 号、「噴霧放水時に生じる風量の測定結果について」、1999 年
- 2) 橋本好弘 著、札幌市消防科学研究所報 No7 2000、「噴霧注水による排煙効果に関する研究」、2001 年度
- 3) 持丸洋平・藤枝浩史・仙田健太郎・佐藤良行・町井雄一郎 著、消防技術安全所報 50 号、「各種ノズルを用いた排煙効果の検証」、2018 年度
- 4) International Association of Fire Chiefs and National Fire Protection Association、「Fundamentals of fire fighter skills third edition」、2014 年、JONES&BARTLETT LERNING
- 5) Stefan Svensson、「Fire Ventilation」、2005 年、Stefan Svensson and the Swedish Rescue Services Agency
- 6) 株式会社東京サイレンホームページ：
http://www.tokyo-siren.co.jp/tokyosiren2011hp/pdf/detail/500_t_s.pdf

情報提供

職員からの要望に基づき実施した研究等について

当研究所では、「市民や消防職員が抱える実務課題を解決するための研究開発」を第一に、科学的・論理的に解明すべきテーマを選定し、研究・開発・検証（以下「研究等」という。）を行っている。

また、災害事例等から必要と思慮される情報について、当局職員専用ホームページ「WEB北の鐘」への資料の掲載、札幌市公式ホームページへの火災再現実験動画等の投稿など、市民や消防職員に対し情報提供を行っている。

これらの他、当局局内の各部（署）からの依頼に応じて、予防業務や警防活動において検討を要する事項の検証実験の実施、火災予防啓発用・研修用動画資料の作成等の支援や協力を行っているところである。

当研究所では、毎年、当局局内の各部（署）に対し研究テーマの要望調査を実施しており、令和元年度は4件の要望が寄せられ、共同して研究等を実施した。

本稿では、それらの研究等の概要を紹介する。

1 火災室内における高温熱気や煙などの気流の変化の可視化

(1) 依頼内容

火災防御活動は、吸気側から内部進入して燃焼実態へ注水し、高温熱気や煙などは排気側から排出することを基本とし、吸排気口を設定した注水技術の向上が不可欠である。また、吸排気口が消防隊進入口の1か所のみの場合については、進入隊へ高温熱気や煙が吹き返す危険性があり、その対処方法を研究する必要がある。

消防科学研究所では、平成23年から平成26年にかけて、既存施設を活用した訓練・研究設備の開発（改良）を行い、スモークマシンやバーナーを用いた簡易的な実火災型訓練の実施に至っている。当該技術を応用し、火災室内における高温熱気や煙などの気流の変化を可視化することで、所属訓練への活用が可能となるか検証したい。

- ① 既存施設を活用した「火災熱による吸排気や中性帯」「注水時の吹き返し」など、高温熱気の気流を可視化できないか検証したい。
- ② ①の状況を、既存施設を使用して「熱源を極力使用しない状況で再現」する手法について検討したい。（所属研修において容易に活用できるものとして）
- ③ ①及び②で「気流の可視化」が可能な場合、当該訓練環境において注水手法を研究したい。

(2) 実施状況

高温熱気の気流の可視化（上記①関係）については、木材等の可燃物の実燃焼や、発煙筒の活用など、様々な手法により気流の可視化を試みた結果、今回は既存施設である耐熱訓練ユニット（旧名称：実火災型訓練施設）において、バーナーによる熱気とスモークマシンによる疑似煙を活用することにより生じる「逆中性帯」現象を利用し、可視化することとした。

なお、「逆中性帯」現象とは、「中性帯を境目に上部が視認性の良い（視界がクリアな）高温層、下部がスモークマシンの疑似煙が充満する低温層となり、視認状況が火災等の燃焼現象と逆転する現象」として、当局が独自に定義したものである。

（※詳細は、「札幌市消防局消防科学研究所報 No. 21（2014）」139ページ～140ページ参照）

また、熱源を極力使用しない状況下での気流の可視化（上記②関係）については、各所属での研修等において容易に実施できることを目的として検討した。気流自体は、温度の異なる2室間の間仕切り（扉など）を開放することで容易に生じることから、冷暖房により2室間の温度差を形成するとともに、スモークマシンの疑似煙を活用することにより気流の可視化を試みたが、火災等の燃焼現象時よりも温度差（圧力差）が小さいため、気流は生じているものの中性帯が形成されず、今回の検証では火災等の燃焼現象で生じる気流の流れや中性帯を再現するには至らなかった。

さらに、注水手法の検証（上記③関係）については、耐熱訓練ユニット内においてバーナーとスモークマシンにより「逆中性帯」を形成したうえで、空間冷却を想定したスポット注水、消火を目的とした棒状ストレート注水など、様々な想定のもとで注水を実施し、それぞれの注水が室内環境に与える影響について測定した。

測定については、ビデオカメラ及び赤外線カメラによる映像撮影と、K熱電対による温度変化を記録した。また、それぞれのデータを依頼元へ情報提供している。



写真1 耐熱訓練ユニット（外観）



写真2 バーナーの作動状況



写真3 「逆中性帯」現象の発生状況



写真4 注水方法に係る検証実施状況

2 ウォーターハンマーが元ポンプに与える影響について

(1) 依頼内容

近年、消火活動を行ううえで「3D フォグ注水」や「スポット注水」（火点室の冷却を主眼とし、高速でガンタイプノズルを開閉する断続的な注水）と呼ばれる手法がよく話題に挙がり、署として研究を行う例もある。火点室の温度を効率的に下げフラッシュオーバーを抑制する観点から非常に有益な手法だが、ガンタイプノズルを高速で開閉する都度ウォーターハンマーが発生し、元ポンプへの負担はかなり大きいと考えられる。実際にどの程度ポンプに影響があるのか調べてみたが、そもそもウォーターハンマーの危険性については筒先圧の異常上昇が挙げられるばかりで、ポンプに与える影響についてはあまり資料がない。

このことから、消防科学研究所で先行研究など資料収集し、ウォーターハンマーの発生機序（この行動を行った場合、この程度のウォーターハンマーが発生する等）及び懸念される影響について情報提供してほしい。

(2) 実施状況

情報収集を実施した結果、先行事例及び上記のウォーターハンマーの発生機序に係る文献については確認できなかった。このことから、ガンタイプノズルを急激な操作で開閉することにより懸念される影響について、当局総務部施設管理課に協力を依頼し、ポンプ製造元に問い合わせた。

その結果、ガンタイプノズル及び各放水口（以下「ガンタイプノズル等」という。）のレバーをポンプ稼働中に急激に開閉すると、ガンタイプノズル等のボールコック、ポンプ内のインペラー接続部に高い負荷がかかることから、これを実施した場合には、ガンタイプノズル等のボールコックの破損、ポンプの故障、ポンプ寿命の短縮などが懸念されることがあった。

ポンプ製造元からの回答を踏まえると、「3D フォグ注水」や「スポット注水」に限らず全ての注水時において、ガンタイプノズルの急激な開閉操作には機器損傷のリスクがあると考えられる。また、そのリスクを理解したうえで各種注水技術の向上を図る必要があると考えられる。

情報収集結果に上記の見解を添え、依頼元に情報提供している。

3 水力換気による換気効果の検証について

(1) 依頼内容

火災現場での排煙方法については、窓やドア等の開口部設定や屋根上に排煙口を開削することによって実施する自然換気その他、ブロアー等を活用した加圧換気があるが、その他に、室内から開口部に向かって室外へ噴霧放水することによって得られる水力換気がある。

この換気方法は、現在配置されているノズルを活用して行うことができるため、有効な換気手段となった場合、各隊がすぐに実行できるというメリットの他、強制的に排気方向をコントロールすることができるという新たな戦術として期待できる。

その換気効果と排出される煙の冷却状況、実施時の注意点、効果的な設定方法について、消防科学研究所と共同で検証したい。

(2) 実施状況

今回は、水力換気の効果を検証するため、ガンタイプノズルを用いた放水を行い、各測定・記録を行うこととした。

なお、詳細については、本研究所報60ページ～68ページを参照されたい。



写真5 水力換気の実施状況（屋外側）



写真6 水力換気の実施状況（屋内側）

4 火災現場での温度環境測定に係る検証について

(1) 依頼内容

昨年度（平成30年度）、表題に伴う事前検証を消防科学研究所の支援・協力のもとで行い、現在は火災現場で消防隊が活動している環境下でサーモラベルによる温度測定を行っているところである。

昨年度実施した検証の中では、吸気側及び排気側の開口部周辺において、体感による測定を中心に行ったが、今年度は火災現場で行う内部進入手順（排気側開口部設定→冷却→排煙）を確実にを行い、火点室内に進入した場合を想定して、体感等による測定を消防科学研究所と共同で実施したい。

(2) 実施状況

本検証は、火点室への内部進入手順を想定した高温環境下において活動隊員の周辺温度をいくつかの資器材により記録するとともに、活動隊員の主観的な熱の感じ方（体感）と比較し、それらの結果を隊員間で共有することにより、火災現場における急激な温度上昇による受傷事故のリスクを低減させることを目的とし、昨年度に引き続き実施したものである。

温度環境は、K熱電対により測定したほか隊員の装着する防火帽に貼り付けたサーモラベル（日油技研製）により記録し、高温環境下におけるサーモラベルの正確性（K熱電対との比較）及び耐久性についても確認することとした。

検証については2回実施した。1回目は当消防学校内にある燃焼実験ユニット（間口3.4m×奥行5.3m×高さ3.4m）において木材を十分に燃焼させ、防火衣・防火帽等を装着した隊員を低い姿勢で内部進入させた。当該隊員が熱による受傷危険を感じた時点で燃焼実験ユニットから退避させることとした。

2回目は、1回目と同様の環境下で内部進入した直後に、燃焼実験ユニット天井に向け数秒間注水した。その後、当該隊員が熱による受傷危険を感じた時点で燃焼実験ユニットから退避させることとした。

検証の結果、注水しなかった場合（1回目）については、K熱電対による測定温度とサーモラベルの変色温度は概ね130℃で一致した。

一方、注水した場合（2回目）については、サーモラベルの変色温度は65℃と表示され、K熱電

対の温度表示（130℃～150℃を推移）よりも低く表示されることが分かった。これは、注水により防火帽に水（蒸気）が付着し、水の温度がサーモラベルの温度表示に反映されたことが原因であると推察される。

また、いずれの検証でも、サーモラベルの溶融や剥がれ落ち等の劣化は認められなかった。これらの温度データと内部進入隊員の体感を比較・整理し、依頼元に情報提供している。



写真 7 燃焼実験ユニット（外観）



写真 8 サーモラベル貼付状況



写真 9 検証実施状況（注水なし）



写真 10 検証実施状況（注水あり）

研究業務から得られた知見の情報発信（FSL 情報）の実施状況について

札幌市消防局消防科学研究所では、市民や消防職員が抱える実務課題を解決し、消防活動の安全性・効率性の向上を図り、消防の科学化を推進するため、研究・開発・検証等のほか、火災原因物質等の分析・鑑定、火災原因に係る科学的事象についての実験、特殊災害等での現場活動支援等を実施している。

また、上記の研究業務から得られた知見を整理し、作成した資料を「FSL 情報」(※)として札幌市消防局職員専用ホームページ「WEB 北の鐘」へ掲載し、職員を対象とした情報発信を実施している。

「FSL 情報」については、平成 30 年度までに合計 112 件発信しており、令和元年度は、合計 10 件発信した。

※ FSL : Fire Science Laboratory（消防科学研究所）の略称

表 令和元年度に発信した FSL 情報（計 10 件）

No.	発信年月	表 題
113	令和元年 6 月	火災原因調査における熱分析装置の活用事例について
114	令和元年 7 月	土壌改良材に用いられる硫酸について
115	令和元年 7 月	WBGT 測定器について
116	令和元年 10 月	情報収集活動ドローンによる空撮映像について（情報提供）
117	令和元年 10 月	リチウムイオン電池について
118	令和元年 10 月	火災原因調査等における FT-IR（フーリエ変換赤外分光光度計）の活用事例について
119	令和 2 年 1 月	水力換気による排煙効果の検証について
120	令和 2 年 3 月	火災現場での環境測定に伴う事前検証について
121	令和 2 年 3 月	情報収集活動ドローンの調査研究結果について（前編）
122	令和 2 年 3 月	情報収集活動ドローンの調査研究結果について（後編）

令和元年度札幌市消防職員提案の実施状況について

札幌市消防局では、職員からの創意工夫による有益な提案を奨励し、勤労意欲を高めるとともに、公務能率と市民サービスの向上を図ることを目的として、昭和 40 年度から札幌市消防職員提案制度を開始し、平成 30 年度までに計 618 件の提案を受け付けている。

この提案は、現場活動に限らず予防業務や事務処理の改善など様々な分野から受け付けており、令和元年度については、各部（署）から計 21 件の提案が提出されたところである。

申請された提案については、札幌市消防職員提案審査会により書類審査を実施した後、発表審査が実施される。

令和元年度の審査結果については、優秀賞 2 件、秀賞 13 件、選外 6 件となっており、優秀賞又は秀賞を受賞した提案に対し、消防局長から表彰状が授与された。

表 1 令和元年度札幌市消防職員提案 優秀賞・秀賞受賞作品一覧（計 15 件）

提案 番号	提案件名	提案内容	表彰 区分
第 619 号	マタニティ仕様の制服導入について	妊娠中の女性職員が着用できる、マタニティ制服のデザインを提案するもの。	優秀賞
第 620 号	小型酸素ボンベ開閉バルブ保護カバーの作成について	小型酸素ボンベの開閉バルブを保護するカバーを提案するもの。	秀賞
第 621 号	ホースカー動き出しを防ぐホースカー用停車補助具（進止めくん）の作成について	ホースカー停車時の動き出し危険を排除するため、ホースカー用停車補助具を提案するもの。	秀賞
第 622 号	自衛消防訓練届出の電子申請サービスの導入について	市民の利便性を向上させるとともに届出受付に係る事務の効率化を図るため、自衛消防訓練の届出を電子申請化するもの。	秀賞
第 623 号	「消防ワーク・ライフ・バランス」の動画をソーシャルメディアにより発信する戦略的採用広報 ～採用試験受験者倍増計画～	消防職員の「仕事とバランスのとれた生活の様子」を伝える採用 P R 動画を製作し、ソーシャルメディアを中心に発信するもの。	秀賞
第 624 号	救助用進入口表示ステッカーの考案について	救助出動（室内閉じ込め）の際に速やかに内部進入するため、救助用進入口表示ステッカーを提案するもの。	秀賞
第 628 号	警戒テープバックについて	警戒テープの携帯・設定がしやすく、撤収も容易にできる警戒テープバックを提案するもの。	秀賞

第 630 号	防火水槽の除草に係る負担軽減について	防火水槽の除草に防草シートを活用することにより、作業労力及び費用の負担軽減を提案するもの。	秀賞
第 631 号	消防情報管理システムと人事給与エントリーシステムとの時間外勤務手当及び特殊勤務手当データ突合システムの構築	追求戻入を未然に防ぐため、消防情報管理システムと人事給与エントリーシステムから出力する、出勤に関わる時間外勤務時間と出勤件数等を突合するシステムの構築を提案するもの。	秀賞
第 633 号	「任務識別ヘルメットカバー」の提案	災害現場での任務等を識別しやすくするため、着脱が容易な保安帽と防火帽用のカバーと、付け替えが容易な面ファスナーの標識を提案するもの。	優秀賞
第 634 号	NM－Vガンタイプノズルへの放水角度の明示について	蛍光シールを使用した噴霧角度調整ヘッドへの放水角度の明示を提案するもの。	秀賞
第 635 号	多言語表記の避難誘導用フリップボード（手持ち看板）	火災発生時の避難誘導に必要なキーワードを、表面に外国語、裏面に日本語で表記したフリップボードを作成し、その図案データを札幌市公式ホームページに掲載することで、事業所が必要に応じ自由に使える環境を整備するもの。	秀賞
第 636 号	多言語表記の民泊利用客向けパンフレット 「火災が発生した時の行動」	外国人を含む民泊利用者に対する防火安全対策として、火災発生時の初期対応等を多言語で表記した宿泊室備え付け用のパンフレットを作成し、その図案データを札幌市公式ホームページに掲載することで、事業所が必要に応じ自由に使える環境を整備するもの。	秀賞
第 637 号	消防用設備等点検結果報告書の受付時を活用した新たな是正指導について	消防用設備等点検結果報告書の受付時に配布している指導文書の中に改修計画書を盛り込み、消防署への報告を協力依頼するもの。	秀賞
第 638 号	消防団員のための SNS を活用したプール監視員応急手当指導用教材等作成及び活用について	プール監視員応急手当指導用教材及び消防団員に対する指導用教材の事前学習用動画を作成し、SNS 上に掲載することで、事前学習等に活用することを可能とし、消防団員が消防職員の力を借りず、単独で救命導入講習を行える力を醸成するとともに、指導力及び質の向上を図るもの。	秀賞

表 2 令和元年度札幌市消防職員提案 選外作品一覧（計 6 件）

提案番号	提案件名
第 625 号	廃棄ホースを活用した自己確保ロープ収納用具の考案について
第 626 号	三連はしご確保用グリップテープの導入について
第 627 号	署活系携帯無線機の保護ケースについて
第 629 号	廃棄ホースを活用した各種カバー・ケースについて
第 632 号	布担架補助ベルト開発の提案
第 639 号	予防行事に専念する日について



写真 1 発表審査の状況



写真 2 表彰式の状況



写真 3 提案番号第 619 号
「マタニティ仕様の制服導入について」



写真 4 提案番号第 620 号
「小型酸素ボンベ開閉バルブ保護カバーの作成について」



写真5 提案番号第621号

「ホースカー動き出しを防ぐホースカー用
停車補助具（進止めくん）の作成について」



写真6 提案番号第622号

「自衛消防訓練届出の電子申請サービスの
導入について」



写真7 提案番号第623号

「『消防ワーク・ライフ・バランス』の動画
をソーシャルメディアにより発信する戦略
的採用広報 ～採用試験受験者倍増計画～」

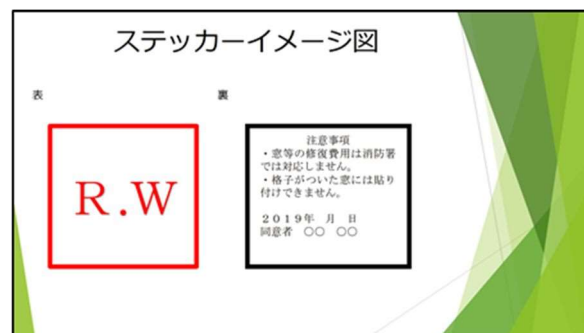


写真8 提案番号第624号

「救助用進入口表示ステッカーの考案につ
いて」



写真9 提案番号第628号

「警戒テープバックについて」



写真10 提案番号第630号

「防火水槽の除草に係る負担軽減について」

両システムから出力し、貼り付けのみのデータが自動計算！さらにデータでエラーチェックされる！！

人給出力突合システム

消防情報出力突合システム

突合システムチェックデータ

写真 11 提案番号第 631 号

「消防情報管理システムと人事給与エン
トリーシステムとの時間外勤務手当及び特殊
勤務手当データ突合システムの構築」



写真 13 提案番号第 634 号

「NM-Vガンタイプノズルへの放水角度の明示について」

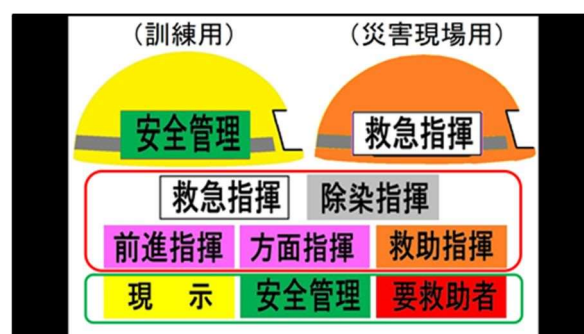


写真 12 提案番号第 633 号

「『任務識別ヘルメットカバー』の提案」

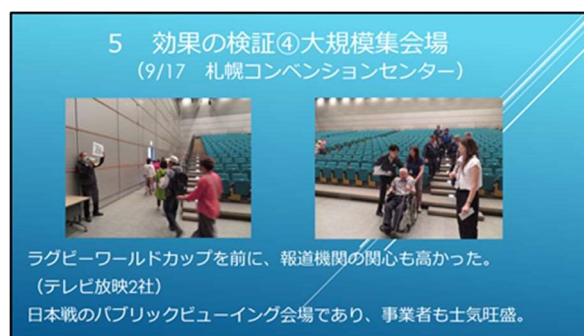


写真 14 提案番号第 635 号

「多言語表記の避難誘導用フリップボード
(手持ち看板)」



写真 15 提案番号第 636 号

「多言語表記の民泊利用客向けパンフレット
『火災が発生した時の行動』」

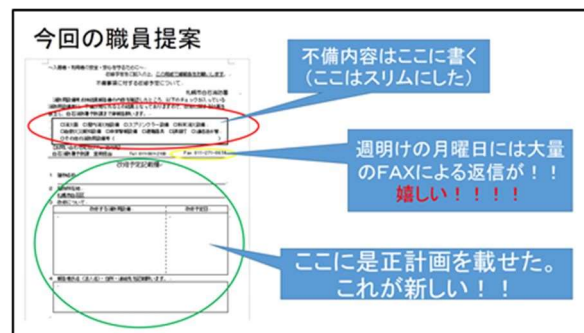


写真 16 提案番号第 637 号

「消防用設備等点検結果報告書の受付時を
活用した新たな是正指導について」



写真 17 提案番号第 638 号

「消防団員のための SNS を活用したプール監視員応急手当指導用教材等作成及び活用について」

消防科学研究所報

(2019 No. 26)

令和 2 年 6 月発行

編集・発行 札幌市消防局消防科学研究所

〒063-0850

札幌市西区八軒 10 条西 13 丁目 3 番 1 号

電話 (011) 616-2262

F A X (011) 271-0957

E-mail fire.labo@city.sapporo.jp
