

消防科学研究所報

REPORT OF FIRE SCIENCE LABORATORY



2002 No.9

SAPPORO FIRE SCIENCE LABORATORY

札幌市消防科学研究所

目 次

【消防科学研究所の業務について】

- カラー写真
- 業務実績表・本文…………… 1

【研究論文】

- 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…………… 5
- 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…………… 10
- 降雪時の消火栓除雪対策用機器（遠赤外線面状発熱体）に関する研究について…………… 17
- 高規格救急車の振動実験…………… 29
- 冬道自己転倒の救急出動分析（その1 全体の傾向）…………… 35
- 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）…………… 40
- 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…………… 48
- 危険物施設内における給油と返油システムに関する研究について…………… 55

【情報提供】

- 米国アラスカ州フェアバンクス周辺での森林火災現地調査報告…………… 62
- 硫化水素について…………… 66

【過去の研究実績】

- 過去の研究実績表（平成5年～平成14年）…………… 69

消防科学研究所の業務について

業務実績表(平成13年度中)

(単位:件)

研 究			燃 焼 実 験	成 鑑 鑑	分 定 識	危 険 物 確 認 試 験	職 員 案 提 案 数	消 防 学 校 初 任 ・ 専 科 教 育 等	道 消 防 学 校 専 科 教 育 等	施 設 見 学 行 政 視 察 対 応 等	研 究 所 外 出 向 講 義 実 験 等
燃 焼 現 象 及 び 消 火 効 果	消 防 装 備 ・ 消 防 用 設 備 等 の 開 発	鑑 定 鑑 識 及 び 安 全 管 理									
2 ※1	1	1 ※1	83 ※2	146 ※3	0	39 ※4	8 (193)	3 (102)	70 (1,452)	9 (480)	

() 内は、対象者の人数である。

※1: 主な内訳は表1のとおり

※2: 内訳は表2のとおり

※3: 内訳は表3のとおり

※4: 内訳は表4のとおり

表1 研究テーマ使用機器一覧(平成13年度)

研究テーマ	回数	使用機器状況
1 ガス災害発生時における爆発危険区域での耐熱服と防火衣の性能比較について	302	デジタルマイザー、282回 高速度ビデオカメラ、15回 赤外線カメラ、5回
2 開口部噴出火災に対する風の影響について	168	温度測定器、40回 熱量測定器、120回 赤外線カメラ、8回
3 災害現場における燃焼生成ガス等の測定と危険性の把握について	162	GCMS、78回 加熱脱着装置、8回
合 計	632	

1 はじめに

消防科学研究所では、各種研究業務を始め、燃焼実験、鑑定・鑑識、危険物確認試験及び職員提案事務の業務を行っている。

2 研究業務

年度ごとに燃焼関係、機器関係、鑑定・鑑識関係等それぞれについて研究テーマを定め、研究を行っている。

3 燃焼実験

火災原因を究明するため、火災現場の状況を再現し、発火、引火及び温度測定等の実験を行い、実験データを収集している。

4 鑑定・鑑識

火災原因を究明するため、火災現場から採取した残焼物や試料の分析及び解析などを実施し、成分鑑定や油分の検出を行っている。

また、火災の再現実験を実施したり、火災現場、事業所等から取去した物品、或いは漏洩事故を起こした物品が危険物であるか否かの鑑定を行っている。

5 危険物確認試験

「危険物の規制に関する政令」(昭和34年政令第306号)及び「危険物の試験及び性状に関する省令」(平成元年自治省令第1号)で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 職員提案事務

「札幌市消防職員の提案に関する規程」(昭和45年1月13日(消)訓令第1号)に基づく職員提案について事前に技術的な支援や協力及び審査事務等を行っている。

表2 燃焼実験等一覧表(平成13年度)

月日	実 験 内 容
1 4. 5	二酸化炭素放出濃度測定実験
2 4. 9	ガイアックス・ガソリン燃焼状況比較実験
3 4.18	電気ファンヒーター温度測定実験
4 4.26	灯油ストーブガソリン誤給油燃焼実験
5 5.11	灯油ストーブ吹き返し実験
6 5.22	高速切断機火花可燃物接触燃焼実験
7 5.23	ガソリン・灯油・ガイアックス・メタノール・ ハフタン・フロハノール燃焼黒煙比較実験
8 6. 6	油吸着剤自然発火実験 メチルエチルケトンハ・オキサイド・アベニ油 温度上昇実験
9 6. 8	アネチレンガス溶断火可燃物着火実験
10 6.11	スプレー缶加熱爆発実験
11 7月中	微小火源火災実験 ガス燃焼器具基礎実験 灯油ストーブ火災実験 化学火災実験 電気火災実験
12 7.19	おがくず燃焼実験
13 7.26	模擬小屋燃焼生成ガス・温度測定実験
14 10月中	新型防火衣静電気等関連実験
15 11.19	紙くず微小火源燃焼実験
16 11.21	温風ストーブ温度測定実験
17 2.14	雪道の新旧救急車振動騒音測定実験
18 2.18	油配管内フレイバースコープ観察実験
19 2.19	薪ストーブ底部温度測定実験
20 3.14	灯油温風ストーブ燃焼温度測定実験
21 3.20	灯油温風ストーブ綿詰め燃焼実験
22 3.20	水道管融雪電熱ヒーター短絡実験

表3 成分鑑識・鑑定一覧 (平成13年度)

	鑑定内容	件数	回数	使用機器状況	件数内訳	回数内訳
1	残焼物中の油分の分析	116	351	GC GCMS FT-IR	109件 6件 1件	315回 31回 5回
2	火災車両の燃料タンク内の液体(油分)の分析	6	21	GC GCMS 分光蛍光	4件 1件 1件	11回 8回 2回
3	河川に漏洩した油分の分析	5	14	GC 分光蛍光	4件 1件	12回 2回
4	土壌中に漏洩した油分の分析	4	14	GC	4件	14回
5	ストーブ内の付着物の分析	4	13	蛍光X線	4件	13回
6	出火位置近くの容器内の液体(油分)の分析	2	6	GC	2件	6回
7	プラスチック種別の分析	3	7	GC 熱分析装置 恒温槽	1件 1件 1件	3回 3回 1回
8	灯油ストーブ内の液体(油分)の分析	1	3	GC	1件	3回
9	屋外貯蔵タンク内の液体(油分)の分析	1	3	GC	1件	3回
10	ポリタンク内の液体(油分)の分析	1	3	GC	1件	3回
11	地下貯蔵タンク内の液体(油分)の分析	1	3	GC	1件	3回
12	大豆、おからの分析	2	4	GC 恒温槽	1件 1件	3回 1回
合計		146	442		146件	442回

※ GC～ガスクロマトグラフ、GCMS～質量分析装置、FT-IR～赤外分光分析装置

表4 燃焼関係実験等使用機器一覧 (平成13年度)

	燃焼関係実験名	回数	使用機器状況
1	寒冷地型建物燃焼時の温度分布・ガス濃度の測定 (たばこ火で出火した和室)	24	二酸化炭素測定器～6回 一酸化炭素測定器～6回
2	寒冷地型建物燃焼時の温度分布・ガス濃度の測定 (放火で出火した洋室)		酸素測定器～6回 温度測定器～6回
3	新型高規格救急車の振動測定	135	加速度計～35回 信号増幅器～35回 データレコーダ～35回 データアナライザ～30回
4	エアゾール缶、カセットボンベの調査・研究	36	温度測定器～27回 高速ビデオカメラ～9回
5	インドネシア泥炭の燃焼性研究 (地球温暖化防止研究)	44	熱分析装置～18回 FT-IR～8回 温度測定器～9回 燃焼速度測定器～9回
6	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の研究	37	二酸化炭素測定器～37回
7	ガイアックス・ガソリン燃焼状況比較実験	18	GC～12回 熱画像装置～6回
8	電気ファンヒーター温度測定実験	4	温度測定器～4回
9	灯油ストーブガソリン誤給油実験	5	温度測定器～5回
10	灯油ストーブ吹き返し実験	10	温度測定器～10回
11	高速切断機火花可燃物接触燃焼実験	16	高速切断機～16回
12	危険物自然発火実験	38	温度測定器～38回
13	電気火災実験	25	熱画像装置～25回
14	新型防火衣静電気実験	17	静電気発生装置～17回
15	ガスこんろ・温風ストーブ温度測定実験	10	温度測定器～10回
16	危険物配管内部観察実験	6	ファイバースコープ～6回
17	薪ストーブ底部温度測定実験	10	温度測定器～10回
18	灯油FFストーブ燃焼温度測定実験	11	温度測定器～11回
19	水道管凍結防止電熱ヒーター短絡実験	6	温度測定器～6回
合計		452	

表5 研修・実験等業務での使用機器一覧（平成13年度）

	研修・実験等名	延べ回数	使用機器状況
1	液体の分析実験	205	GC～57回 GCMS～36回 FT-IR～48回 液体クロマトグラフ～52回 加熱脱着装置～12回
2	金属や固体の分析実験	150	熱分析装置～45回 蛍光X線分析装置～85回 X線透過装置～20回
3	気体の分析実験	68	GC～12回 GCMS～23回 加熱脱着装置～33回
4	固体・液体の発火点、融点測定実験	79	熱分析装置～67回 発火点測定器～12回
5	液体の引火点測定実験	91	タグ引火点測定器～57回 セタ引火点測定器～22回 クリーブランド引火点測定器～12回
6	行政視察・施設見学	153	過負荷電流実験装置～55回 トラッキング実験装置～32回 スプレーガス加熱実験装置～66回
7	スプレー缶加熱実験	25	スプレー缶加熱実験装置～25回
8	消防学校教育等	270	GC～12回 スプレー缶加熱実験装置～8回 LPG爆発実験装置～16回 温度測定器～28回 天ぷら油加熱発火実験装置～35回 過負荷電流実験装置～14回 トラッキング火災実験装置～10回 熱画像装置～20回 静電気発生装置～32回 圧力容器試験装置～23回 タグ引火点測定試験器～8回 セタ引火点測定試験器～60回 クリーブランド引火点測定試験器～4回
	合計	1,041	

表6 測定機器等延べ使用回数（平成13年度）

分析・測定種別		実施回数	分析・測定種別		実施回数
機 器 分 析	GC	469	危 険 物 確 認 試 験 関 係	タグ密閉式引火点測定試験器	65
	GCMS	176		セタ密閉式引火点測定試験器	82
	FT-IR	71		クリーブランド開放式引火点測定試験器	16
	液体クロマトグラフ	52		圧力容器試験器	23
	加熱脱着装置	129		発火点測定試験器	12
	熱分析装置	133			
	蛍光X線分析装置	98			
	熱画像装置	51			
	分光蛍光光度計	4			
	高速度ビデオカメラ	24			
小計	1,207		小計	198	
計 測 機 器	温度測定器	204	そ の 他	X線透過装置	20
	加速度計	35		天ぷら油加熱発火実験装置	35
	信号増幅器	35		静電気発生装置	49
	データレコーダ	35		高速切断機	16
	データアナライザー	30		ファイバースコープ	6
	デジタルアナライザー	282		赤外線カメラ	13
	燃焼速度測定器	9		恒温槽	2
	熱量測定器	120		過負荷電流実験装置	69
	二酸化炭素測定器	43		トラッキング火災実験装置	42
	一酸化炭素測定器	6		エアゾール缶加熱実験装置	33
酸素測定器	6	エアゾールガス加熱実験装置	66		
小計	805		小計	367	
合計			合計		2,577

表7 職員提案一覧表 採用区分順（平成13年度）

提案番号	提案内容
260	【フックスリングの考案】 鉤付きローフの鉤の部分ステンレス製で先端可動型ロック機能付きとし、さらに、麻ローフを山岳用スリング（ナイロン製）にしたことで、安全性やコンパクト化を図り、ローフ部分のメンテナンスも容易とした
262	【携帯無線機（1W型）用バッテリーメンテナンスキットの開発】 携帯無線機のバッテリーを適切に充電するための「バッテリーリフレッシュ」 「バッテリーに負荷をかけながら電圧を測定する」「バッテリーチェッカー」及び「乳消式無線機のバッテリーを接続するための「乳消式アダプタ」の3点からなり、バッテリーに負荷をかけながら充電することで不良判定を可能とした
267	【携帯型酸素吸入器減圧弁の圧力残量計保護カバーの考案】 携帯型酸素吸入器の圧力計に、破損防止のためステンレス製保護カバーを取り付ける
268	【聴覚障害者用「応急手当て講習ビデオ」の作成】 手話や字幕を入れて「応急手当て講習」をビデオ化することで、受講者の目線がモニターに集中するため、動きと説明を同時に理解することができ、手話通訳者が出向しなくても指導可能となる。また、職員の研修にも使用可能である
274	【大災損害算定書作成に伴う計算ソフトの使用】 大災損害（収容物や建物の損害）を算定するため、マイクロソフト社の計算ソフトエクセルを使用してプログラムを作成し、時間の大幅な軽減を図る
283	【消火栓標識シールの考案】 各署備品のマックス製ビニールシートを使用して消火栓標識シールを作成し、色あせた消火栓標識表示部分に貼付する

採用4級～7件

261	【新製しころ（側方視界改善型）の考案】 しころ側方に透明耐熱強化プラスチック板（ポリカーボネート板）をはめ込んで視界を広くし、安全管理の向上を図る
263	【「防火紙芝居「どうぶつ村の消防隊」の制作とその応用】 札幌市消防局のシンボルマークであるエゾリスが扮する防火紙芝居「どうぶつ村の消防隊」を作成した。「セリフと効果音を取録したカセットテープを作成」；さらに、消防局ホームページによるインターネットでの公開、パソコンを利用した上映、大型紙芝居等に活用できる
266	【「リフト積載用補助台」の考案】 ホースを車庫に積載する際、2名での作業を可能とするため、伸縮型（脚の上端にターンテーブルやホースガイドを取り付け補助台とし、巻いてあるホースを垂せて使用する
272	【「西野式消火栓標識（ラケット型）」の考案】 消火栓標識をラケット型にして、ネジ1本で取り付け可能とし、材質をステンレス製にし強度をもたせ、塗装についても約10年間の耐久性を有するものとする
277	【「伸縮式安全型手とびの考案】 手とびの柄（長さ40cm）をステンレス製伸縮式（短縮すると28cm）とし、頂部にガラス破壊用に突起を設け、柄に滑り止め及び落下防止用バンドを取り付ける
280	【「メインストレッチャー車軸部分へのスキーの取り付け】 雪上での搬送のためにメインストレッチャー（筒内）の車軸部分にスキー板を取り付ける。雪のない場所でもスキー底面よりタイヤが約1cm出ているため移動可能であり、また、このまま救急車への収納も可能である
296	【「水防用水中ポンプの排水ホース接続部改良】 水防用水中ポンプの放水口150mmホースのネス金具（マテフ式）高分を取り付け、車載の50mmホースの利用を可能とする

採用5級～10件

259	【「消火栓開閉金具（トルクアップ機能付き）」の考案】 消火栓開閉金具のせし転回部分をワンタッチ操作で150mm延長可能とし、径を27mmと大きくし、持ち易くした
261	【「防火衣に容易に使用できる警笛を取り付ける考案】 防火衣の携帯無線機マウント取り付け金具に警笛紐とクリップ付き警笛を取り付け、迅速に警笛が使用できるようにする
269	【「ラッペン型現場用腕章（西野型）」の提案】 現場用腕章をラッペン型（マジックテープを使用して、防火衣に張り付け）とし、引っ掛かり防止及び防火衣損傷防止を図る
273	【「「災害現場における隊員の認識タグ」の考案】 ボードを糊った11.5cm×6cmのタグにネスカンを取り付けて、防火衣及び各種防護服着装時に取り付け、所属隊名、階級、氏名、進入開始時間と活動時間を記入し、隊員の安全管理を図る
276	【「救急隊保安帽にバイザー（ヘッドライト一体型）」の提案】 救急隊の保安帽にバイザーとヘッドライトを一体化して取り付け、飛塵等による感染防止を図る
281	【「梯子車（リフター）装置」の改善（拡張等）】 リフター装置の手摺横支持棒を伸縮自在拡張型とし、梯体の起梯角度65度における手摺横支持棒を後方25度拡張（リフターの底面が水平となるように）とし、活動スペースを確保する
281	【「AI-トバルト」の考案】 ホースバンドに登山用テーフスリングを縫い付け、両端末に軽量カラビナを取り付け調整機能付きベルト（AI-F:Many Function）とし、多用途に使用する
285	【「傷病者搬送用の肩ベルト」の考案】 布担架の肩ベルトを2本たすきに縫い合わせ、肩側のベルトに長さ調節用のフック（座位搬送や仰臥位搬送に対応可能）を縫い付け、安定して搬送できる
287	【「「三連梯子掛金標識板」の考案】 三連梯子の掛け金部分に視認性の良い蛍光板（アルミ製）を取り付け、伸梯時の掛け金の動きを把握しやすくする
294	【「消火栓排水器具の改良】 空気呼吸器本体を活用し、レスクマスク接続部に消火栓排水用中圧ホースを取り付け、背負い式一体型消火栓排水器具とし、搬送しやすくする

努力賞～16件

265	【「携帯型レスキュースライダー」の提案】	288	【「現場用指揮本部の標示灯」
270	【「救急下衣の改良（西野型）」	289	【「毛布固定簡易バンド」
271	【「乳消型消防車ステッカー」の考案】	290	【「手とびケースの改良」
275	【「多数傷病者災害発生時に使用する「表示旗」の作成」	291	【「「マグネット式車両番号表示板」の考案」
278	【「ストレッチャーのキャリッジ（架台）表示」	292	【「携帯型無線機一体型保護ケースの作成」
279	【「救急活動時における後方スペース確保の表示」	293	【「半導体レーザー光源装置によるレスキューラインの表示」
282	【「「NBC災害等除染車（トラック固定ランボックス式）」の企画提案」	295	【「車載用マッポ台の考案」
286	【「手袋ケース改良の考案」	297	【「手とびの改良」

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*

要 旨

ガス漏れ災害時着装する消防被服選定のために、防火衣3種、耐熱服、タオルなど遮蔽物を変化させLPGを爆発させた時の衝撃及び温度上昇を測定した。

この結果、衝撃の吸収性や温度については、防火衣3種と耐熱服は同等であった。また、タオル程度の薄いものでもほとんどの場合、爆風を遮蔽する効果があった。

1 はじめに

一般的な火災は最盛期までに一定の時間を要し、時々フラッシュオーバーやバックドラフトのような爆燃現象を引き起こすが、これらが発生する前兆は解明されており一定の予測は立てられる。

一方、LPGや都市ガスなどの爆発は一瞬にして大きな被害を与え、その威力はフラッシュオーバーなどに比べて比較にならない。また、爆発危険地域での活動は爆発の前兆現象等がないことから非常に危険を伴い、このような危険地域には本来は進入すべきでないと考えられる。

しかし、消防職員は、人命救助や漏洩ガス検知活動などで、爆発危険又は爆発被害の発生地域に進入する場合もある。

そこで、防火衣などの違いによって爆発が発生した場合の人体の受ける衝撃や温度について実験を実施した。

2 実験方法

(1) 実験装置



写真1は実験装置を撮影したもので、爆発筒は、直径210mm（内径205mm）、長さ400mm（内径395mm）の亚克力容器内に左側面から100mm、底部から100mmの位置に点火プラグを設置して、右側は塩化ビニル樹脂製のフィルムで蓋をした。また、点火プラグ上部からLPGをマスフローコントローラーで制御して一定量流入させ、マグネットスターラーで内部を攪拌した。

* 消防科学研究所

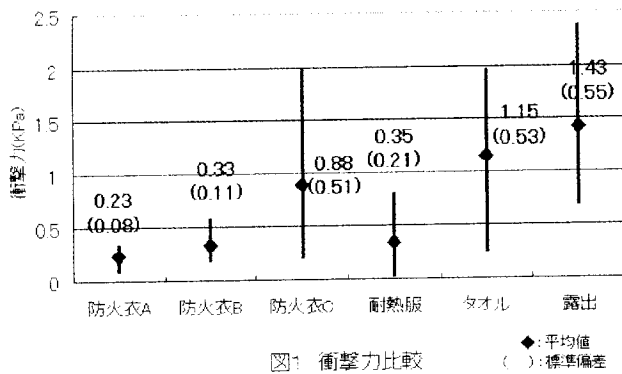
4 実験1 開口部A (330cm²) の実験結果

写真1のとおり、開口部を塩化ビニル樹脂製のフィルムで覆い、開口部と圧力センサーや熱電対の間に生地などを設置し爆発筒内のガスを濃度5%として、各生地とも10回ずつ実験を実施した。

(1) 衝撃力測定結果

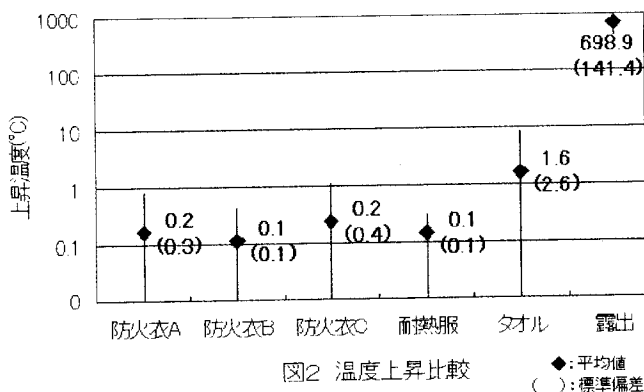
図1は衝撃力の実験結果であり、縦棒は実験のばらつき範囲を表したものである。

これによると、防火衣Aが最も衝撃力を緩和する結果となったが、これについては衝撃力が弱い生地の硬さが影響したものと考えられる。



(2) 温度上昇結果

図2は温度の上昇値を示したものであり、耐熱服も防火衣3種類と同一の結果となった。また、タオルでも平均で1.6℃の上昇に留まった。実際のLPG爆発時の温度としては、1,000K~2,000K¹⁾といわれているが、今回の測定では平均で699℃となった。

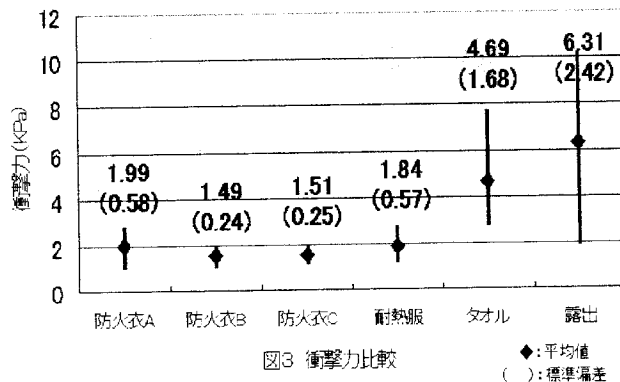


5 実験2 開口部B (165cm²) の実験結果

衝撃力を増加させるために、セラミックボードを使用して開口部の面積を半分にして実験1回様に実施した。

(1) 衝撃力測定結果

図3は衝撃力の実験結果であり、露出した場合の衝撃力は、平均で6.3kPa、最大で10.1kPaとなり、受圧面の窓ガラスがほとんど破損する8~10kPa²⁾に近くかなりの衝撃力が得られたが、防火衣3種と耐熱服の違いは確認出来なかった。また、減圧率(露出の平均値を各生地で除したものを1からひいたもの)を求めると、防火衣3種類と耐熱服では、68.5%~76.4%と7割程度衝撃を緩和する結果となったが、タオルについては25.6%と低くなった。



(2) 温度測定結果

図4は温度の上昇値を示したものであり、防火衣3種に比べて、耐熱服が小さい結果となったが、上昇値は何れも0.5℃以下となっている。また、タオルについては、平均で38.6℃となったが、10回中7回が1℃以下で、他が8.9℃、205.4℃、168.1℃となったことにより平均値を上昇させたものである。

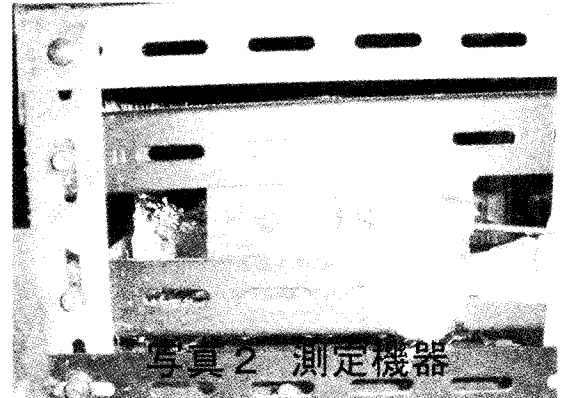
(2) 測定方法

ア 衝撃力の測定方法

衝撃力の測定については、前述のフィルムから20mm離れた開口部中央に写真2の圧力センサー（横河電気(株)製 FP102-GKZ/Z）を設置して、データアナライザー（横河電気(株)製 DL708E）で1/1000秒毎に収録した。

イ 温度の測定

温度については、圧力センサー横に、写真2の同軸型超高速応答性特殊熱電対（米国メドサーム社製、K熱電対、プローブ径0.38mm）を設置して、圧力同様にデータアナライザーで収録した。



3 実験に使用した防火衣などの種類

写真3は実験に使用した生地を撮影したもので、防火衣3種類、耐熱服1種類及びタオル1

種類と生地未設置の合計6種類で、表1はその材質などを示したものである。

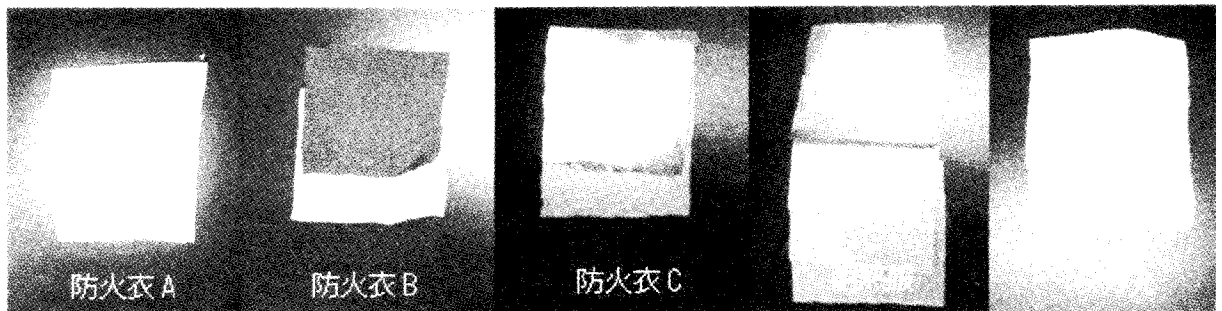


写真3 実験生地

表1 生地の材質及び厚さ

	表地	中間地	裏地	合計厚さ	
防火衣 A	バイクアルミコーティング (0.560mm)			0.560 mm	
防火衣 B	20/2平リップ (0.410mm)	ラミネート (0.238mm)	ワッフル (0.349mm)	0.997 mm	
防火衣 C	アルミ生地 (0.533mm)	ラミネート (0.238mm)	ワッフル (0.349mm)	1.120 mm	
耐熱服	アルミナイズドアラミッドクロス (0.512mm)	ガラスネオシート (0.130mm)	フェルト(アラミッド繊維) (0.958mm)	ライナー(アラミッド繊維) (0.260mm)	1.860 mm
タオル	綿100% (0.494mm)			0.494 mm	
未設置					

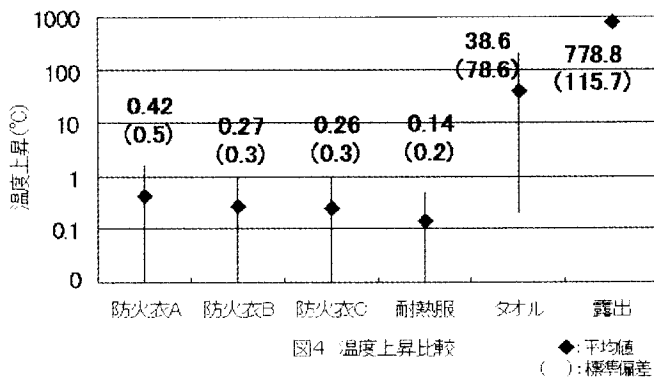


図4 温度上昇比較

6 考察

ガス爆発の過程は、閉閉空間で可燃性混合気が形成され、この一点で発火が起こり、可燃性混合気内を火炎が伝播して閉閉空間の圧力が上昇する。これに伴い閉閉空間の耐圧性の悪い部分が破壊し、開口部を生じることにより可燃性混合気が流出を始め、その後可燃性混合気と同時に燃焼ガスも流出する過程³⁾がほとんどである。

衝撃波と熱風の間係を考察するために、露出して実験した結果の一例を図5に示したものが図5であり、実験の平均値等を示したものが表2である。

これによると、開口部の大きさに関係なく前述同様、衝撃波の0.07秒～0.08秒後に熱風が流出しており実験のばらつきはほとんどなかった。

熱風の高温域時間は、100℃以上ではそれぞれ0.26秒程度、400℃以上では実験1が0.117秒、実験2が0.097秒となり、今回の実験では開口部の影響はほとんど確認出来なかった。

このように、高温域時間は非常に短時間であることから、加熱帯幅10cmで爆発が起こり木材に熱風が衝突したとしても表面の温度上昇は1℃以下になる³⁾という算出結果と今回の実験は同一な結果となった。

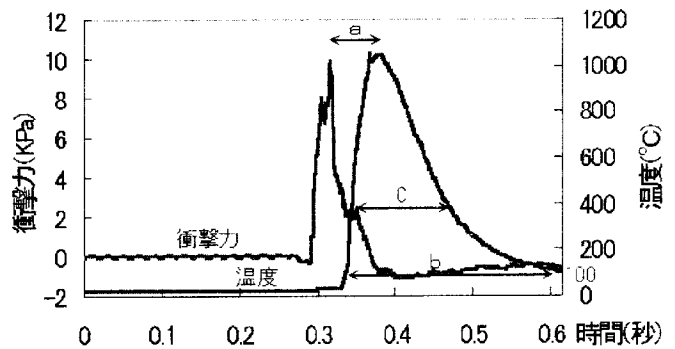


図5 衝撃力と温度の変化

表2 衝撃波と熱風の時間差及び高温時間

	衝撃力と温度の時間差 (a)		100℃以上の時間 (b)		400℃以上の時間 (c)	
	実験1	実験2	実験1	実験2	実験1	実験2
平均値	0.077秒	0.073秒	0.260秒	0.262秒	0.117秒	0.097秒
標準偏差	0.002秒	0.008秒	0.003秒	0.010秒	0.004秒	0.006秒

7 まとめ

爆発の熱風については、短時間であるが素肌を露出していると過去の災害事例から火傷を負う。しかし、タオル程度の薄い布で覆っている時には、ほとんどの場合火傷から身を守ることが可能であり、防火衣や

耐熱服などの重厚な生地の違いは確認できなかった。

衝撃波については、タオルのような薄い生地では、防火衣や耐熱服に比べて減圧率が低い結果となったが、防火衣や耐熱服で

はほとんど差は確認できなかった。

火点から離れた位置では衝撃波の後に熱風が到着することから、衝撃を受けても離脱しないように素肌の露出部分を重厚な生地で覆っていると、耐熱服のように全身を覆っているものと同様な効果が期待できる。

しかし、ガス爆発から火災へ遷移するためには、可燃性物質への熱の供給、生成した可燃性気体と支燃性気体とに一定の条件が必要¹⁾であり、当市では爆発で発生した火災で焼損床面積が10m²以上になった割合は1割程度であるが、その後の火災化や発生防止のための帯電防止性能なども検討して装備品を選定しなければならない。

爆発が発生した場合には、何を装着していてもほとんど差がないと考えられるが、耐衝撃性を重視する必要があるのではないか。

8 おわりに

爆発は一瞬にして大きな被害を与えることから、多くの職員は火災現場よりもガス漏洩現場に危険を感じている。

今回の実験は、理論的には解明されていることを実験で立証したという結果でしかないが、爆発の挙動などを含めて、少しでも現場で活動する職員に対して不安感を解消させるために、研究や装備品等の開発に着手していかなければならないと感じた。

【参考文献】

- 1) 鶴田 俊「ガス爆発から火災への遷移現象」火災43 No.2 P20～P26
- 2) 火と煙と有毒ガス 東京法令出版(株) P21～P26
- 3) 平野敏右「ガス爆発について」火災28 No.3 P6～P11

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*

要 約

火災時に発生する燃焼生成ガス等は、一般的に研究されている一酸化炭素やシアン化水素等の他にも、有毒性や発ガン性があり、人間にとって危険なガスや粉塵も数多く含まれている。

それらのガス成分や浮遊物質を測定し危険性を把握するため、寒冷地型建物（床面積10m²）の燃焼実験を行い、その燃焼経過及び鎮火後30分ごとに3時間採取し、分析を行った。

1 はじめに

一般的に燃焼生成ガスというと、一酸化炭素、二酸化炭素、塩素及びシアン化水素を指すことが多いが、様々な材質の生活用品が我々の周りに溢れている現代では、火災時に発生する燃焼生成ガス等についても多様化している。そのガス成分や浮遊物質のために、死に至ることも少なくない。

当研究所では、平成12年度から燃焼生成ガス等の基礎研究を行っており、前回は測定方法の比較を行うと共に、居室内等の空気や木材を燃焼させた時の煙を測定し基礎データとした。

今回は、寒冷地型建物（床面積約10m²）の洋室、和室の2種類を燃焼させ、その燃焼中の燃焼生成ガス等の成分及び鎮火後の滞留しているガス成分の解析を行った。

この実験における酸素、二酸化炭素、一酸化炭素の濃度変化については、消防科学研究所報 No. 8 に記載しており、本報告はその他のガス成分の分析結果である。

2 実験建物の状況

(1) 和室

大きさは間口270cm、奥行360 cm の6畳間である。構成材は天井及び壁面

が石膏ボード9 mm、壁内は断熱材未使用で防湿紙を設置、床面が畳、外壁がサイディング、屋根が波板鉄板（野地板全面張）、窓ガラスは厚さ3 mmの1枚ガラスとなっている。

内在品として、紙類88.8kg、木類172.7 kgなどの収容物を配置した。

(2) 洋室

大きさは和室と同様である。和室との構成材の違いは、壁材が板張り、床がフローリングとなっている。

内在品として、紙類58.0kg、木類166.5 kgなどの収容物を配置した。

3 採取・測定方法

(1) 採取方法

2, 6-ジフェニルオキサイドの重合体樹脂の吸着剤18 gを充填させたチューブ、テナックスTAチューブ（以下「チューブ」という。）で採取する。このチューブに、積算流量計を接続し、吸引する。

(2) 測定方法

ア 測定機器

測定機器は次の3つを接続し、構成している。

* 消防科学研究所

(ア) ガスクロマトグラフ

アジレントテクノロジー製6890型

(イ) 質量分析装置

アジレントテクノロジー製5973型

(ウ) 加熱脱着導入システム～ゲステル社製

イ 測定機器の説明

詳細は、消防科学研究所報No.8参照

ウ 測定方法

ガス成分を吸着したチューブを加熱脱着導入システムに挿入、加熱し、ガスクロマトグラフ及び質量分析装置にガス成分を注入させる。ガスクロマトグラフで分離された各成分は質量分析装置でイオン化され、コンピューター内のデータベースと照合して、成分を特定する。

4 実験内容

(1) 実験1－和室－

ア 採取

ステンレス管(外径8mm, 内径6mm, 長さ270cm)の先端部分にチューブを挿入し、逆側の先端を室内中央部分で高さ150cmの位置(おおよそ人の鼻と口の平均高さ)で吸着して採取した。(測定位置は消防科学研究所報No.8「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〉」の図-1参照)

イ 採取時間

採取時間を以下のとおりとした。なお、和室については、たばこを畳の継ぎ目に置いて火源としたため、ゆっくりと燃焼し、着火して火炎が立ち上がる時と火災最盛期の2種類を採取した。また、鎮火直後については、テナックスTAにうまくガス成分が吸着せず、採取できなかった。なお、火災最盛期と採取状況は写真1、2に示した。



写真1 火災最盛期



写真2 ガス採取状況

- | | |
|-----------------|---------------|
| (ア) 燃焼前空気 | (カ) 鎮火後1時間30分 |
| (イ) 着火、火炎立ち上がり時 | (キ) 鎮火後2時間 |
| (ウ) 火災最盛期 | (ク) 鎮火後2時間30分 |
| (エ) 鎮火後30分 | (ケ) 鎮火後3時間 |
| (オ) 鎮火後1時間 | |

(2) 実験2－洋室－

ア 採取

和室と同様、室内中央部分の高さ150cmの位置で採取した。(測定位置は消防科学研究所報No.8「寒冷地型建物燃焼時の温度分布・ガス濃度の研究〈その2 洋室の測定結果〉」の図-1参照)

イ 採取時間

採取時間は以下のとおりとした。なお、洋室については、灯油を200cc撒いてタオルにライターで着火させたため、火の回りが速く、燃焼中に関しては最盛期のみとした。

- | | |
|------------|---------------|
| (ア) 燃焼前空気 | (カ) 鎮火後1時間30分 |
| (イ) 燃焼中 | (キ) 鎮火後2時間 |
| (ウ) 鎮火直後 | (ク) 鎮火後2時間30分 |
| (エ) 鎮火後30分 | (ケ) 鎮火後3時間 |
| (オ) 鎮火後1時間 | |

5 実験結果

(1) 和室

写真3は燃焼前、写真4は燃焼後を撮影しており、たんす、食器棚、ふとん等は全て焼けている。採取時間(ウ)と(エ)の実験結果におけるガスクロマトグラムを図1と図2に示した。

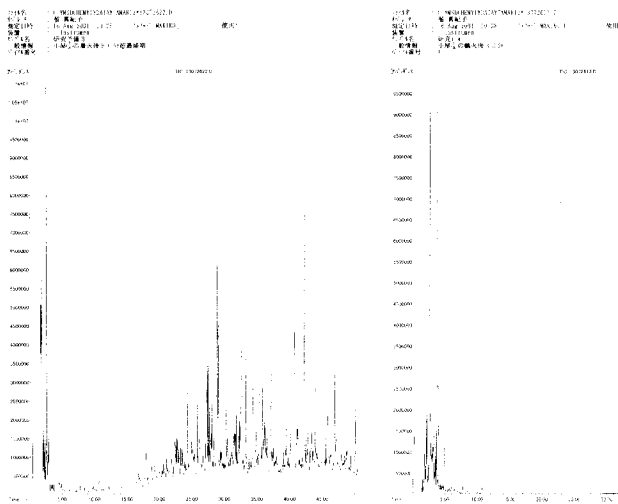


図1 採取時間 ア のマスクロマトグラム 図2 採取時間 エ のマスクロマトグラム



写真3 和室燃焼前

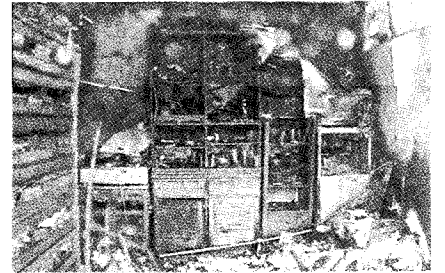


写真4 和室燃焼後

図1, 2から, 燃焼している最中のガス成分と鎮火した後のガス成分の種類が異なるため, 燃焼中と鎮火後に分けて, 検証した。

ア 燃焼中

燃焼中(着火時と火災最盛期)の主な検出成分を表1に示した。通常, 燃焼による生成物は燃焼条件(酸素の供給や燃焼温度)及び燃える物によって, 大きく左右される。着火時と火災最盛期では, この燃焼条件が異なるため, 検出成分は同じ成分ばかりではなく, 異なる成分も検出されている。また, 濃度については, 着火時も火災最盛期も多様の成分が大量に生成されており, このテナックスTAに, 吸着できる量が制限されるため, 正確な濃度を測ることはできない。

この結果, 燃焼生成ガスは着火時に137ピークが検出され, 火災最盛期には238ピークが検出されている。燃焼前空気では8ピークほどであるため, それぞれ約17倍, 約30倍の成分が検出されている。さらに, 火災最盛期に燃焼温度は1,057℃になっており, また, 炎, 黒煙ともに噴出していることから, この時期に燃焼生成物の最盛期を迎えていると推測できる。なお, 最盛期の44秒前に右側面の窓ガラス, 30秒前に正面の窓ガラスが破損している。

検出されている成分では, 発ガン性や有害性のあるベンゼンやフルオランタンやベンゾ[k]フルオランテン等が検出されており, これは黒煙に多く含まれている成分である。

表1 燃焼中の主な検出成分

着火時の成分		火災最盛期の成分	
ベンゼン	1-メチル-フェナントレ	3-メチル-1,2-ブタジエン	ビレン
アセトフェノン	1-メチル-アントラセン	ベンゼン	1-メチル-アントラセン
安息香酸	ジベチル フタレート	安息香酸	ジベチルフタレート
無水フタル酸	n-ヘキサデカニク酸	無水フタル酸	n-ヘキサデカニク酸
ビフェニル	2-フェニル-ナフタレン	ビフェニル	2-フェニル-ナフタレン
フロレン	フルオランテン	III-イソインドール-1,3-ジオン	フルオランテン
フェナントレン	ベンゼンジカルボン酸	フェナントレン	ベンゼンジカルボン酸
9H-フロレン-9-ワン	11H-ベンゾ [a] フロレン	9H-フロレン-9-ワン	11H-ベンゾ [a] フロレン
1-フェニル-ナフタレン	トリフェニレン	1-フェニル-ナフタレン	トリフェニレン
シクロテトラデカン	ベンゾ [k] フルオランテン	ジフェニルエチレン	ベンゾ [k] フルオランテン

イ 鎮火後

鎮火後の30分から3時間経過までの主な検出成分を表2に示した。燃焼後は燃焼生成物のピーク検出数が燃焼中に比べ、著しく減少している。また、米国労働衛生専門家会議(ACGIH)で出されている許容濃度(労働時間1日8時間、1週間40時間を基準に、ほとんどの労働者が毎日繰り返し曝露しても、悪影響が見られない濃度)と比較しても、ベンゼン以外の成分の濃度は許容濃度以下である。また、許容濃度は成分によっては、設定されていないものもあるが、表2に示している成分は発ガン性や有害性の成分である。

ベンゼン以外の成分は許容濃度より低いからと言っても、環境下によってはさらに低くなることも考えられ、また、相加・相乗作用もあるため、安全であるとは言いきれない。さらに、これらの許容濃度は安全性を重視して年々低くなる傾向にある。

鎮火直後から3時間経過までの各成分の

表2 和室 鎮火後の主な検出成分

	燃焼前空気	30分	1時間	1時間30分	2時間	2時間30分	3時間	ACGIH許容濃度
ベンゼン		2.777	3.135	2.343	0.852	0.503	0.208	0.5
酢酸	0.019	0.746		1.069	0.838	0.677	0.322	10
トルエン		1.304	0.861	0.918	0.715	0.429	0.350	50
ハキヤメチルシクロトロキシロキサン		0.057	0.041	0.074	0.034	0.049	0.038	-
フルフラール			0.064		0.059			2
エチルベンゼン		0.021	0.027	0.031	0.017	0.012	0.015	100
スチレン		0.025	0.026	0.045	0.017			50
ベンゾアルデヒド	0.034	0.031	0.022	0.108	0.022	0.047	0.014	-
フェノール		0.043	0.019	0.079	0.020	0.025		5
アセトフェノン	0.043	0.021	0.017	0.074	0.023	0.065	0.014	-
安息香酸		0.050	0.067	0.022	0.031	0.023		-
ピーク検出数	8	46	43	47	27	33	30	

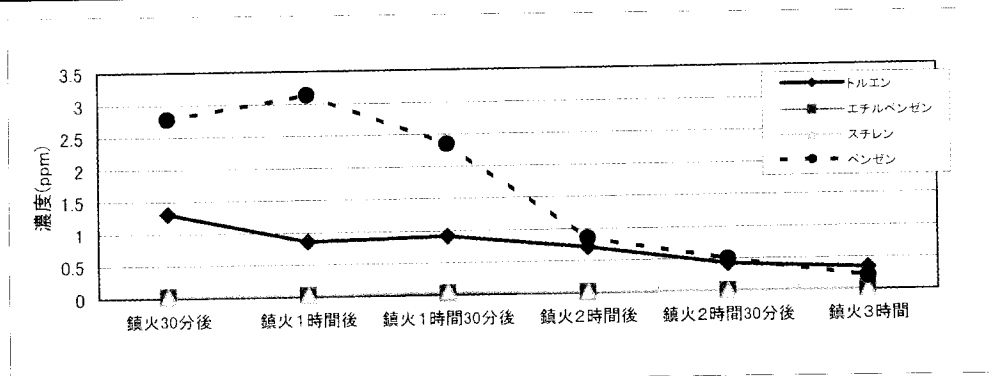


図3 和室 鎮火後の主なガス成分の濃度推移

濃度変化を見ると、鎮火後から2時間経過することで、これらの有毒ガスはある程度、拡散され、濃度が薄くなっていることがわかる。

図3に主な成分4つの濃度推移を示した。

(2) 洋室

写真5は燃焼前、写真6は燃焼後を撮影しており、流し台、冷蔵庫、テーブル等は全て焼けている。

採取時間(イ)と(エ)の実験結果におけるマスククロマトグラムを図4、5に示した。和室と同様、この図から、燃焼している最中のガス成分と鎮火後に分けて検証した。

なお、燃焼開始から2分46秒後にはすべての窓ガラスが破損している。

ア 燃焼中

燃焼中の主な検出成分を表3に示した。和室と比較すると、燃焼生成ガスの種類に相違が見られる。これは建物の構成材の違いや収容物が異なるためであると推測できる。

なお、和室と同様、燃焼によって多様な成分が大量に生成されているが、テナックスTAに吸着できる量が制限されるため、正確な濃度を測ることはできない。

この結果、燃焼生成ガスは燃焼時には146ピークが検出されている。燃焼前空気は23ピークほどであるため、約6倍の成分が検出されている。

また、ベンゼン、ピレンやベンゾ[k]フルオランテン等は有害物質で、黒煙に多く含まれている成分である。

イ 鎮火後

鎮火後の主な検出成分を表4に示した。

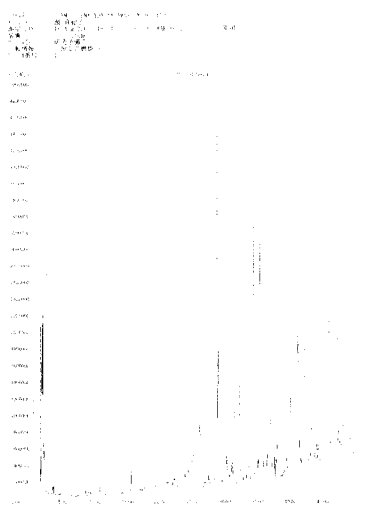


図4 採取時間(t)のマスククロマトグラム

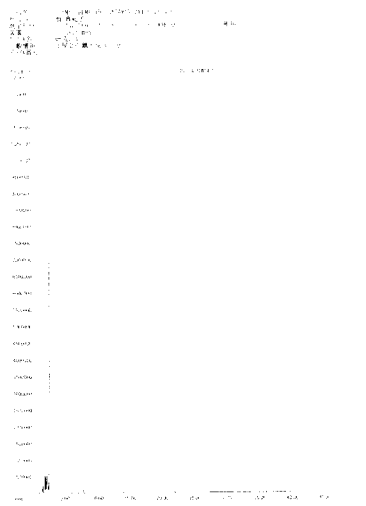


図5 採取時間(t)のマスククロマトグラム



写真5 洋室の燃焼前



写真6 洋室の燃焼後

表3 洋室 燃焼中の主な検出成分

成分		
2-プロペンニトリル	9H-フロレン-9-ワン	1-メチル-ピレン
ベンゼン	ベンゾ[a]ピレン	トリフェニレン
アセトフェノン	1-フェニル-ナフタレン	7H-ベンゾ[de]アントラセン-7-ワン
ベンゾイック酸	1H-フェナレン-1-ワン	ビス[12-エチルヘキシル]フタレート
キノリン	2-フェニル-ナフタレン	2,2-ピナフタレン
4-ヒドロキシ-ベンゾイック酸	ピレン	ベンゾ[k]フルオランテン
フェナントレン	1H-ベンゾ[b]フロレン	13H-ジベンゾ[a,h]フロレン

表4 洋室 鎮火後の主な検出成分

	燃焼前空気	鎮火直後	30分	1時間	1時間30分	2時間	2時間30分	3時間	ACGIH許容濃度
トリクロロモノフロオロメタン		0.191	0.064	0.039		0.001			-
2-プロペンニトリル		0.183	0.055	0.002					-
酢酸	0.005	0.083	0.117	0.118			0.050		10
ベンゼン		2.867	2.595	1.863	2.090	1.095	0.815	0.262	0.5
トルエン		0.217	0.163	0.150	0.163	0.055	0.067	0.021	50
スチレン		0.031	0.033	0.029	0.030	0.004	0.005		50
ベンゾアルデヒド	0.037	0.010	0.012	0.002	0.051	0.008	0.010	0.018	-
アセトフェノン	0.019	0.008	0.009	0.008	0.031	0.011	0.013	0.021	-
ピーク検出数	23	19	19	17	18	18	18	16	

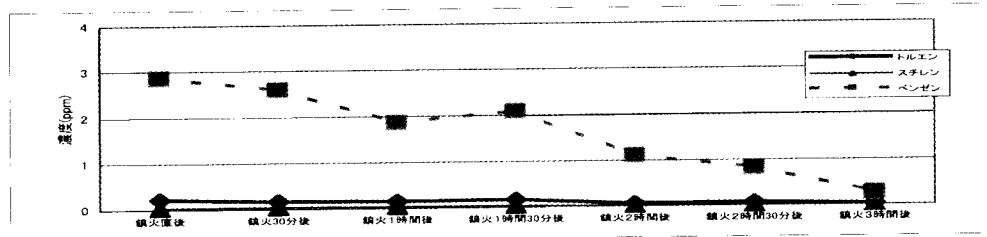


図6 洋室 鎮火後の主なガス成分の濃度推移

6 考察

(1) 燃焼中と鎮火後の成分の違いについて

図1, 2, 4, 5から和室, 洋室ともに燃焼中と鎮火後のマスクロマトグラムに違いが見られた。燃焼中の成分は加熱脱着導入システム測定時間50分間の中で測定開始から10分及び20分から50分までにピークが多く検出された。しかし, 鎮火後は測定時間10分以内にピークが検出された。

このことから, 燃焼中には沸点が高く, 分子量が大きい成分が多く生成されていることがわかった。これらの成分は不完全燃焼によってできた粒子状物質で, 黒煙に含まれている成分と考えられる。

通常, これらの粒子状物質は生成された後, 空気中に浮遊しているが, 鎮火後には検出されていない。これは, 消火水をかけることで, 水分子に付着し, 地面に流されている可能性が高い。また, 粒子状物質は発ガン性のものが多い。

(2) 鎮火後の濃度の推移について

ア 和室

鎮火後の主なガス成分の濃度推移を図3に示した。成分は, トルエン, エチルベンゼン, スチレン, ベンゼンの4つである。

ベンゼン以外はいずれもACGIH許容濃度より低い。エチルベンゼン, スチレンは鎮火後3時間経過しても, ほぼ同濃度であった。しかし, トルエン, ベンゼンは鎮火2時間後に濃度が低くなり, 3時間後にはさらに低くなっていた。ベンゼンは鎮火後2時間30分でACGIH許容濃度以下となった。

イ 洋室

鎮火後の主なガス成分の濃度推移を図6に示した。成分はトルエン, スチレン, ベンゼンの3つである。

ベンゼン以外はいずれもACGIH許容濃度より低い。スチレンは鎮火後3時間経過しても横ばいであり, 濃度変化はほとんど見られない。トルエンとベンゼンは和室と同様, 鎮火2時間後に濃度が低くなり, 3時間後にはさらに低くなっていた。ベンゼンは鎮火後3時間で許容濃度以下となった。

以上の結果から, 和室も洋室も同様に, 鎮火後1時間30分までは燃焼生成ガスは残存しているが, 鎮火後2時間経つとガス成分は拡散してきていることがわかった。

(3) 許容濃度

煙や有毒ガスの許容濃度は様々ある。例えば, 今回使用した煙や有毒ガスの許容濃度には, 労働安全衛生法関係による管理濃度, 日本産業衛生学会の許容濃度があるが, いずれも, 米国労働衛生専門家会議での許容値を基準にしている。ACGIH許容濃度とは労働者の環境下での許容濃度で, 労働時間1日8時間, 1週間40時間を基準に, ほとんどの労働者が毎日繰り返し曝露しても, 悪影響が見られない濃度である。毎年見直しが行われており, 信用性が高いものである。

その他には, 米国国立安全衛生研究所のIDLH値(安全に緊急脱出できる限界濃度)や短時間曝露限界値(TLV-STEL)等

が挙げられる。

しかし、燃焼には複数の有毒ガスが発生し、毒性の相加・相乗作用があり、この作用が極めて複雑であることから、専用の許容濃度を設定することは非常に難しい。

ACGIH許容濃度と比較した結果はベンゼン以外は許容濃度以下となったが、様々な環境下では濃度は低くなる可能性があり、また、年々、許容濃度が見直されて低くなっている傾向がある。このことから、現在の許容濃度より低いからといっても、本来それらの成分は有毒であり、必ずしも安全であるとはいえない。

(4) ベンゼンの毒性

ベンゼンは発ガン性の物質である。また、ベンゼンの健康影響で最も多く報告されているのは、再生不良性貧血に導く骨髓機能低下である。1 ppmの曝露を40年間受け続けても白血病による死亡増加に統計学的関連性はないとの結論が出ているが、10 ppm以上の曝露を10年間受け続けると、何らかの影響が考えられると言われている。

なお、ベンゼンの物理的・化学的特性について、表5に示した。

このベンゼンは、和室において鎮火後1時間30分、洋室においては鎮火後2時間まで1 ppm以上の濃度があり、長年、この濃度の曝露を受けると、身体に何らかの悪影響を及ぼす可能性が高くなる。

一般の人々がベンゼンに曝露されるのは、ガソリンとたばこである。たばこの例を挙げると、たばこは百害あって一利なしと言われているが、喫煙者がベンゼンを曝露す

表5 ベンゼンの物理的・化学的特性

物理的状态 (20°C)	無色透明液体
引火点	-11.1°C
可燃限界	1.3%~7.1%
融点	5.5°C
沸点	80.1°C
密度	0.878
臭覚限界	1.5~4.7ppm

る濃度は0.3ppmである。たばこを吸うより、火災現場での曝露の方が大きいのである。

7 まとめ

燃焼中と鎮火後では有毒ガスの種類が異なることがわかった。燃焼中は比較的沸点が高く、分子量の大きい粒子状物質が多く検出された。これらは黒煙に含まれている成分と考えられ、発ガン性を有する成分である。

また、濃度変化は鎮火後2時間経過することで、拡散されているが、ベンゼンの濃度は鎮火後2時間30分から3時間にかけて、ACGIH許容濃度以下になることがわかった。

今回、測定した結果、ベンゼンの濃度は許容濃度以上に高く、たばこからの曝露より高いことがわかった。このことから、長年、曝露すれば、身体に悪影響を及ぼすであろうと考えられる。

以上のことから、燃焼中の煙はもちろんのこと、鎮火後における有毒ガスの曝露についても考慮していかなくてはいけない。

今後は、実際の火災現場における鎮火後の有毒ガスと濃度を測定し、有毒ガスの曝露等について検証していく所存である。

【参考文献】

- 1) 「化学品安全業務マニュアル 増補第3版」
株式会社ダイリサーチマーテック編集・刊行
- 2) 「安全工学講座7 大気汚染」
安全工学協会編 海文堂出版
- 3) 「第50回全国技術者会議資料」
独立行政法人消防研究所編
- 4) 「火と煙と有毒ガス」
東京消防庁消防科学研究所 東京法令出版
- 5) 「化学物質データベース」
独立行政法人 国立環境研究所ホームページ
- 6) 「火災燃焼生成物の毒性」
自治省消防庁監修 新日本法規

降雪時の消火栓除雪対策用機器（遠赤外線面状発熱体）に関する研究について

花崗 一正*

菅原 法之*

要 約

本研究は、中長期計画の項目の一つである「無排水・無除雪型消火栓の開発」に関して、消火栓除雪対策の研究として遠赤外線面状発熱体を利用した融雪装置を作成し、消防学校敷地内の単口消火栓2基に設置し、その融雪状況を観察した。

1 はじめに

現在、本市における消防水利の主軸となっている消火栓は市内に約16,000基ある。

冬期間の警防業務の中で最も重要で難題の一つであり、時間と労力が必要な消火栓除雪（水利確保のため）は、積雪路面での道路幅員狭隘による交通渋滞、除雪車などの除排雪の堆積、職員の高齢化等、多くの問題を抱えている。

そこで、消火栓除雪の省力化を図るため、遠赤外線面状発熱体を利用した融雪装置（株）永井技研製）を消防学校敷地内設置の単口消火栓2基に平成13年12月から平成14年3月まで設置し、その状況を観察、有効性（融雪状況、温度測定、消費電力等）を観測した。

分に被せた。

1基（訓練本塔北側）は電圧を200ボルト（融雪装置A）、もう1基（体育館南側）は100ボルト（融雪装置B）で、それぞれ積算電力計を介して通電し、融雪実験を実施した。

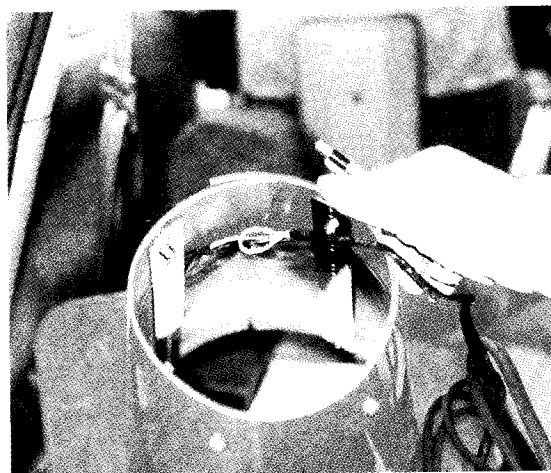


写真1 遠赤外線面状発熱体

2 実験概要

(1) 融雪装置

上部を切断したセーフティーコーンの内側に遠赤外線面状発熱体を張り付けた。

(2) 取り付け、通電状況

消火栓の水抜バルブの下部から地盤面部

融雪装置Aは、随時雪で埋設して状況を確認、融雪装置Bは、消火栓を使用可能状態とするため、降雪に対する融雪状況の確認を行った。

(3) 融雪装置A

平成13年12月21日14:40～

平成14年3月13日9:51まで

(4) 融雪装置B

平成13年12月21日14:08～

* 消防科学研究所

平成14年3月7日14:37まで

なお、この実験期間の気温(℃)及び積雪量(cm)も併せて調査した。

3 遠赤外線面状発熱体について

(1) 製造会社名

株式会社永井技研

(2) 概要(永井技研カタログによる)

ア 自己温度制御特性を持つ特殊繊維面状発熱体である。

イ この面状発熱体は基布に特殊専用塗料を塗布した導電性薄膜半導体で、任意の設定温度を自動的に制御し、一定温度の維持が可能である。

さらに、布製薄膜半導体であることから、発熱線を使用せず、金属疲労や断線の心配はない。また、温度上昇も設定範囲で済むため消費電力は他社の類似製品と比較して少ない。

ウ 特徴

- (ア) 酸化による劣化がない。
- (イ) 有害な電磁波は放射しない。
- (ウ) 柔軟性に富んでいる。

エ 穴が空いたり、部分破損しても短絡しない。

オ 発熱部分単品では、金属抵抗体熱線(Ni-Cr線)や灯油暖房より高価であるが、ランニングコスト及びメンテナンス維持管理等を総合的に試算する必要がある。

なお、札幌市内では手稲区で歩道のロードヒーティングを施工、融雪テストを行っている。

4 実験結果

(1) 通常の降雪に対し、次の期間の融雪状況変化を確認した。



写真2 消火栓への取り付け状況

12月21日(金)～12月25日(火)

この結果、融雪装置A及び融雪装置Bそれぞれのおよそ時間当たりの消費電力が判明した。

融雪装置A～約188W

融雪装置B～約121W

(2) 消火栓各位置の表面温度測定

12月25日(火)10時30分

気温-0.4℃、測定装置～熱画像装置-

Avio TVS-8000MKⅡ型



写真3 表面温度測定状況

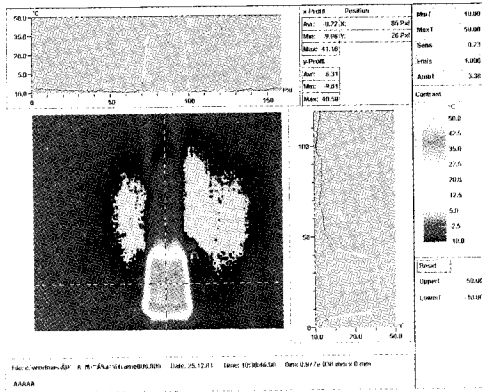


図1 融雪装置Aの熱画像装置映像

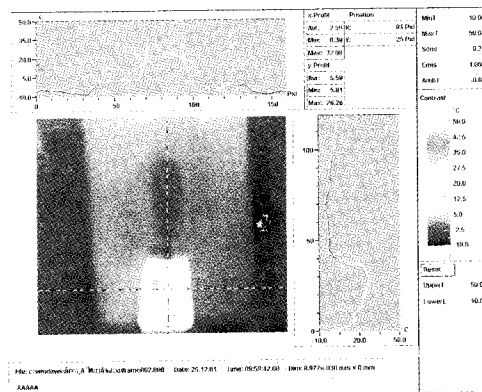


図2 融雪装置Bの熱画像装置映像

ア 融雪装置B

遠赤外線面状発熱体（以下「発熱体」という。）の最高温度32.1℃，消火栓放口付近-5℃，水抜プラグ付近-2℃，栓帽付近0℃，発熱体端22℃，発熱体外側5℃

イ 融雪装置A

発熱体の最高温度41.6℃，消火栓放口付近-6℃，水抜プラグ付近-4℃，栓帽付近-4℃，発熱体端27℃，発熱体外側4℃

(3) 融雪装置A消火栓の雪埋設による確認状況

ア 実験A-1

(ア) 12月25日（火）11時00分

（気温0.0℃）消火栓栓帽より約10cm上部までロータリー除雪機で雪を飛ばし

て圧雪状態で埋設する。

(イ) 12月27日（木）9時05分

（気温-2.0℃）埋設後1日22時間02分経過。外観上変化見られない。

(ウ) 12月28日（金）13時46分

（気温0.0℃）埋設後3日2時間46分経過。消火栓栓帽上部付近に20cm×10cm程度の開口を確認した。

なお，内部は消火栓を中心に球形に融雪（かまくら状態）されている。



写真4 消火栓上部穴状況1

(ウ) 1月4日（金）10時18分

（気温0.0℃）埋設後9日23時間18分経過。消火栓上部の開口が30cm×20cm程度に拡大し，内部のかまくら状態の空間も大きくなった。

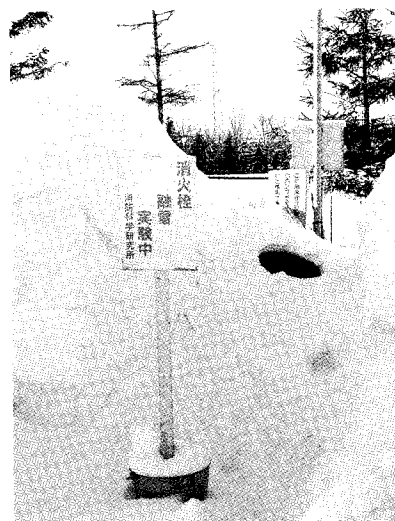


写真5 消火栓上部穴状況2

(エ) 1月7日 (月) 9時53分

(気温 -1.0°C)埋設後12日22時間53分経過。1月4日から変化はそれほど見られず、消火栓周囲を除雪し、実験A-1を終了した。なお、消火栓各位置から雪壁までの離隔距離は栓帽付近上部15cm、放口前部13cm、融雪装置A前部42cm、地盤面25cmであった。また、かまくら状態の内部は雪が凍った状態となっており、手で破壊するのは困難な硬さであった。

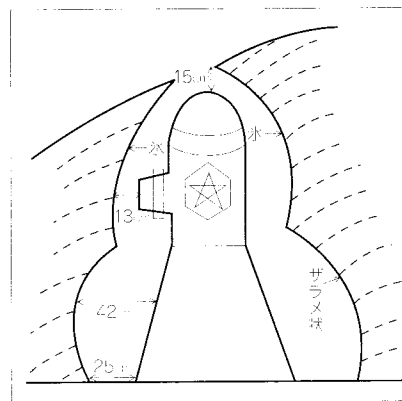


図3 実験A-1断面状況

イ 実験A-2

(ア) 1月7日 (月) 11時00分

(気温 -1.0°C)消火栓栓帽より約30cm上部まで除雪機にて圧雪状態で埋設する。

(イ) 1月11日 (金) 9時53分

埋設後3日22時間06分経過まで毎日確認するも外観上変化なし。

(ウ) 1月15日 (火) 9時06分

(気温 1.5°C)埋設後7日21時間19分経過。消火栓栓帽上部付近に直径約10cmの円形開口を確認した。

なお、この開口から内部を確認すると、前回と同様に、かまくら状態であった。

(エ) 1月15日 (火) 14時13分

(気温 4.2°C)埋設後8日2時間26分経過。午前から変化は見られないことから、消火栓周囲を除雪し、実験A-2を終了した。

なお、消火栓各位置から雪壁までの離隔距離は栓帽付近上部32cm、放口前部30cm、融雪装置A前部45cm、地盤面45cmであった。また、かまくら状態の内部も前回と同様に雪が凍った状態となっており、手で破壊するのは困難な硬さであった。

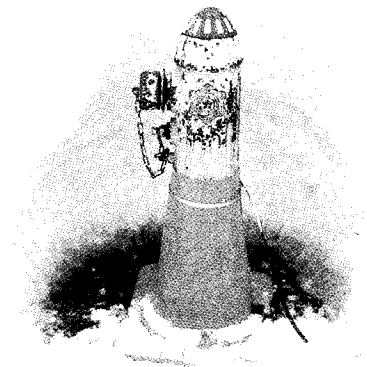


写真6 融雪内部状況

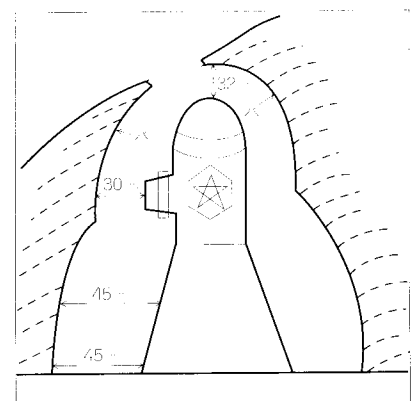


図4 実験A-2断面状況

ウ 実験A-3

(ア) 1月28日(月) 13時50分

(気温0.1℃) 融雪装置A周囲に厚さ5~8cmの板氷を消火栓栓帽のみが見える程度まで覆い、その上を雪で固めた。

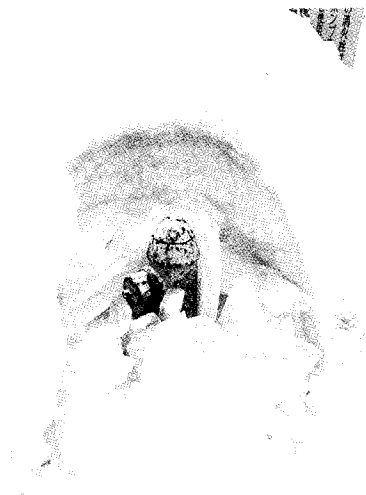


写真7 板氷での埋設状況

(イ) 1月29日(火) 13時11分

(気温-0.8℃) 埋設後23時間21分経過。栓帽付近から確認すると、融雪装置A周囲約5cmの水が溶けて隙間が確認できた。

(ウ) 1月30日(水) 11時55分

(気温-1.9℃) 埋設後1日22時間05分経過。栓帽付近から確認すると、さらに、氷が溶け、融雪装置A周囲に約10cmの隙間が確認できた。

(エ) 1月31日(木) 13時14分

(気温-1.4℃) 埋設後2日23時間24分経過。栓帽付近から確認すると、融雪装置A周囲の隙間が前日より若干広がった。

(オ) 2月1日(金) 13時23分

(気温0.7℃) 埋設後3日23時間33分経過。栓帽付近ほぼ露出、放口周囲半分程度露出。

(カ) 2月4日(月) 9時19分

(気温1.4℃) 埋設後6日19時間29分経過。放口から栓帽まで殆ど露出。

10時20分、消火栓周囲の氷を砕き実験A-3を終了した。なお、消火栓各位置から氷壁までの離隔距離は栓帽付近周囲10cm、放口前部10cm、融雪装置A前部22cm、地盤面22cmであった。

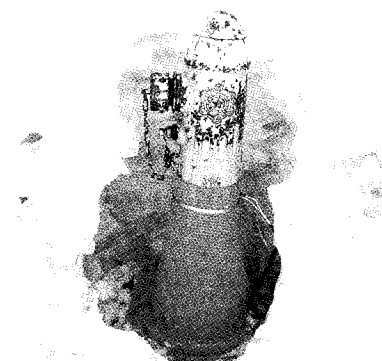


写真8 板氷の断面状況

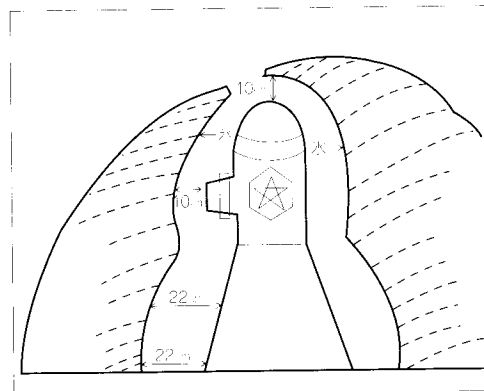


図5 実験A-2 断面状況

エ 実験A-4

融雪装置Aの融雪速度測定実験1

(ア) 2月12日(火) 9時20分

(気温-2.9℃) 融雪装置A放口側前面5cm離隔の位置から5cm間隔に6箇

所、地盤面から20 cmの高さでそれぞれ熱電対を設置（融雪装置A本体から近い順に熱電対①から熱電対⑥までとした）し、温度測定（5分間隔ごとに自動測定）を実施する。

○温度測定機器

安立計器(株)DATA-COLLECTOR
AM-7052L型・TYPEK

測定温度範囲 -200℃～1,370℃

熱電対周囲は雪を柔らかく覆い、その外部を消火栓栓帽より約20cm上部まで除雪機で圧雪状態に埋設した。

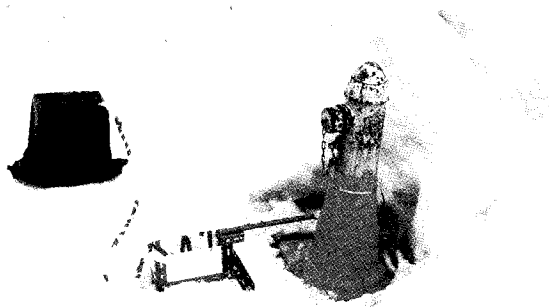


写真9 熱電対設置状況

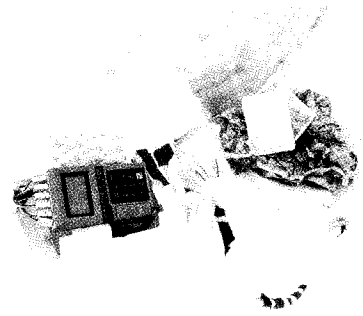


写真10 箱内部状況

(イ) 2月12日 (火) 17時00分

(気温-4.2℃) 埋設後7時間40分経過。埋設した雪山は外観上変化が見られない。

(ウ) 2月13日 (水) 9時01分

(気温-5.6℃) 埋設後23時間41分経過。埋設した雪山は外観上変化が見られない。

(エ) 2月13日 (水) 17時05分

(気温-3.7℃) 埋設後1日7時間45分経過。埋設した雪山は外観上変化が見られない。

(オ) 2月14日 (木) 8時06分

(気温-8.7℃) 埋設後1日22時間46分経過。埋設した雪山は外観上変化が見られない。

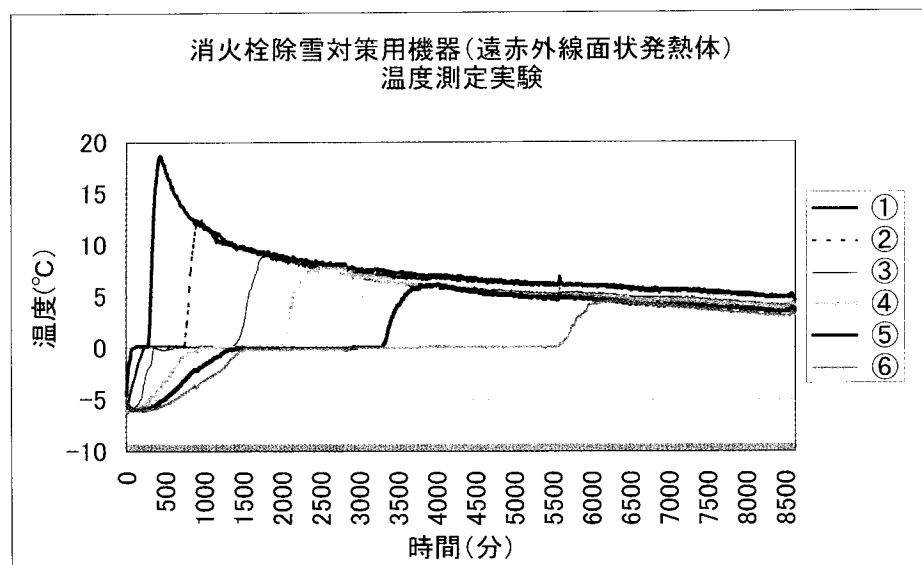


図6 消火栓前部温度測定実験

(カ) 2月14日(木) 18時38分

(気温 -4.0°C) 埋設後2日9 1時間7分経過。埋設した雪山は外観上変化が見られない。

(キ) 2月15日(金) 9時03分

(気温 -7.7°C) 埋設後2日23時間42分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近に直径約10cmの開孔が確認できたため、実験A-4を終了し、消火栓周囲を除雪した。

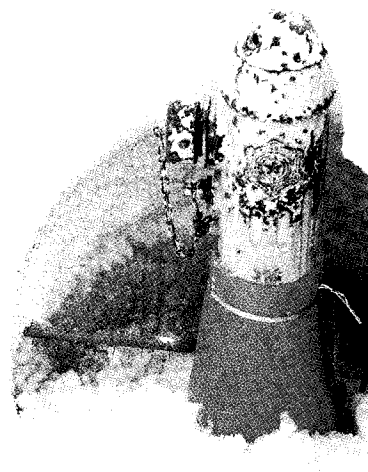


写真11 熱電対周囲融雪状況

表1 実験A-4 融雪速度測定結果

日	時	経過時間	気温 ($^{\circ}\text{C}$)	消火栓からの離隔距離 (cm)					
				5	10	15	20	25	30
2.12	9:25	0:00	-2.9	スタート					
2.12	17:00	7:45	-4.2	12.1	11.0	0.1	-0.3	-2.1	-3.6
2.13	9:01	23:41	-5.6	7.9	7.5	7.1	7.3	0.0	-0.2
2.13	17:05	31:45	-3.7	7.1	6.7	6.0	6.1	5.8	0.0
2.14	8:06	46:46	-8.7	6.2	6.0	5.3	4.9	4.8	0.1
2.14	18:38	57:17	-4.0	5.8	5.5	4.9	4.7	4.2	4.2
2.15	9:03	71:42	-7.7	5.2	5.1	4.4	4.3	3.8	3.2

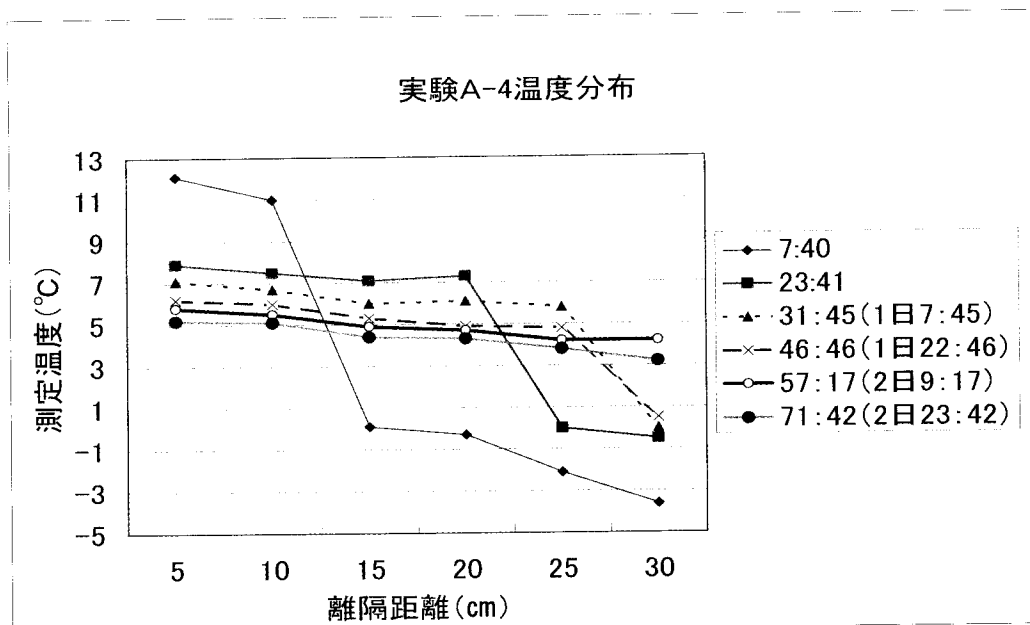


図7 実験A-4温度分布

オ 実験A-5

融雪装置Aの融雪速度測定実験2
(消火栓上部まで圧雪状態で埋設)

(ア) 2月18日(月) 11時00分

(気温3.8℃)融雪装置A前面に熱電対を設置し、消火栓栓帽より約20cm上部まで埋設した。

(イ) 2月18日(月) 17時14分

(気温1.9℃)埋設後6時間14分経過。埋設した雪山は外観上変化が見られない。

(ウ) 2月19日(火) 9時01分

(気温2.6℃)5回目埋設後22時間01分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近に直径約10cmの開口が確認できたが、熱電対②までしか温度上昇していない。

(エ) 2月19日(火) 17時17分

(気温-0.1℃)埋設後1日6時間17分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の直径約10cmの開口には殆ど変化が見られない。

(オ) 2月20日(水) 9時00分

(気温2.1℃)埋設後1日22時間00分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の開口は約20cm×15cm楕円形に拡大したが、熱電対③までしか温度上昇していない。

(カ) 2月20日(水) 17時12分

(気温0.5℃)埋設後2日6時間12分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の開口は約20cm×15cm楕円形であり、殆ど変化が見られない。

(キ) 2月21日(木) 9時02分

(気温-0.2℃)埋設後2日22時間02分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の開口は約25cm×18cmの楕円形に拡大したが、熱電対④までしか温度上昇していない。

また、この開口から内部を確認すると雪の内壁付近に熱電対④がほぼ接して露出しているのが確認できた。



写真12 内部の熱電対状況

(ク) 2月21日(木) 17時15分

(気温0.5℃)埋設後3日6時間15分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の約25cm×18cm楕円形の開口には殆ど変化が見られない。

(ケ) 2月22日(金) 9時18分

(気温1.6℃)埋設後3日22時間18分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の開口は約30cm×19cmの楕円形に拡大したが、熱電対④までしか温度上昇がみられない、この開口から内部を確認すると雪の内壁付近に熱電対⑤がほぼ接し、露出しているのを確認した。

(コ) 2月22日(金) 17時15分

(気温0.5℃)埋設後4日6時間15分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の約30cm×19cm楕円形の開口には殆ど変化が見られない。

(サ) 2月25日(月) 9時37分

(気温2.3℃)埋設後6日22時間37分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の開口は約35cm×22cmの楕円形に拡大したが、熱電対①から⑥までの温度

は3.2℃から1.1℃であった。

なお、開口から内部を確認すると、雪壁の内側に熱電対がすべて露出しているのを確認した。

(シ) 2月26日(火) 9時02分

(気温0.8℃) 埋設後7日22時間02分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の開口は約38cm×24cmの楕円形に拡大した。

(ス) 2月26日(火) 14時50分

(気温1.4℃) 埋設後8日3時間50分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の開口は約38cm×24cmの楕円形のままで殆ど変化は見られないことから、実験A-5を15時00分で終了し、消火栓周囲を除雪した。

表2 実験A-5 融雪速度測定結果

日	時	経過時間	気温(℃)	消火栓からの離隔距離 (cm)					
2.18	11:00	0:00	3.8	スタート					
2.18	17:14	6:14	1.9	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	-0.1
2.19	9:01	22:01	2.6	9.0	5.4	0.2	0.2	0.1	0.1
2.19	17:17	30:17	-0.1	8.1	7.9	0.4	0.4	0.3	0.1
2.20	9:00	46:00	2.1	6.3	6.4	5.7	0.1	0.1	0.0
2.20	17:12	54:12	0.5	4.6	4.7	4.1	0.2	0.1	0.0
2.21	9:02	70:02	-0.2	4.6	4.5	4.1	3.2	0.3	0.2
2.21	17:56	78:15	0.5	4.3	4.4	4.1	3.7	0.7	0.5
2.22	9:18	94:18	1.6	4.4	4.3	4.1	3.8	1.0	0.6
2.22	17:15	102:15	0.5	4.0	3.3	3.4	3.2	1.7	0.8
2.25	9:37	166:37	2.3	3.2	2.9	2.5	2.1	1.8	1.1
2.26	9:02	190:02	0.8	2.3	2.3	2.3	2.2	2.0	1.2
2.26	14:50	195:50	1.4	2.2	2.3	2.3	2.1	1.9	1.3

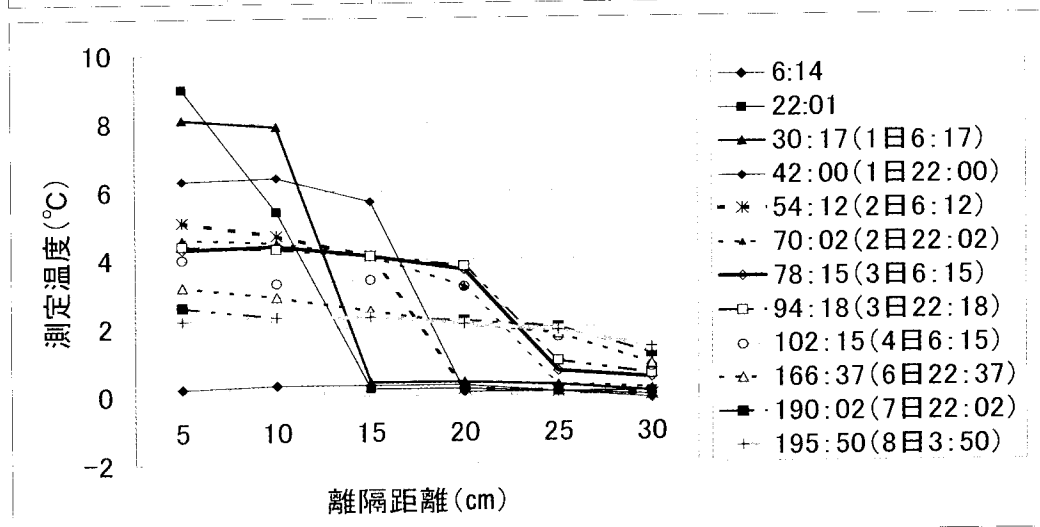


図8 実験A-5 温度分布

カ 実験A-6

装置Aの融雪速度測定実験3

今回の実験は、一旦融雪装置Aの電源を遮断し、消火栓及び融雪装置Aを冷却して、雪で埋設後に電源を通電して観測することとし、融雪装置A前面の熱電対は前回と同じ位置に設置、除雪機で消火栓上部まで埋設した。

(ア) 3月1日(金) 10時20分

(気温1.9℃) 融雪装置A前面に熱電対を設置し、消火栓栓帽より約20cm上部まで雪を埋設し、埋設後融雪装置Aの電源を通電した。

(イ) 3月1日(金) 16時41分

(気温1.3℃) 埋設後6時間21分経過。埋設した雪山は外観上変化が見られない。

(ウ) 3月4日(月) 9時13分

(気温-1.1℃) 埋設後2日22時間53分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近に直径約15cmの開口が見られ、この開口から内部を見ると熱電対④までが露出しているのを確認できた。

(エ) 3月5日(火) 9時10分

(気温3.9℃) 埋設後3日22時間50分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の開口は直径約17cmに拡大し、この開口から内部を確認すると熱電対④までが露出しているのを確認できた。

(オ) 3月6日(水) 17時13分

(気温-0.6℃) 埋設後5日6時間53分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の開口は直径約20cmに拡大し、この開口から内部を確認すると熱電対⑤までが露出していた。しかし、温度測定機器を収納している発泡スチロール箱内に水が浸入し(温度測定器が水損した)、測定値にバラツキが生じた。

(カ) 3月7日(木) 14時43分

(気温0.3℃) 6回目埋設後6日4時間23分経過。埋設した雪山の消火栓上部付近の開口は直径約22cmに拡大し、この開口から内部を確認すると熱電対全部が露出していた。

以上で実験を終了することとし、消火栓周囲を除雪した。

なお、水濡れのトラブルにより実験A-6については温度の計測データは3月5日9時10分までの離隔距離25cm地点の温度上昇までしか得られなかった。

表3 実験A-6 融雪速度測定結果

日	時	経過時間	気温(℃)	消火栓からの離隔距離 (cm)					
				5	10	15	20	25	30
3.1	10:20	0:00	1.9	0.4	0.5	0.5	0.7	0.6	0.5
3.1	16:41	6:21	1.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0
3.4	9:13	70:53	-1.1	3.8	3.8	3.6	2.7	0.0	0.0
3.5	9:10	94:50	3.9	4.2	4.0	3.7	3.5	1.0	0.0
3.6	17:13	126:53	-0.6	0.0	0.0	-0.5	1.3	-0.2	2.3
3.7	14:43	148:23	0.3	2.6	2.7	2.4	2.2	2.0	0.7

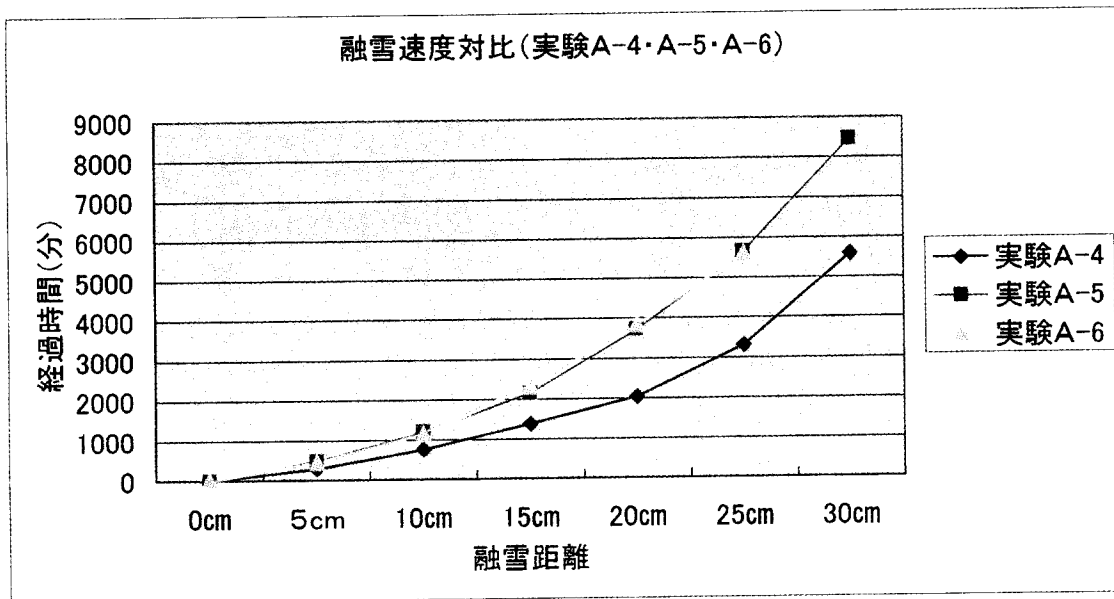


図9 融雪速度対比

5 今回の実験による消費電力等

約3カ月半実験を継続するも天候、降雪、気温の相違や雪による埋設の場合等による消費電力量変化は殆ど見られなかったことから、平均値をとり計算することとする。

(1) 消費電力量の計算

ア 融雪装置B

平成13年12月21日～

平成14年3月7日まで

計1,800.98時間

消費電力218.84kwh

1時間当たり121.51w

イ 融雪装置A

平成13年12月21日～

平成14年3月13日まで

計1,914.09時間

消費電力342.46kwh

1時間当たり178.92w

(2) 電気料金の計算

一般家庭用の従量電灯B（契約電流が5A、10A、20A、30A、40A、50A、60Aで、電灯または小型機器を使用する場合に適用）タイプの契約電流5Aとして

基本料金 228円

電力量料金1kwhごとに16円55銭

電気料金(円未満切捨て) = 基本料金 + 電力量料金 + 消費税～式1

ア 融雪装置B

1時間当たり121.51wで30日分に換算すると約87.5kwになる。この電力量の料金は、16円55銭×87.5kw=1,448円12銭となり、式1に当てはめると228円+1,448円12銭+83円（消費税）=1,759円/月

イ 融雪装置A

1時間当たり178.92wで30日分に換算すると約128.8kwになる。この電力量の料金は、16円55銭×128.8kw=2,131円64銭となり、式1に当てはめると228円+2,131円64銭+117円（消費税）=2,476円/月

以上の結果、電気料金は200Vの方が100Vより約1.4倍高いことがわかる。

6 考察

以上の実験結果を見ると、降雪のみに対しては融雪され、消火栓上に雪が積もることはなかった。

また、消火栓周囲上部に圧雪状態で雪を固めて埋めると約2日(46時間)経過までは外観上変化が見られず、約3日(74時間)経過で上部に穴を確認した。

さらに、氷で固めて埋めた場合、約1日(23時間)経過で、融雪装置の周囲約5cmの空間(かまくら状態に)が見られ、約2日(47時間)経過で、この空間が約10cmに広がり、3~4日経過するにつれ、さらに、空間が広がっていくことが確認できた。

しかし、圧雪及び氷の場合も、融雪装置周囲の溶融は見られたが、この、かまくら状態の穴の内部は氷状で固くなっており、雪山の上の開口から消火栓が確認できても、この雪山を素手で破壊できる状態(柔らかさ)ではなかった。

また、熱電対による消火栓前部の温度測定実験では、温度上昇が見られたのは、離隔距離5cmまでは、5時間、10cmまでは12時間40分、15cmまでは23時間、20cmまでは、34時間(1日10時間)、25cmまでは55時間10分(2日7時間10分)、30cmまでは93時間10分(3日21時間10分)の時間をそれぞれ要している。温度上昇が見られたことは、その部分までの雪が溶けていることが考えられるが、離隔距離が大きくなれば、それだけ空間容積が広がってきているため、温度上昇時間が余計かかっているのがわかる。

7 まとめ

実験結果を見ると、この融雪装置の形状では発熱体周囲の雪や氷を溶かすことは可能であるが、消火栓を使用可能状態になるま

で雪や氷を溶かすことは、今回の実験の数日間では不可能であった。

このため、融雪装置の形状変更や温度設定の変更等の研究が必要であると思われる。

また、電気料金については、この融雪装置使用による融雪に公共性があることを考慮して、装置完成後、電力会社と打ち合わせる必要がある。

今後は、これらを含め、さらに実用化に向けて研究を進める予定である。

高規格救急車の振動実験

橋本 好弘*
 菩提寺 浩**
 瀬戸 光昭***

要 旨

平成13年度に導入された高規格救急車は、冬道走行時、車両やストレッチャー上の振動が大きく感じられ、応急処置への支障となったり、振動に起因する車両・機器の故障が発生していると考えられることから、既存の車両との比較実験を実施した。

この結果、既存の車両よりも振動が大きいことが判明し、防振架台の固定方式やサスペンションを改良した。

1 実験目的

冬道の凹凸の激しい道路の走行時、平成13年度に新たに導入された車両のA車は、ストレッチャー上や車両の振動が大きいと思われることから、この車両と従前より使用されていた車両のB車との振動比較実験を実施して、現状を確認すると共に、適切な振動低減に繋がる資料を作成する。



写真1 実験車両

2 実験概要

(1) 実験年月日

平成14年2月4日(月)

(2) 実験場所

札幌市消防学校

(3) 実験実施者

消防科学研究所—花崗所長，菅原司令補，

橋本司令補

装 備 係—佐藤係長，佐々木司令補，

瀬戸消防士

東 救 急 隊—菩提寺係長，今川士長，

大野消防士

(4) 実験条件

ア 実験車両

(7) A車

(4) B車

イ 実験車両諸元

表—1 実験車両の諸元

車種		A 車	B 車
諸元	型 式	GE-FLWGE50	KK-FG68EE(キヤンター)
寸法	全長(mm)	5,750	5,920
	全幅(mm)	1,900	2,060
	全高(mm)	2,460	2,830
	ホイールベース(mm)	3,390	3,370
エンジン	種類	V型6気筒ガソリン	直列4気筒ディーゼル
	総排気量(cc)	3,274	5,249
	最高出力(KW(ps))	125(170)/4,800	102(140)/3,200
	最大トルク(N・m)	266/2,800	333/1,600
シヤシ	駆動方式	4輪駆動(フルタイム)	4輪駆動(フルタイム)
	トランスミッション	4AT	4AT
	サスペンション	前:ストラット/コイルスプリング独立懸架 後:車軸式リーフスプリング	前:ダブルウィッシュボーン式独立懸架 後:車軸式エアスプリング
タイヤサイズ	バッドア	205/65R16	205/85R16
	バッドア	はね上げ履	観音履
車両重量(kg)		2,930	5,220
車両総重量(kg)		3,370	5,660
乗車定員(名)		8	8
最小回転半径(m)		6.4	6.4
防振架台	メーカー	A 社	B 社
	防振架台機構	エアスプリング 電動コンプレッサー	コイルスプリング 電動油圧制御
	自動搬入搬出装置	チェーンドライブ式	シリンダ伸縮ワイヤー式

* 消防科学研究所 ** 東消防署警防課 *** 装備係

イ 走行路面及び走行速度

(ア) 実験1 凹凸の激しい道路の想定

(垂木障害) 冬道のそろばん道路のような凹凸の激しい道路を想定するために、コンパネの上に垂木(45mm角)を40cm間隔に5本取り付け、これを左右20cmずらし、各列2枚つづの合計4枚設置したもので、写真2はこの状況を撮影したものである。走行速度は、非常にゆっくりな5km/hと徐行程度の15km/hの2種類で、各速度とも3回づつ実施した。

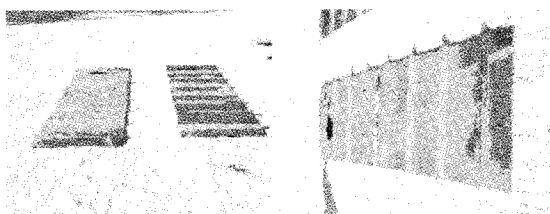


写真2 垂木障害の状況

(イ) 実験2 凹凸の激しい道路の想定

(ホースブリッジ障害) (7)以上の凹凸の激しい道路を想定するために、ホースブリッジ(最大高さ70mm、くぼみ間隔140mm)を左右に30cmずらして、60cm間隔に3個づつの合計6個設置したもので、写真3はこの状況を撮影したものである。

走行速度は、(7)同様に非常にゆっくりな5km/hと徐行程度の15km/hの2種類で、各速度とも3回づつ実施した。

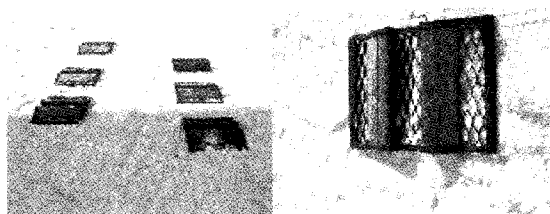


写真3 ホースブリッジ障害

(ウ) 実験3 圧雪路の想定

圧雪路での走行を想定して、消防学校南門付近から車庫前までの150m程

度の直線を走行速度30km/hで3回実施した。

ウ タイヤチェーンの装着状況

実験1～実験3は、各車両に支給されているコイルチェーンを装着した場合とチェーン未装着の2種類実施した。

エ 救急車内の状況

実験1～実験3は、運転席1名、助手席1名、患者役としてストレッチャー上1名、ほか3名の合計6名乗車で実験を実施した。

患者役については、各実験を3回づつ実施したことから、各実験のNo.1が体重55kg、No.2が体重70kg、No.3が体重85kgの人とした。

また、各車両とも防振架台を作動状態として実験を実施した。

3 測定位置・測定方法

測定位置は、写真4に示すストレッチャー上の頭部、腰部、足部、ストレッチャー上腰部下の床面及びストレッチャー上足部下の床面の5箇所として、それぞれ前後、左右、上下の振動を測定した。

測定方法は、加速度変換器((株)共和電業製AS-10TG)で計測後、信号増幅器((株)共和電業製MCC-16A)で信号を増幅させ、データレコーダー(株)共和電業製RTP-772A)で収録し、データアナライザー(株)共和電業製DAA-110B)で、20ms毎にデータを取り出し解析したものである。

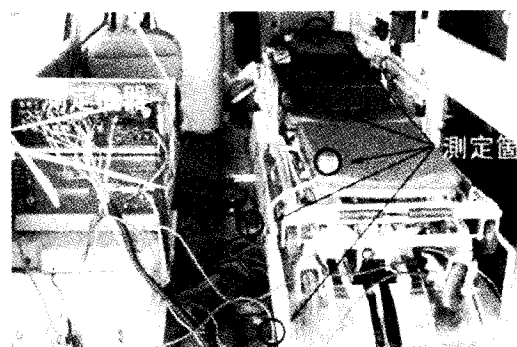


写真4 測定位置・測定機器

4 実験結果

(1) 垂木及びホースブリッジ障害の車両床の振動

図-1は、垂木及びホースブリッジ障害（以下「障害路」とする。）の車両床最大振動の平均を表したもので、縦軸は振動値として加速度G、横軸は障害別・チェーン別・走行速度別に表したものである。

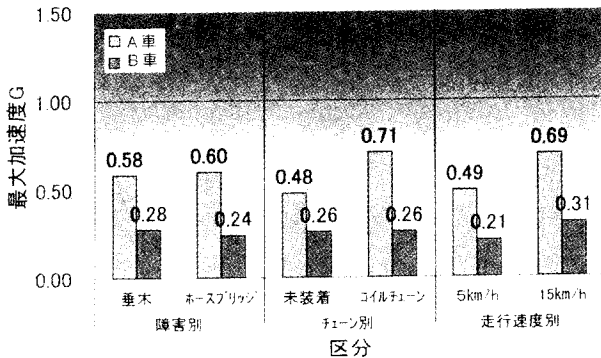


図-1 車両床の振動

障害別の振動は、垂木障害はA車が0.58G、B車が0.28G、ホースブリッジ障害はA車が0.60G、B車が0.24Gと、両車両とも違いは殆ど見られなかった。

チェーン別の振動は、チェーン未装着はA車が0.48G、B車が0.26G、コイルチェーン装着時はA車が0.71G、B車が0.26Gとなり、A車の振動はB車に比べて、チェーン未装着時が1.8倍、コイルチェーン装着時が2.7倍になった。

また、速度別の振動では、走行速度が5km/hはA車が0.49G、B車が0.21G、15km/hではA車が0.69G、B車が0.31Gと何れの車両も速度を5km/hから15km/hに上昇させると、5割程度振動が増加する結果となった。

(2) 垂木及びホースブリッジ障害のストレッチャー上最大振動の平均

図-2は、図-1同様に障害路のストレッチャー上最大振動の平均を表したものである。障害別の振動は、垂木障害はA車が0.80G、B車が0.59G、ホースブリ

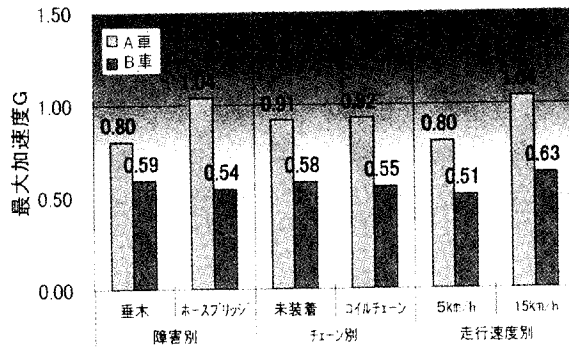


図-2 ストレッチャー上の最大振動

ッジ障害はA車が1.04G、B車が0.54Gと、B車は振動の大きさに殆ど差が見られなかった。A車は垂木障害に比べてホースブリッジ障害は、3割程度振動が大きくなった。

チェーン別の振動は、チェーン未装着時はA車が0.91G、B車が0.58G、コイルチェーン装着時はA車が0.92G、B車が0.55Gとなり、チェーンの影響は殆ど受けない結果となったが、A車はB車に比べて、何れも1.6倍程度の振動となった。

また、速度別の振動は、走行速度5km/hではA車が0.80G、B車が0.51G、15km/hはA車が1.04G、B車が0.63Gと何れの車両も走行速度を5km/hから15km/hにすると、2割程度振動が大きくなる結果となった。

(3) 圧雪路走行速度30km/hの平均振動

図-3は、チェーン別に圧雪路を速度30km/hで走行した時の車両床とストレッチャー上の平均振動を表したものである。

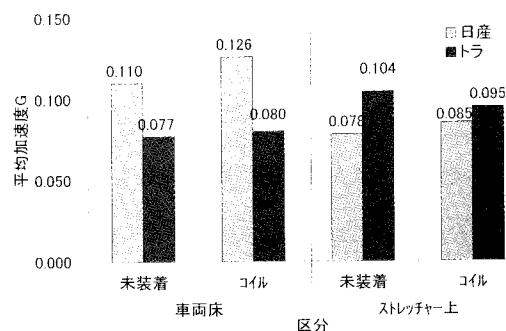


図-3 圧雪路走行の平均振動

車両床のチェーン装着時の振動は、A車が0.110G、B車が0.077G、コイルチェーン装着時はA車が0.126G、B車が0.080Gとなっており、A車の振動はB車に比べて、チェーン未装着時は1.4倍、コイルチェーン装着時は1.6倍になった。

ストレッチャー上のチェーン未装着時の振動は、A車が0.078G、B車が0.104G、コイルチェーン装着時はA車が0.085G、B車が0.095Gとなっており、A車の振動はB車に比べて、チェーン未装着時は2.5割減、コイルチェーン装着時は1割減となった。

(4) 測定位置・振動方向別

図-4は、障害路の最大振動平均と圧雪路の平均振動を測定位置及び振動方向別に表したものである。

この図から、圧雪路の場合、A車とB車の大きい差は見られないが、障害路では、A車のストレッチャー上足部分の上下振動や車両床の上下振動が際立って大きくなっている。また、A車とB車の振動波形を比較すると、A車の方が1,2本の突出した異常ピークが多く、またA車の測定位置・振動方向別ではストレッチャー上の上下振動にこの傾向が多く表れている。

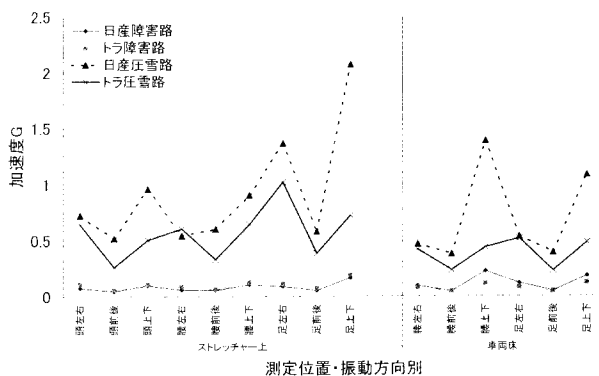


図-4 測定位置・振動方向別の振動

(5) 体重別

図-5は、図-4同様に障害路の最大振動

平均と圧雪路の平均振動平均をストレッチャー上の患者の体重別に表したものである。

何れの車両も、障害路及び圧雪路とも体重の違いによる振動値の変化は見られなかった。

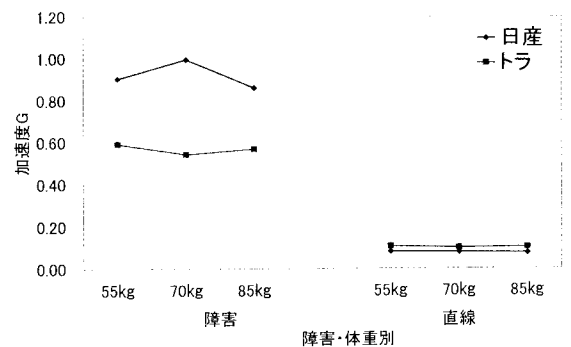


図-5 障害・体重別の振動

5 考察

(1) 車両

障害路の車両床平均振動は、A車はB車にチェーン未装着時が1.8倍、コイルチェーン装着時が2.7倍であり、これらの平均では2.3倍になった。

圧雪路での車両床平均振動は、A車はB車に比べて、チェーン未装着時が1.4倍、コイルチェーン装着時が1.6倍であり、これらの平均では1.5倍になった。

この結果、A車はB車に比べて振動を吸収しづらいが、この傾向は凹凸が激しくなるに従って強くなる。

このことについては、車両の振動は、一般的にサスペンションに大きく影響される。前輪で比較すると、A車はストラット/コイルスプリング独立懸架、B車はダブルウィッシュボーン独立懸架となっており、何れの車両も独立懸架なことから、振動の吸収は大きいと考えられる。

しかし、このような差が生じた要因としては、骨組みやコイルなどのサスペンションの構成部品がA車はB車に比べて、大きい振動を吸収しづらくなっていたのではないかと考えられる。

(2) ストレッチャー上の振動

障害路の最大振動平均は、A車はB車に比べて1.6倍程度となった。

また、圧雪路の平均振動は、A車はB車に比べてチェーン未装着時が2.5割減、コイルチェーン装着時が1割減となり、これらの平均でも2割減となった。

防振架台の構造は、A車のものは電動コンプレッサーで防振架台を上昇させ、エアースプリングにより振動を吸収する形式であり、この場合、固有振動数は変化せず、減衰作用もばね定数に比例して増えるため、振幅も変化せずほぼ一定となるが、B車のものは電動油圧によりストレッチャーを上昇させた後、コイルスプリングにより振動を吸収する形式となっているために固有振動数が下がり、減衰効果が薄れて振幅が大きくなる傾向にある。また、B車のものは上下振動の吸収のみとなっているが、A車のそれは、エアースプリング上部に防振ゴムが設置されており横揺れも軽減する構造になっており、機能的にはB車のものに比べてA車のそれの方が振動の減衰効果が大きいと考えられる。

ストレッチャー上に寝た患者役によると、A車は柔らかく、B車は硬いイメージであったというように、小さい振動はA車がB車に比べて吸収が大きくなったが、障害のように大きい振動では、車両床の振動値に大きい開きがあることから、評価は難しい。

(3) 車両床とストレッチャー上の振動の関係

車両床とストレッチャー上の振動を比較すると、障害路では、A車はストレッチャー上の振動が車両床の1.6倍、B車は2.2倍と何れの車両も共振しているが、圧雪路では、A車が3割減、B車が1.3倍とB車のみ共振している。

6 まとめ

車両振動は、A車はB車に比べて減衰効果が全体的に小さく、またサスペンションの構造が小さい振幅の振動に重点が置かれ、大きい振動は小さい振動に比べて、さらに減衰効果が小さいと考えられる。

防振架台は、A車はサスペンション同様に小さい振幅の振動は減衰効果が大きくなったが、左右の振動を吸収する機構は、あまり効果が見られない。また、A車は体重別に防振架台の高さを調節しているが、A車及びB車とも体重差は振動値に影響しなかった。

走行速度の影響については、5 km/hから15 km/hに上昇させると、A車とB車は何れも車両の振動は5割増、ストレッチャー上の振動は2割増となった。

振動方向については、A車はB車に比べて車両床の上下振動とストレッチャー上の足の上下振動が大きくなっており、振動波形は、A車の上下振動に1,2本の突出した異常ピークが多く表れている。

7 結論

A車はB車に比べて、今回実験したような振動が大きいと思われる道路では、サスペンションの減衰効果が小さく、この傾向は振動が大きくなるに従って強いことから、サスペンションの振動緩和の働きをするコイルバネ、コイルバネの自由振動を抑えるショックアブソーバー、これらを保持するアーム・ロッド類の骨組みを、冬道のような凹凸の激しい道路走行にも対応するように改良する必要があると考えられる。

防振架台については、A車のものは、B車のそれに比べて、小さい振動の減衰効果は高いが、大きい振動については車両の振動をカバーできるものではないと考えられ、エアースプリングのバネ定数を少し高めた

方が冬道走行の場合、減衰効果が高まると思われる。また、左右の振動を低減する機能が付加されているが、あまり効果があらわれていないと考えられることから、再調製が必要である。

A車はストレッチャー上の足部分の上下振動が際立って大きいことから、この部分の固定や防振ゴムの設置などの対策が必要である。

また、凹凸の激しい道路の走行では、A車及びB車の何れの車両もストレッチャー上が共振しており、防振架台の効果が現れていないことから、今後この対策も検討していかなければならない。

以 上

【参考資料】

- 1) 橋本好弘ら『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』札幌市消防局 消防科学研究所報 No.8
- 2) 三浦 登ら『自動車設計と解析シミュレーション』 培風館

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*

要 旨

本市が道路のロードヒーティング化を削減する方針を打ち出して以降、冬道自己転倒による負傷が新聞などで大きく取り上げられ市民の関心が高まってきている。

また、消防局として近年激増している救急出動件数の抑制を掲げており、その抑制は本市が昨年取得したISO14001の二酸化炭素の削減にもつながることから、冬道での転倒防止について、市民への注意を啓発するための資料として過去8年間のデータを分析した。

1 はじめに

救急出動は毎年増加しており、出動の輻輳などにより、現場到着時間の遅れなどが十分予測される。また、今後高齢化社会を迎え、冬道の転倒による負傷が致命傷になることも考えらえる。

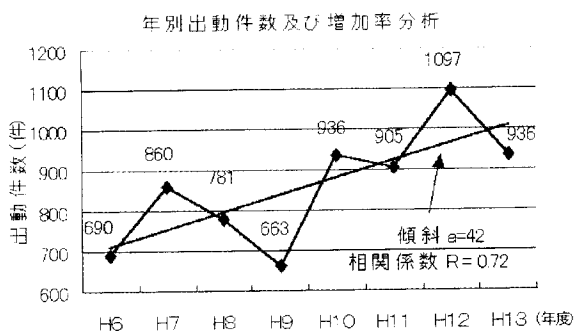
そこで、救急出動件数の抑制や高齢者の転倒事故防止のために、平成6年度から平成13年度（以下、『過去8年間』とする。）の雪道自己転倒による救急出動6868件を分析した。

以下、本稿において『出動件数』とは、雪道の自己転倒による救急出動件数、『年』とは年度である。

2 発生状況

(1) 年別出動件数

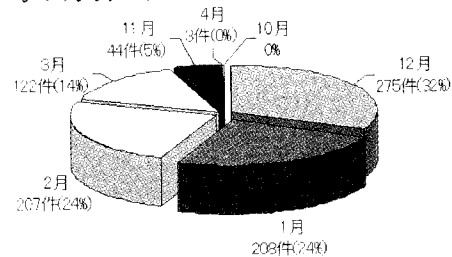
この図は、過去8年間の出動件数を折れ線グラフで表したもので、直線は増減を一次関数で相関分析したものである。



図から、年平均件数は859件で、年々42件程度増加しており、高齢化が影響しているものと思料される。

(2) 月別発生状況

この図は、過去8年間の出動件数の年平均を月別に円グラフで表したものである。



図から、雪の降り始めの12月が最も多く出動しており全体の32%を占めている。

また、12月、1月及び2月の3ヶ月間で全体の8割を占めていることがわかる。

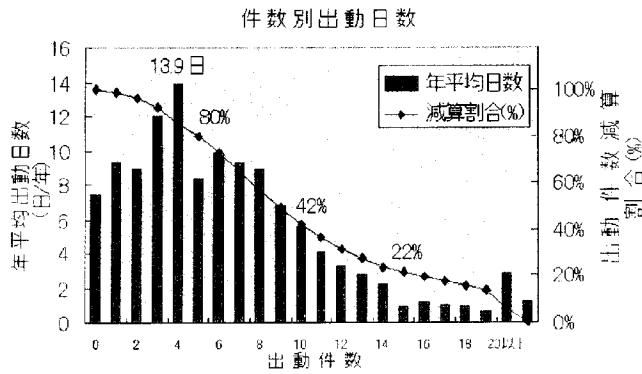
(3) 件数別出動日数

この図は、例年出動件数が増加する12月1日から3月31日までの1日当たりの出動件数を棒グラフで示したもので、折れ線グラフは出動件数が少ない側からの総出動件数の減算割合を表したものである。

図から、最も日数の多い出動件数は1日4件で年間13.9日となっている。

また、1日15件以上の出動は全出動件数の22%に留まっており、出動件数削減には多い日の対策と日常的な対策の2通りが必要である。

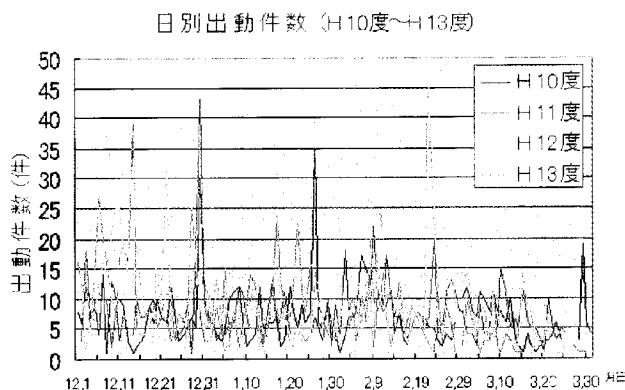
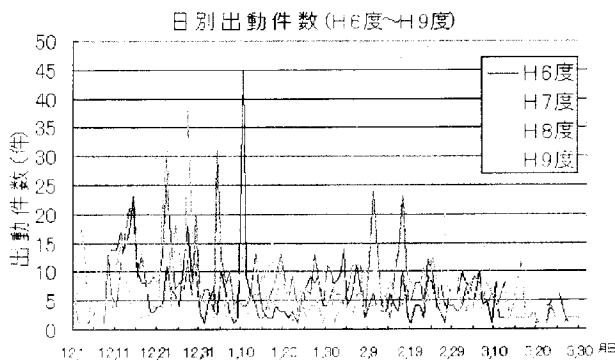
* 消防科学研究所



(4) 日別出動件数

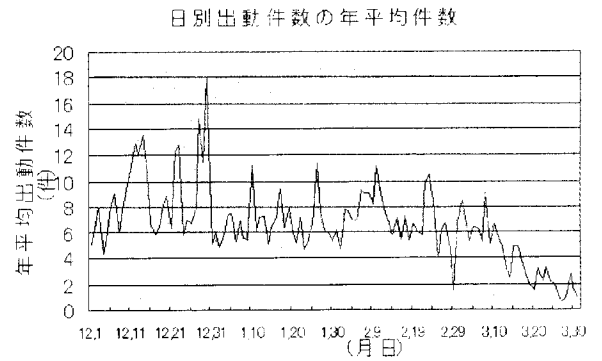
この図は、出動件数が増加する12月1日から3月31日までの1日毎の発生件数をグラフにしたもので、順に平成6年度から平成9年度のグラフ、平成10年度から平成13年度のグラフである。

図から、雪の積もり始めである12月に、出動件数の多い日集中している。また、ほとんどのピークは5日程度の間隔を置いて2本対になっており、滑り易い路面が一度発生すると、その5日後後に再度同様な路面状態になると思われる。



下の図は、上の2つのグラフを加算したものである。

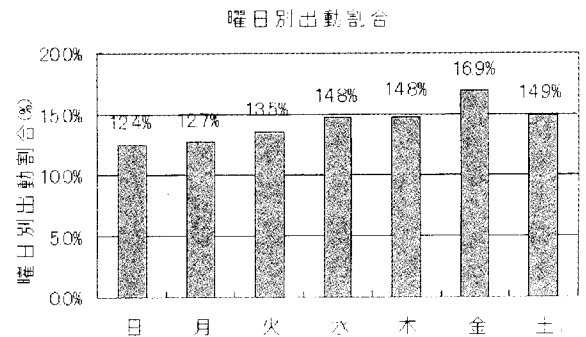
図から、最も出動件数の多い時期は12月28日から31日、次いで12月11日から16日、12月22日から24日であり、不安定な12月の気候が影響していると考えられる。



(5) 曜日別出動件数

この図は、過去8年間の出動を曜日別の割合で示したものである。

日曜日から金曜日にかけて増加しているが、最も多い金曜日と最も少ない日曜日では4.5%の差である。

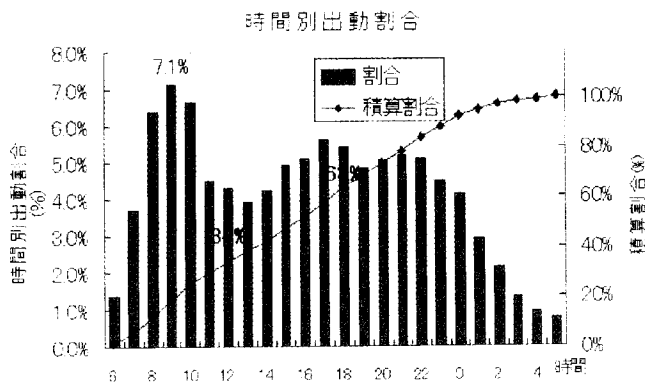


(6) 時間別

この図は、過去8年間の出動件数の年平均を時間別に棒グラフで表したもので、折れ線グラフは6時からの積算割合を示したものである。

図から、8時から10時が最も出動件数が多い時間帯となっているが、夜間も多く発生している。

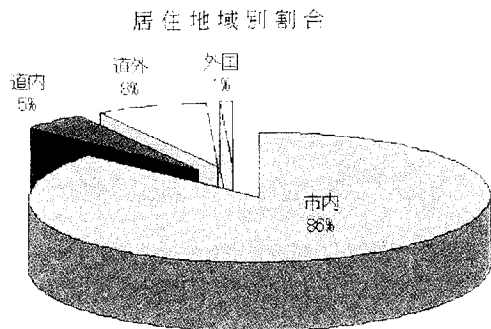
また、6時から12時までで全体の34%、18時までで全体の63%と18時以降に37%も発生している。



3 居住区域別発生状況

この図は、過去8年間の搬送患者を居住区域別に割合を示したものである。

本市の市民が全体の86%を占めているほか、道外や外国人のように雪道に慣れていないと思われる人は全体の9%に留まっている。

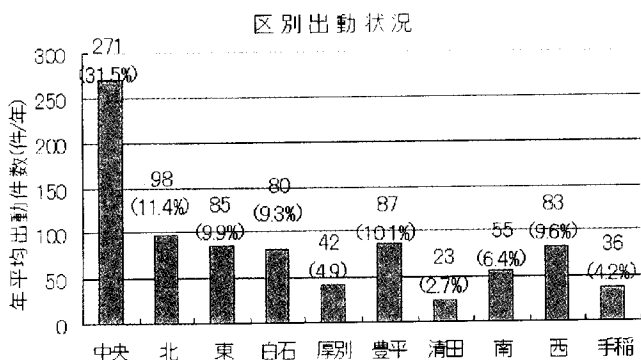


4 区別発生状況

(1) 発生件数及び割合

この図は、過去8年間の区別の年平均出勤件数を表したもので、()内の数値は割合を示したものである。

図から、中央区が最も多く全体の31.5%になっている。また、全市的に発生しているのがわかる。



(2) 中央区の住所別出勤件数

この表は、出勤件数が多い中央区内の年平均出勤件数を条丁目毎に表したもので、『2以上5未満』を灰色、『5以上』を黒色で示した。

表から、すすきの地区の中央から東側に集中していることがわかる。

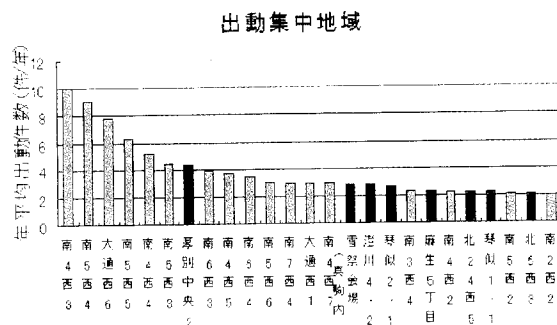
中央区の出勤集中地域 (件/年)

	西11	西10	西9	西8	西7	西6	西5	西4	西3	西2	西1	
北5	0.1	0.3	0.1	0.0	0.6	0.8	1.3	1.5	0.1	1.0	0.3	北5
北4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3	0.1	0.5	1.5	0.8	1.0	0.5	北4
北3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.1	0.3	0.5	1.1	0.1	0.9	北3
北2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	1.4	0.8	0.3	北2
北1	0.1	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.4	1.5	0.6	1.0	0.0	北1
大通	0.3	0.8	0.8	1.3	1.1	7.8	1.5	1.8	1.8	1.1	3.0	大通
南1	1.4	0.3	0.0	0.1	0.5	0.5	1.0	1.1	1.3	1.1	0.8	南1
南2	0.5	0.5	0.0	0.1	0.1	0.6	1.5	1.0	1.5	2.0	0.5	南2
南3	0.3	0.4	0.1	0.3	0.8	0.6	1.3	2.4	1.0	1.1	0.6	南3
南4	0.0	0.8	0.4	0.5	3.0	1.4	3.8	5.3	10.0	2.3	1.3	南4
南5	0.6	0.1	0.5	0.3	1.3	3.1	6.3	9.0	4.5	2.1	0.8	南5
南6	0.0	0.3	0.5	0.3	0.4	1.4	1.6	3.5	3.9	0.4	0.4	南6
南7	0.1	0.4	1.3	0.3	1.4	1.5	1.8	3.0	1.6	0.9	0.4	南7
南8	0.4	0.0	0.5	0.6	0.6	0.6	1.0	0.6	0.9	0.4	0.1	南8
	西11	西10	西9	西8	西7	西6	西5	西4	西3	西2	西1	

(3) 出勤集中地域

この図は、過去8年間の年平均出勤件数が2回以上の住所毎に平均出勤件数を棒グラフにしたものであり、棒グラフの灰色が中央区、黒色が中央区以外を表したものである。

これによると、すすきの、厚別、澄川、琴似、麻生及び北24条の繁華街などで出勤が多いことがわかる。

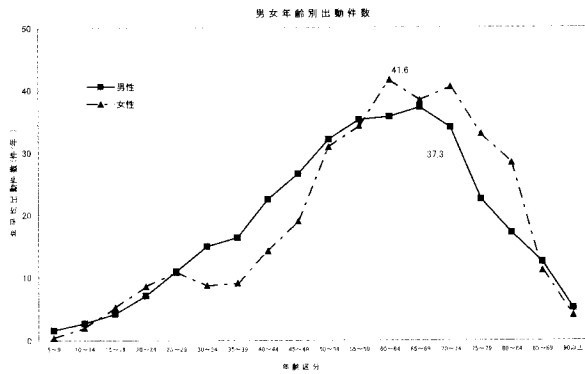


5 男女年齢別発生状況

(1) 発生件数

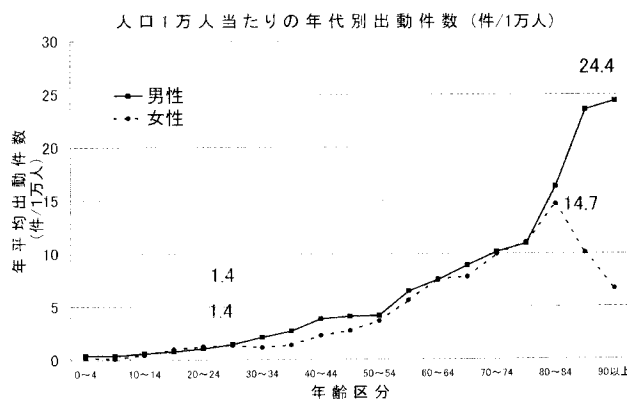
この図は、過去8年間の救急搬送された市民の年平均出勤件数を男女別に折れ線グラフで表したものである。

図から、高齢者が多く搬送されており、65歳以上の割合は男性が38%、女性が44%となる。



(2) 人口比率

この図は、各年代の人口1万人当たりの1年間に搬送される人数を示したものである。図から、年齢の上昇と共に人数が増え最も多い男性の85歳以上では1年間に人口1万人当たり24.4人も搬送されており、高齢化を加味すると出動件数の増加は42件/年の数倍から数十倍になる可能性がある。



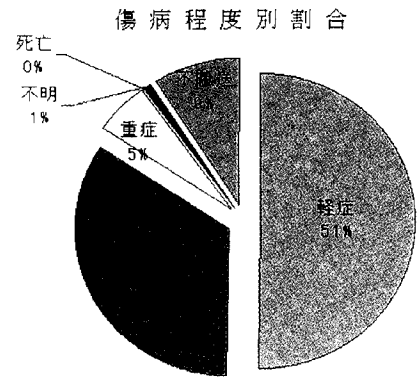
6 負傷程度別発生状況

(1) 発生割合

この図は、過去8年間の救急出動のうち負傷程度割合などを円グラフに示したものである。

図から中等症と重症で39%に達する。

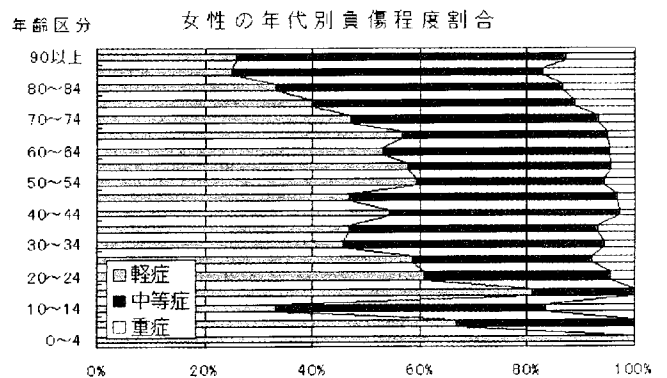
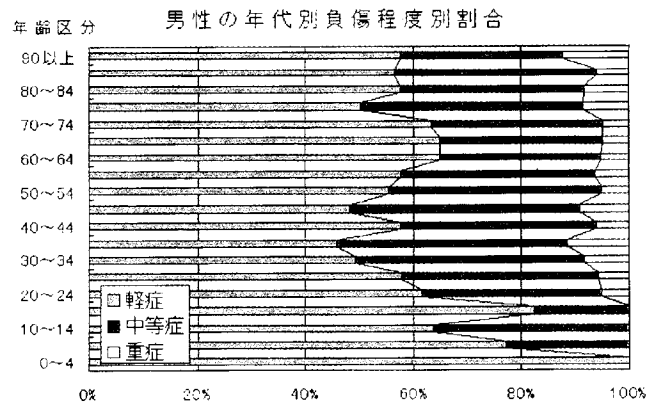
また、9%の人は、実際には搬送を辞退している。



(2) 男女・年齢別

この図は、男女別に各年代における搬送患者の負傷程度の割合を示したものである。

図から女性は高齢になる程、重症や中等症の割合が高くなるが、男性についてはこの傾向は見られない。



7 まとめ

- (1) 年平均件数は859件で、42件程度の増加率である。
- (2) 月別出動件数は、12月が最も多く、12月・1月・2月の上位3ヶ月間で全体の8割を占める。

- (3) 出動件数別日数は、4件の日が最も多く、15件以上の日の総出動数は全体の22%であることから、出動件数削減には多い日の対策と日常的な対策の2通りが必要である。
- (4) 日別出動件数は、12月に12月に出動件数が多い日があり、滑り易い路面が一度発生すると、その5日後位に再度同様な路面状態になる傾向がある。
- (5) 出動件数の多い時期は12月28日から31日、次いで12月11日から16日、12月22日から24日である。
- (6) 曜日別出動件数は、金曜日が最も多いが顕著な傾向ではない。
- (7) 時間別出動件数は、8時から10時が最も多い時間帯となっており、6時から12時までで全体の34%、18時までで全体の63%と18時以降に37%も発生している。
- (8) 居住地別搬送者は、本市の市民が全体の86%を占めているほか、道外や外国人のように雪道に慣れていない人は全体の9%である。
- (9) 区別出動件数は、中央区が最も多く全体の31.5%になっており、すすきの地区の中央から東側に集中している。

また、中央区以外では厚別、澄川、琴似、麻生及び北24条の繁華街などで出動が多い。

- (10) 男女年齢別出動件数は、高齢者になる程人口当たりの搬送率が高くなっており、高齢者は若い世代の10倍以上の搬送率である。
- (11) 負傷程度別搬送者は、中等症と重症の合計は39%で、搬送拒否は9%である。

また、男女年代別の負傷程度では女性が高齢になる程、重症や中等症の割合が高くなるが、男性についてはこの傾向は見られない。

以 上

冬道自己転倒による救急出動分析 (その2 すすきの地区・気象との関係)

橋本 好弘*

要 旨

前報では、過去8年間の全体の分析を実施して、様々な内容が判明した。

今報は、出動が集中している『すすきの地区』と路面が滑り易くなるのは、気温や降雪などの気象と関係が大きいと考えられることから『気象との関係』について分析を実施した。

この結果、『すすきの地区』では、路面の状況よりも人出の方が出動件数に影響していることが判明した。また、気象については、露点温度が最も出動件数と相関性が強いことが判明した。

I すすきの地区

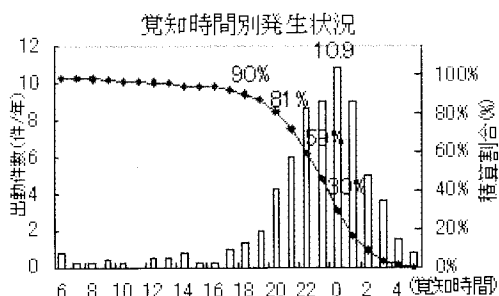
1 はじめに

冬道自己転倒による救急出動は、すすきの地区で多く発生していることが前報で報告されていることから、ここでは平成6年度から平成13年度にすすきの地区（南4条から南7条、西2丁目から西6丁目）で発生した537件について分析を行った。

2 時間別発生状況

時間別発生状況は、1日を朝6時から翌朝6時までとして分析を実施した。22時から1時の時間帯に多く発生しており、18時以降にその90%が発生している。

以後、18時以降の飲酒時間帯と史料される496件について分析を実施した。

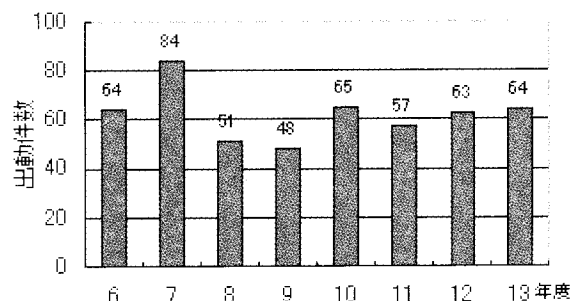


3 年・月・日・曜日別発生状況

(1) 年度別

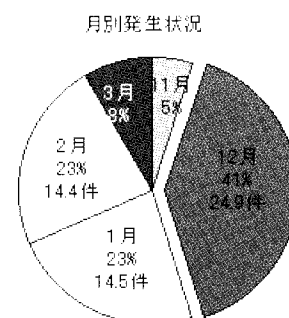
年度別発生状況は、最も多い年は平成7年度の84件、平均で62件となっており、この8年間ほぼ横ばいで推移している。

年度別発生状況



(2) 月別

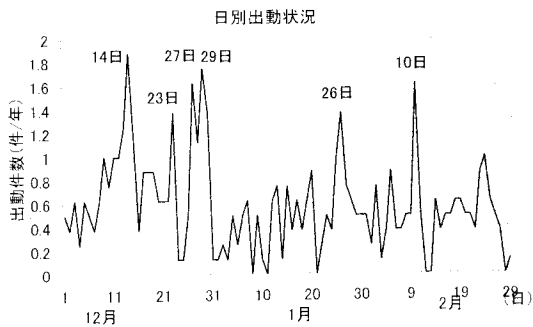
月別発生状況は、忘年会シーズンの12月が平均で24.9件と全体の41%に達しており、次いで1月の14.5件、2月の14.4件となっている。



* 消防科学研究所

(3) 日別

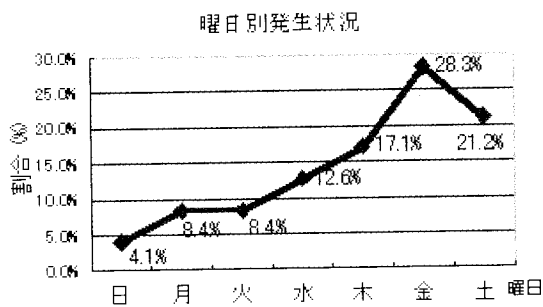
日別発生状況は、忘年会のピーク時期と思われる12月14日頃が最も多くなっている。その他は、クリスマス時期の12月23日、仕事納め時期の12月27～29日、雪祭り時期の2月10日などとなっており、すすきの地区では気候の影響よりも人出の影響が出動件数に表れていると思料される。



(4) 曜日別

ここでの曜日は、飲酒については0時以降も継続する場合があることから、0時以降6時までについては前日の曜日として集計したものである。

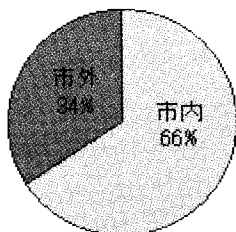
これによると、日曜日から金曜日にかけて増加しており、最も多い金曜日は28.3%となっている。



4 負傷者居住地別 (市内・市外の区分)

負傷者の居住地は、全市では市内の居住者が86%であるのに対して、すすきの地区

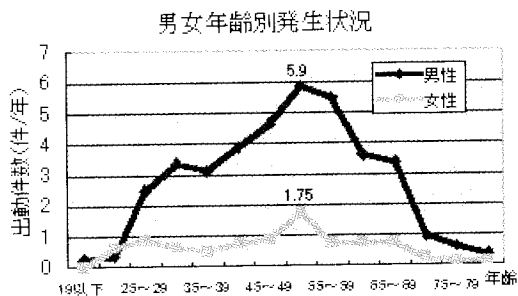
居住地域別発生状況



では66%と、市内の人の割合が20ポイントも低くなっている。

5 男女年齢別発生状況

男女別発生状況は、男性が85%を占めており、年代別では男女とも50歳から54歳が最も多くなっている。

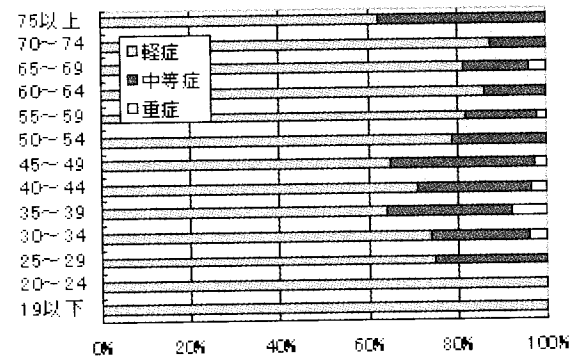


6 男女年齢負傷程度別発生状況

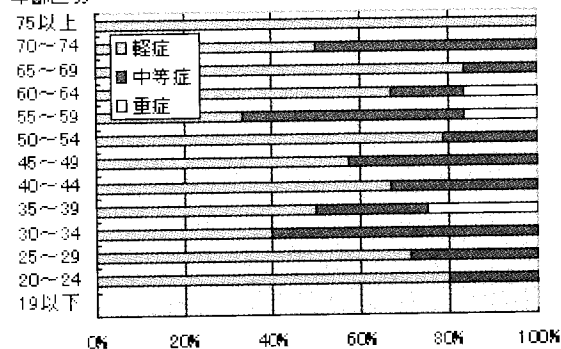
男女年齢負傷程度別発生状況は、男性の場合中等症以上の割合が高いのは35歳～49歳となっている。

また、男性に比べて女性の方が中等症以上の割合が高くなっている。

年齢区分 男性の年代別負傷程度割合

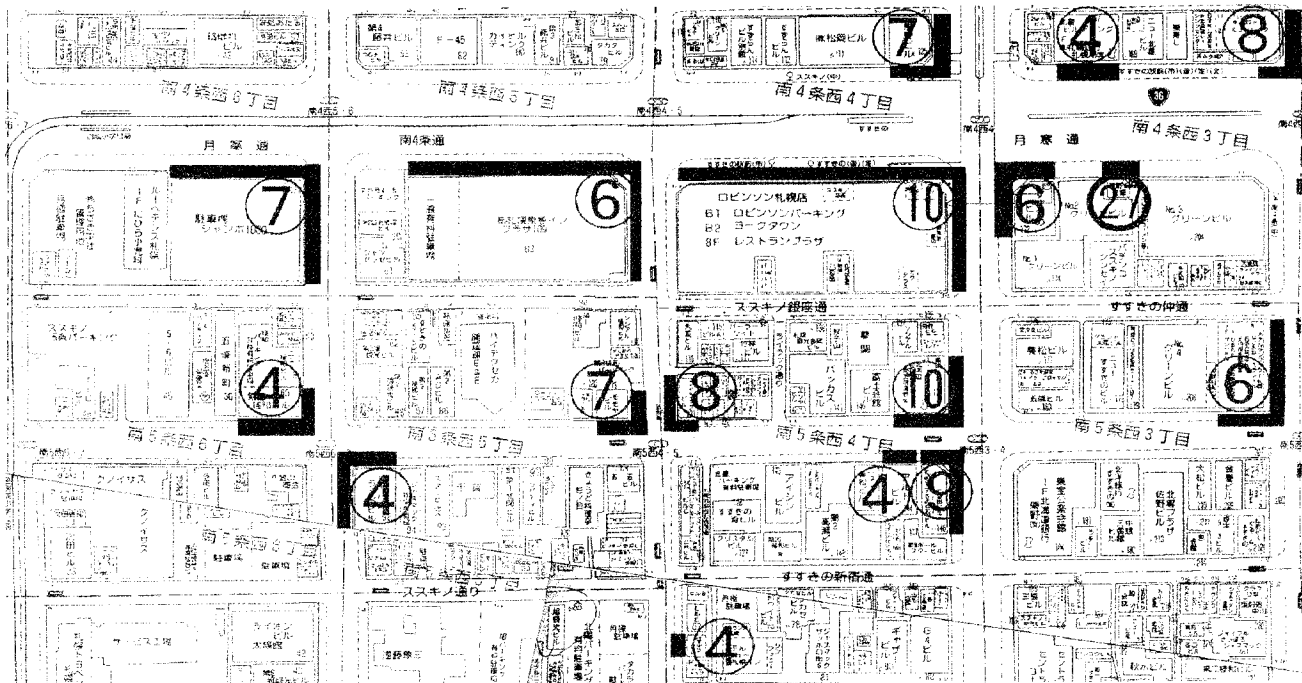


年齢区分 女性の年代別負傷程度割合



7 出動場所別発生状況

下の地図は、平成6年度から平成13年度の合計出動件数が4回以上の対象物の主な道路側を太線で、その出動回数を○印の中の数字で表したものである。これによると、すすきの交番前が27回と最も多くなっている他は、交差点付近の出動が多く、付近で転倒負傷し、交番から通報された件数が多いものと考えられる。



II 気象との関係

1 はじめに

冬道自己転倒による救急出動件数(以下、『件数』とする。)は、路面の状態や人出に影響されると考えられる。しかし、人出については、統計的な資料が不足していることから、ここでは路面の状態に影響を与える気象条件と件数について分析を実施した。

2 使用データ

分析した期間は、平成6年度から平成13年度の各年12月10日から2月末までの合計650日間で、この間に5005件救急出動している。

また、気象データについては、気象庁年報及び地上気象原簿の札幌市のデータを使用した。

3 出動集中日の分析

平成6年度から平成13年度までの8年間に1日30件以上の出動が6日発生している。この6日について、気温・露点温度(※注参照)・降水量・降雨と件数について分析を実施したものが次の(1)~(6)であり、降水量の曲線部分に『雨』と記載されている箇所については、降雨を示している。

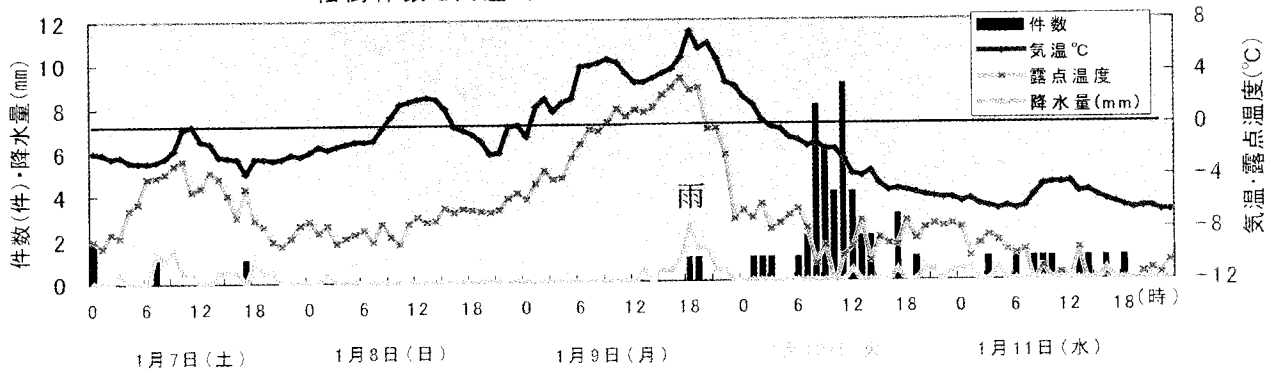
(1)(3)(5)(6)は、暖気により溶融した路面氷や降雨の水分が、冷気により再度凍った時に件数が増加している傾向がある。また、(2)と(4)については、氷の上に溶融した水が溜まっている時に件数が増加している傾向があり、これらの傾向は露点温度が最も関与していると思料される。

注)露点温度

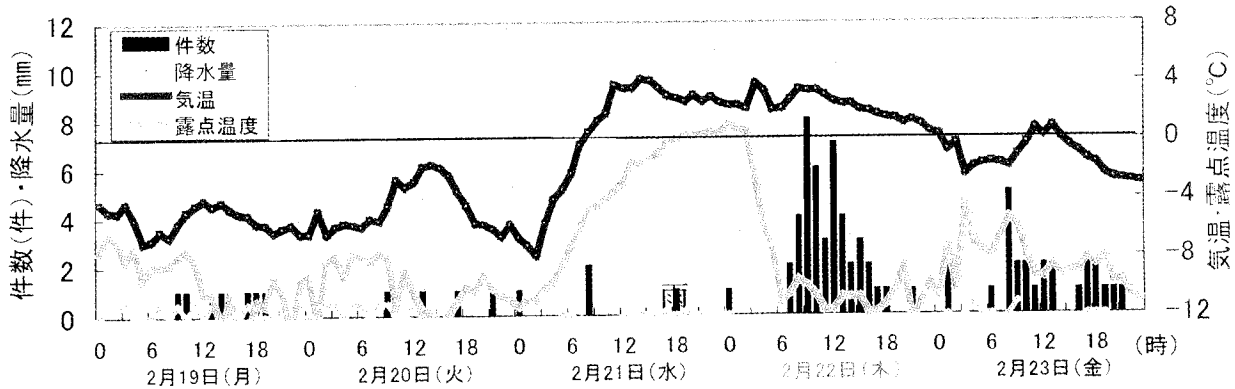
圧力一定のもとで、空気を冷却していくと、空気中の水蒸気はある温度で飽和に達して凝結し始めつゆを結ぶ。その温度が露点温度である。

(1) 平成7年1月10日(火) 『45件発生』

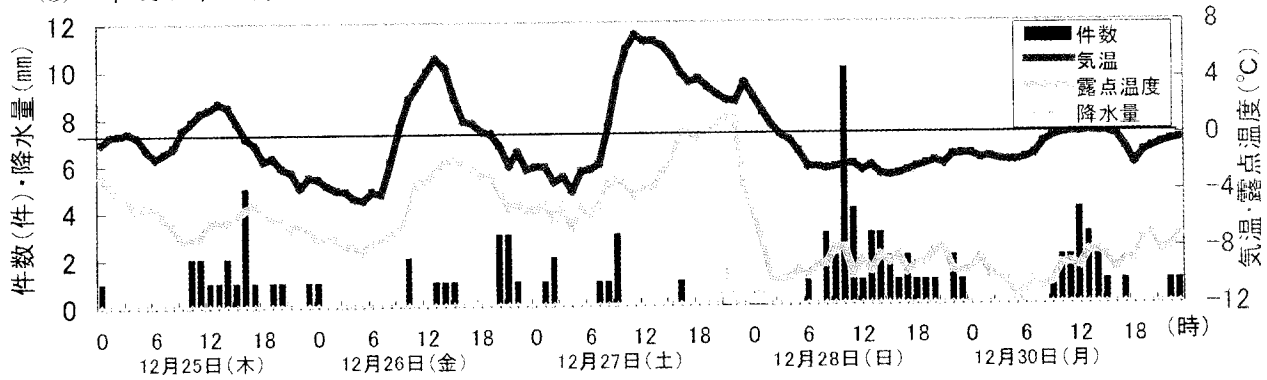
転倒件数と気温・降水量の関係『7.1.10(火)[45件]』



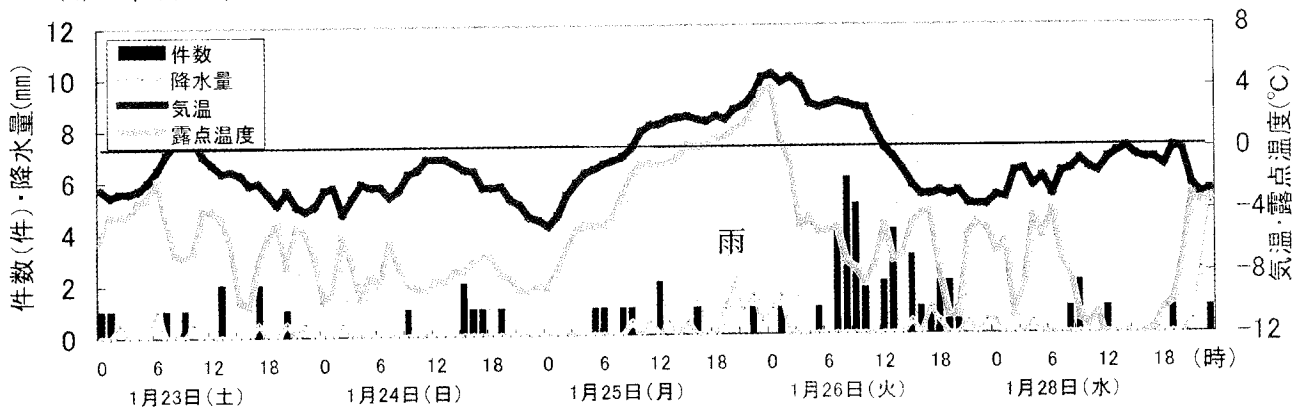
(2) 平成13年2月22日(木) 『45件発生』



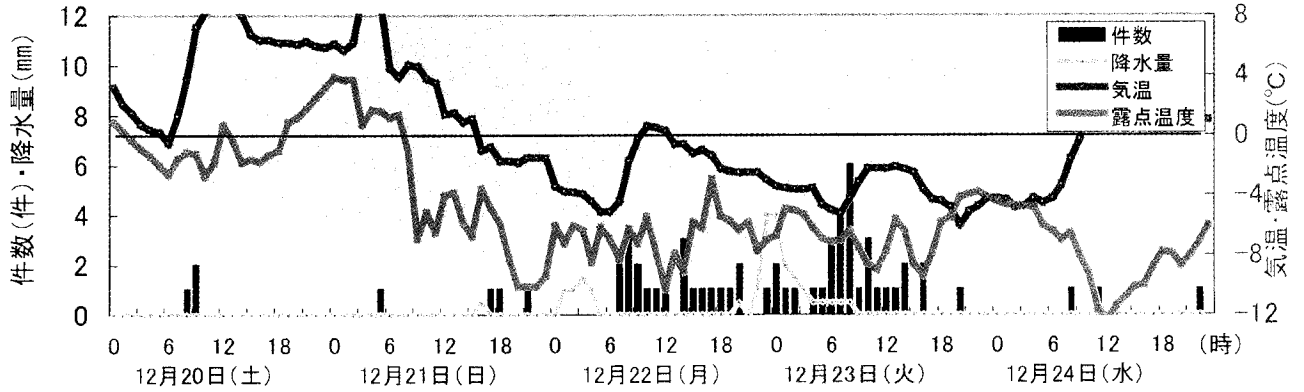
(3) 平成9年12月28日(日) 『38件発生』



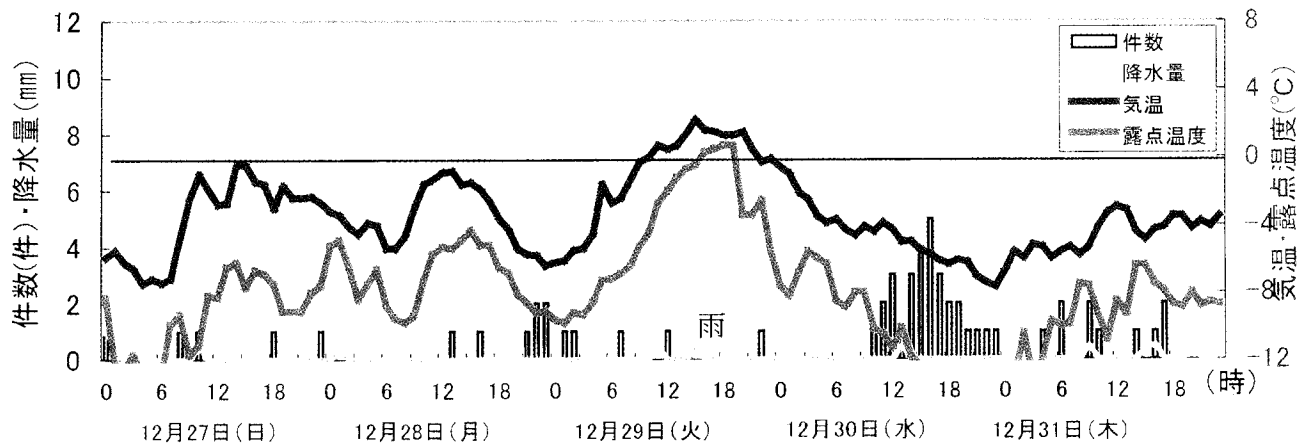
(4) 平成11年1月26日(火) 『35件発生』



(5) 平成9年12月23日（火）『31件発生』



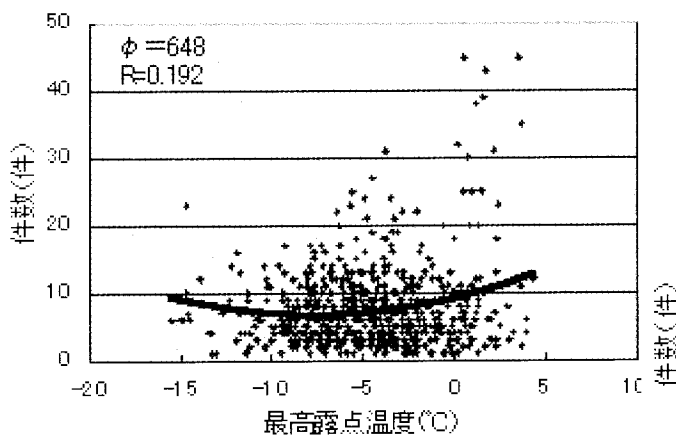
(6) 平成10年12月30日（水）『30件発生』



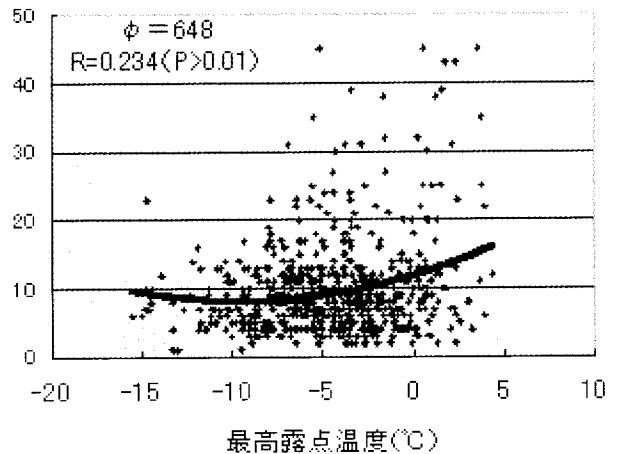
4 気象条件と件数の相関分析

出動集中日の分析から、件数は前日の気候の影響を受けていると思われることから、気象条件と翌日の件数を相関分析すると、

また、気象状況は2日続けて同様な気候になることがあることから、最高露点温度と翌日又は翌々日のうち出動件数の多い方の値で、同様に分析したものが下図である。この図から、危険率1%で最高露点温度と件数には相関関係がある結果となった。



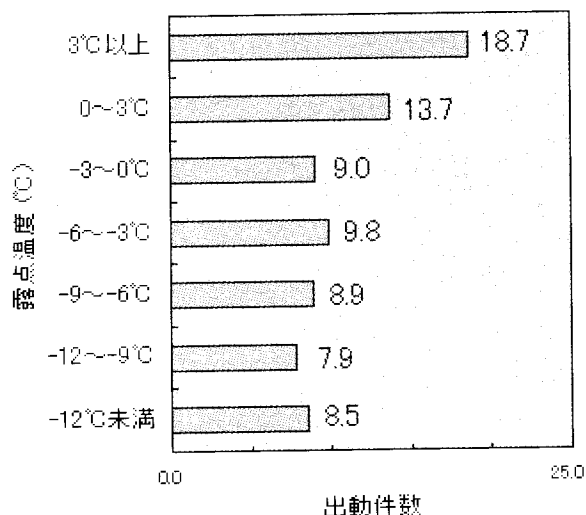
気温が0.110、降水量が0.109、最高露点温度（1日のうちで最も高い露点温度）が下図のとおりで0.192となり最も件数との相関が強かった。



5 最高露点温度と件数

下の図は、最高露点温度の違いと翌日又は翌々日のうち件数の多い方の値との関係を表したもので、図中の『0～3℃』とは、0℃以上3℃未満を表す。

これによると、最高露点温度が0℃以上になると、翌日又は翌々日に件数が極端に増加する傾向がある。



6 降雨と件数

過去8年間に合計46日の降雨日があったが、下の表はこの翌日と翌日又は翌々日の最大出動件数の平均を表したものである。

この表から、降雨の翌日又は翌々日は出動件数が増加していることがわかる。

	翌日件数	翌日又は翌々日最大件数
降雨後	12.3件/日	15.6件/日
全体	7.7件/日	9.8件/日

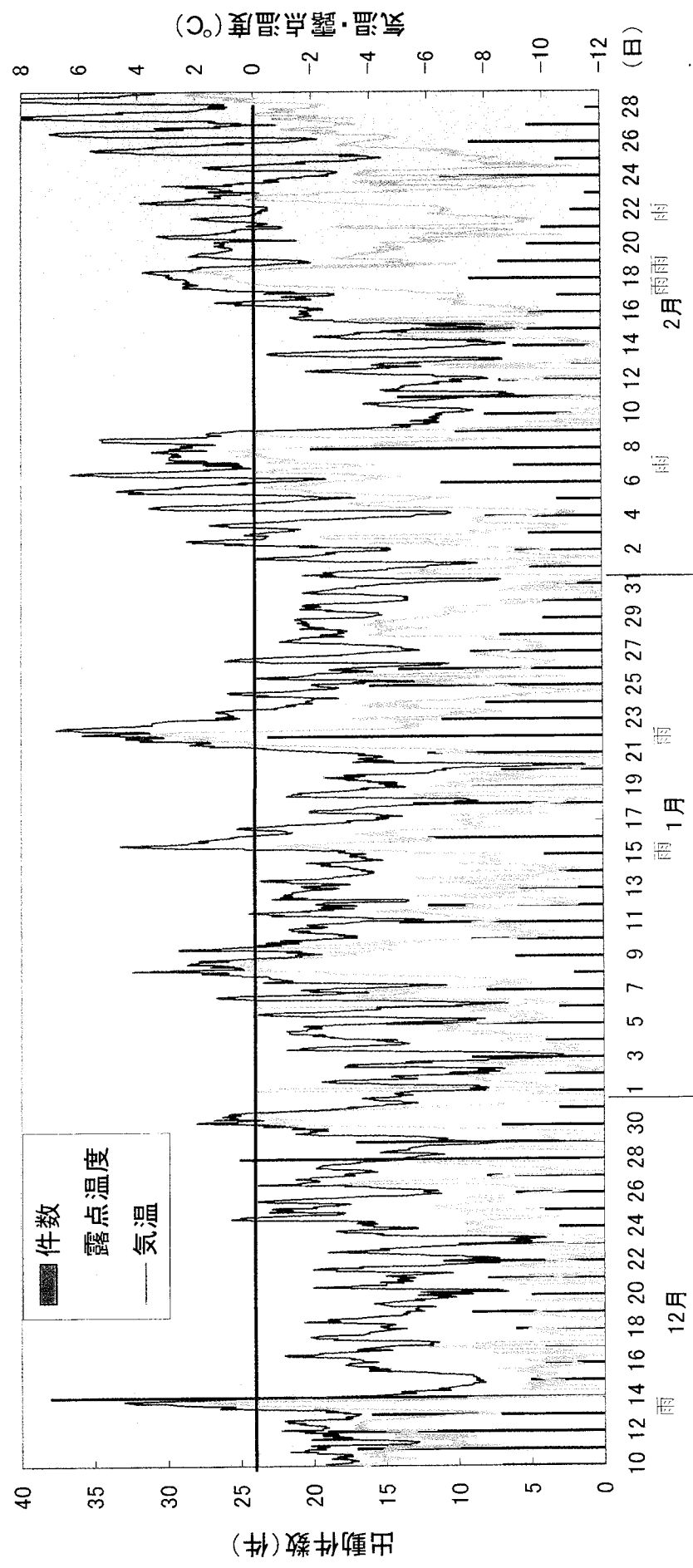
7 まとめ

冬道自己転倒による救急出動件数と気象条件について分析した結果、氷の滑り易い条件になった気候の時に出動件数が増加していることが確認でき、指標として露点温度や降雨を使用することが可能である。

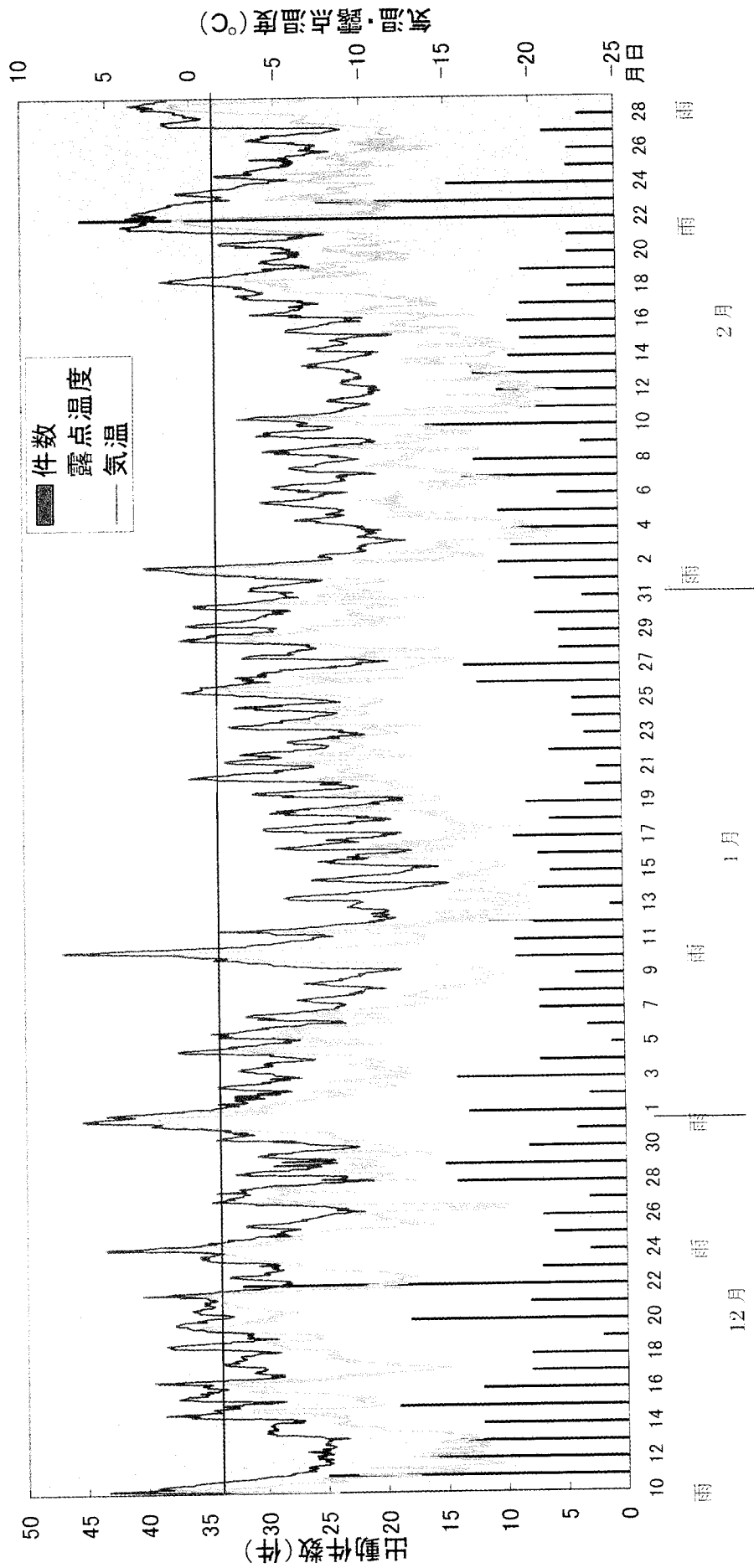
なお、文末資料に平成13年度と平成12年度の出動件数と露点温度及び降雨などの図を示し、一冬の変化を表した。

以上

平成 13 年度の気温・露点温度・降雨と冬道自己転倒による救急出動件数



平成 12 年度の気温・露点温度・降雨と冬道自己転倒による救急出動件数



資料 2

灯油及び軽油に混入しているガソリンの混合比

による比較実験

溜 真紀子*

菅原 法之*

要 約

給油取扱所や移動タンク貯蔵所等での誤給油が原因で火災が発生する可能性がある。灯油にガソリンが混入していると、灯油より引火点が低くなる。

灯油及び軽油に含有しているガソリンの混合比の違いによる引火点測定を行い、危険性を把握するとともに、ガスクロマトグラフによる分析も行い、成分鑑定時の混合比解明の基礎データとする。

1 はじめに

給油取扱所や移動タンク貯蔵所等での誤給油が原因の火災が毎年発生している。

第2石油類同士の灯油に軽油が混入している場合などは、灯油の引火点が40～45℃、軽油が50～60℃であり、引火点にそれほどの違いが見られないため、灯油の引火点より低くなることはないが、ガソリンのように引火点が-40℃以下と低い危険物を灯油に混合すると、灯油と比較して引火点が非常に低くなる可能性があり、第1石油類に該当する場合もある。

また、当研究所では灯油及び軽油に混入しているガソリン割合を特定する成分鑑定依頼も多いことから、今回の実験では引火点測定による危険性把握と、ガスクロマトグラフによる測定を行い、成分鑑定における混合比解明の基礎データとする。

2 火災発生状況

図1から、誤給油による火災件数は、毎年平均2件ほどである。ストーブが原因の火災が年平均27件であり、このうち約7%を占めている。

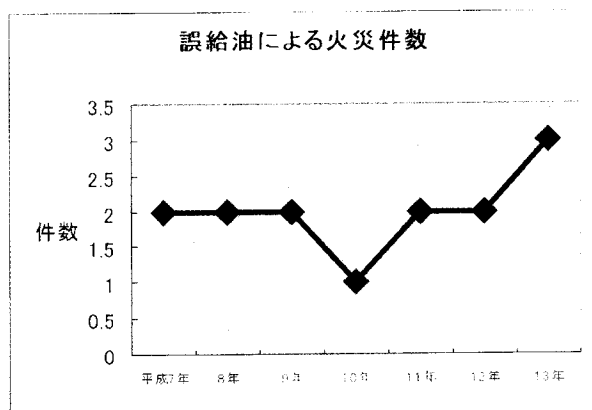


図1 誤給油による火災件数（過去7年）

3 実験内容

(1) 実験1－軽油とガソリンの混合－

ア 実験日時 平成14年5月～6月

イ 実験場所 消防科学研究所危険物実験室

ウ 実験装置（以下の実験は、すべて同じ装置を使用した）

(ア) ガスクロマトグラフ

アジレントテクノロジー製
6890型

(イ) タグ密閉式引火点測定器

田中科学機器製作(株)製
Model ATG-4

※ 消防科学研究所

エ 実験方法

軽油にガソリンを表1の割合で混合させ、ガスクロマトグラフ及び引火点測定器で測定した。

(2) 実験2ー灯油とガソリンの混合ー

ア 実験日時 平成14年5月～6月

イ 実験場所 消防科学研究所危険物実験室

ウ 実験方法

灯油にガソリンを表2の割合で混合させ、ガスクロマトグラフ及び引火点測定器で測定した。

表1 軽油中のガソリンの容量パーセント濃度

	ガソリンの濃度 (%)	軽油の容量 (ml)	ガソリンの容量 (ml)
0	0.0	100.0	0.0
1	0.1	99.9	0.1
2	0.5	99.5	0.5
3	1.0	99.0	1.0
4	5.0	95.0	5.0
5	10.0	90.0	10.0
6	30.0	70.0	30.0
7	50.0	50.0	50.0
8	75.0	25.0	75.0
9	100.0	0.0	100.0

表2 灯油中のガソリンの容量パーセント濃度

	ガソリンの濃度 (%)	灯油の容量 (ml)	ガソリンの容量 (ml)
0	0.0	100.0	0.0
1	0.1	99.9	0.1
2	0.5	99.5	0.5
3	1.0	99.0	1.0
4	5.0	95.0	5.0
5	10.0	90.0	10.0
6	30.0	70.0	30.0
7	50.0	50.0	50.0
8	75.0	25.0	75.0
9	100.0	0.0	100.0

4 実験結果

(1) 実験1の結果

ア ガスクロマトグラフ

通常、軽油は測定時間11分のうち、2～11分の間、等間隔にピークが検出される。これは、軽油が主にパラフィン系炭化水素で構成されている

ためであり、また、ガソリンは2～3.5分の間多くのピークが検出される。

このことから、2～3.5分に注目したのが図2の各濃度のクロマトグラである。

これらのピークを比較すると、2.087～2.089分と2.448～2.450分のピークにガソリン特有のピークが見られた。各濃度とピークの面積及び高さとの相関性を調べるために、最小二乗法により検量線を作成したのが図3から図6である。

検量線から、2.087～2.089分のピークと2.448～2.450分のピークともに面積と高さに濃度との相関性が見られた。さらに、相関係数が最も「1」に近い2.087～2.089分における面積と濃度が最も相関性のあることがわかった。これにより、軽油に混入しているガソリンの濃度が未知の場合でも、ガスクロマトグラフにおける濃度判定は可能となった。

カレント クロマトグラム

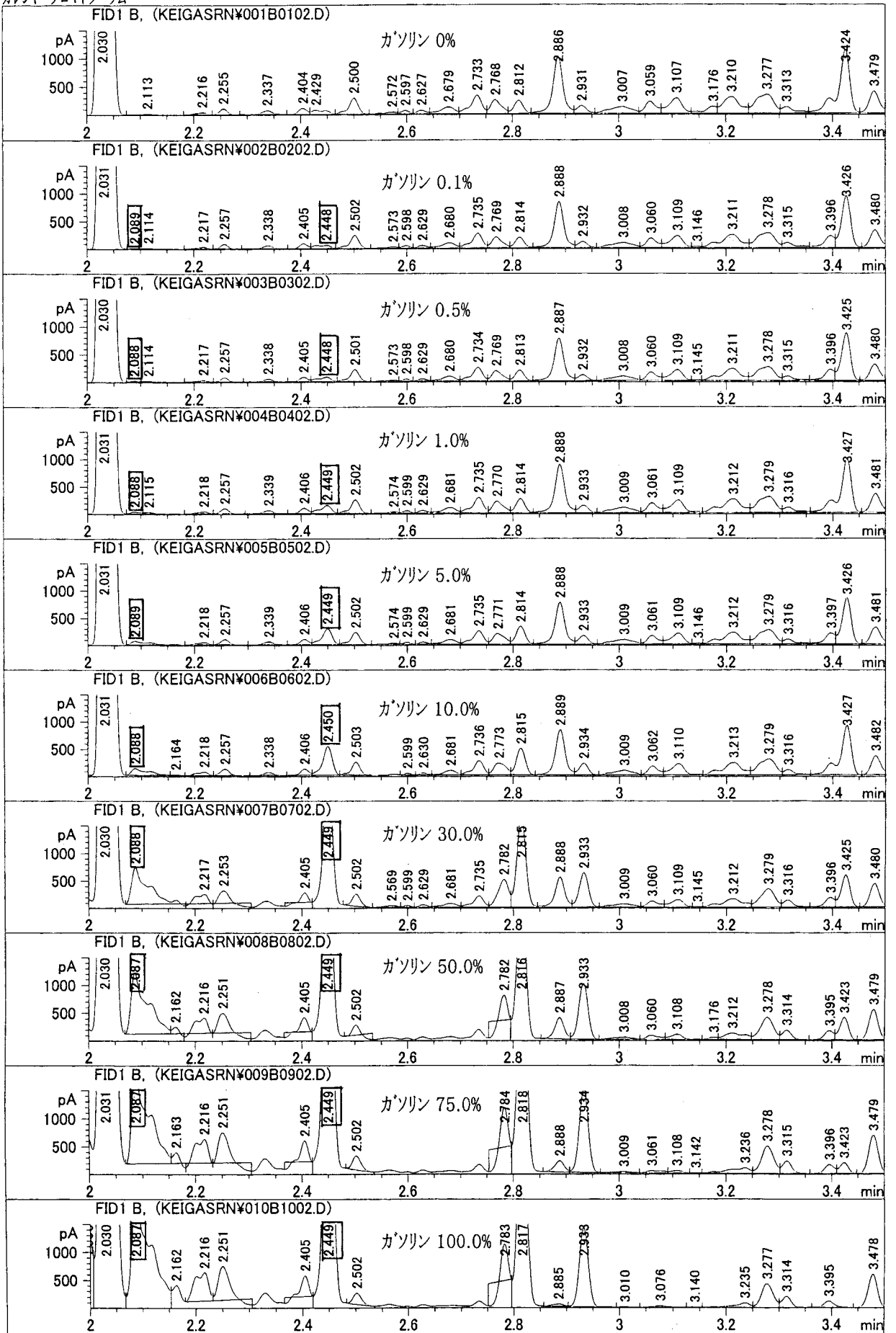


図2 軽油中のガソリン濃度の各クロマトグラム

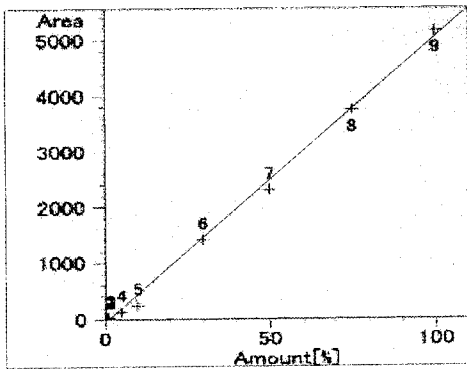


図3 2.087~2.089分のピーク面積の検量線
(相関係数 0.99844)

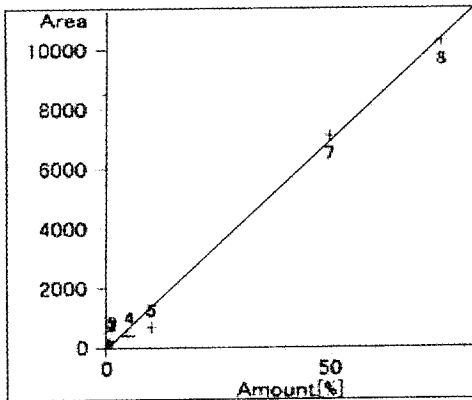


図4 2.448~2.450分のピーク面積の検量線
(相関係数 0.99713)

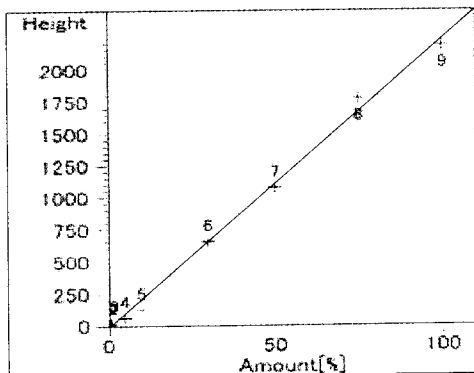


図5 2.087~2.089分のピーク高さの検量線
(相関係数 0.99791)

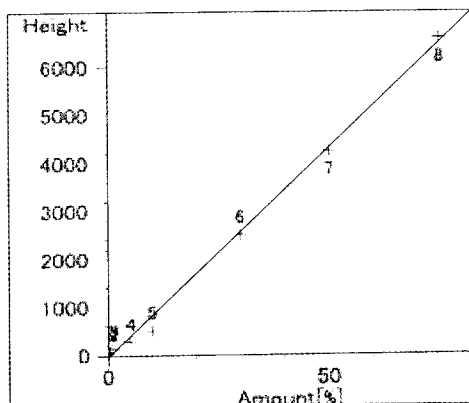


図6 2.448~2.450分のピーク高さの検量線
(相関係数 0.99834)

イ 引火点測定

軽油100%の時、引火点は53.5℃であったが、ガソリンが0.1%混合することで、46.5℃となり、5%混合することで、引火点は15.0℃となり、常温でも引火する温度となった。

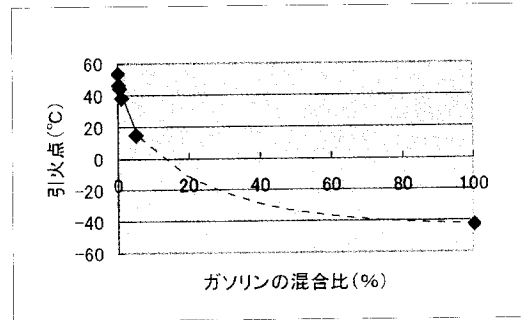


図7 軽油とガソリンの混合物の引火点

(2) 実験2の結果

ア ガスクロマトグラフ

灯油は測定時間11分のうち、2~8分の間、等間隔にピークが検出される。これは、灯油が主にパラフィン系炭化水素で構成されており、また、軽油と比較して原油からの留出温度が低いため、約8分までに検出されるためである。

実験1と同様、ガソリンは2~3.5分間に多くのピークが検出されることから、2~3.5分に注目した。その結果が図8の各濃度のクロマトグラムである。

これらのピークを比較すると、実験1と同様、2.086~2.089分と2.447~2.449分にガソリン特有のピークが見られた。各濃度とピークの面積及び高さとの相関性を調べるために最小二乗法により検量線を作成したのが図9から図12である。

検量線から、2.087~2.089分のピークと2.448~2.450分のピークがともに面積と高さで濃度との相関性が見られた。さらに、相関係数が最も「1」に近い2.448~2.450分における高さで濃度が最も相関

性のあることがわかった。これにより、
灯油に混入しているガソリンの濃度が未

知の場合でも、ガスクロマトグラフにお
ける濃度判定は可能となった。

ガスクロマトグラム

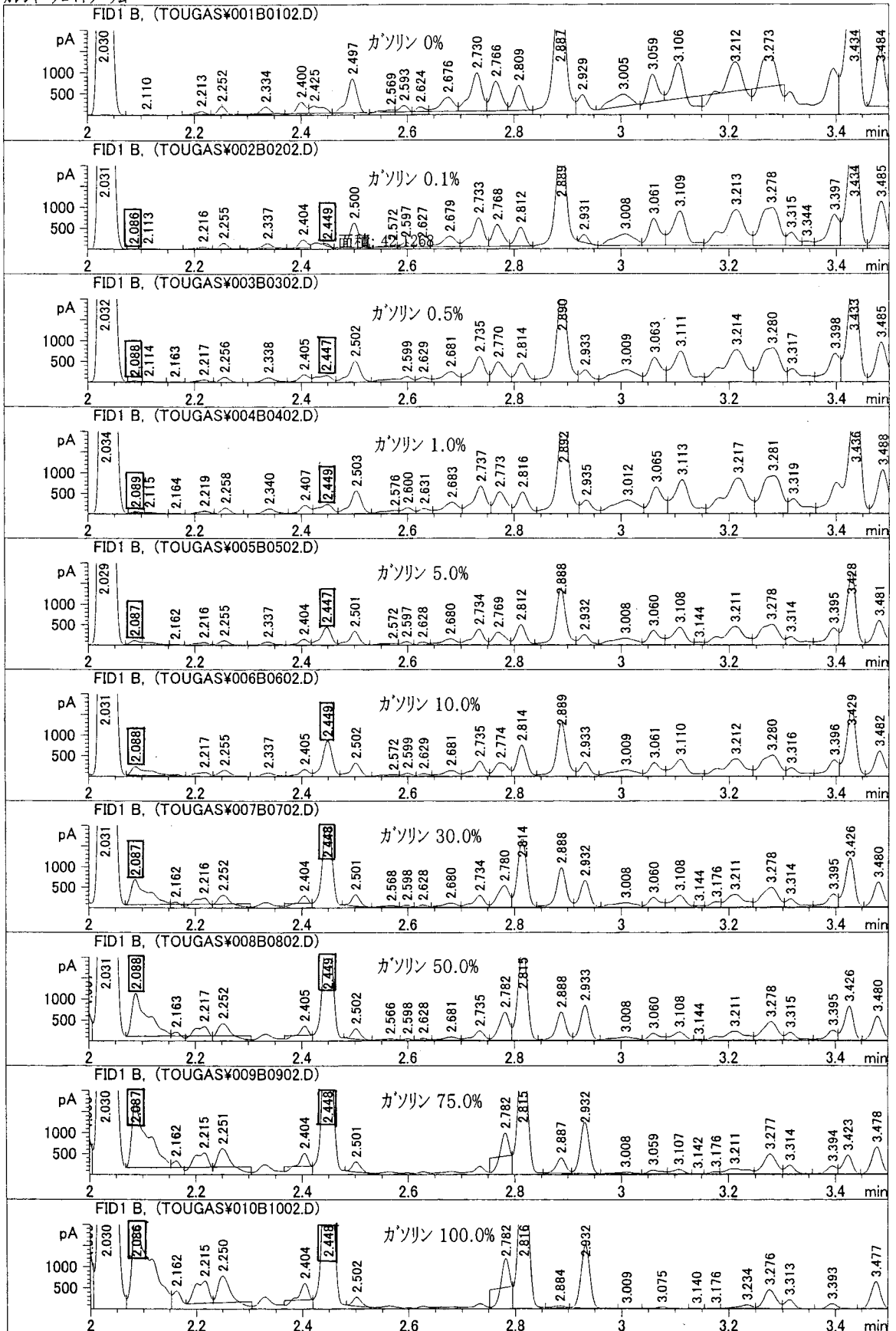


図8 灯油中のガソリン濃度の各クロマトグラム

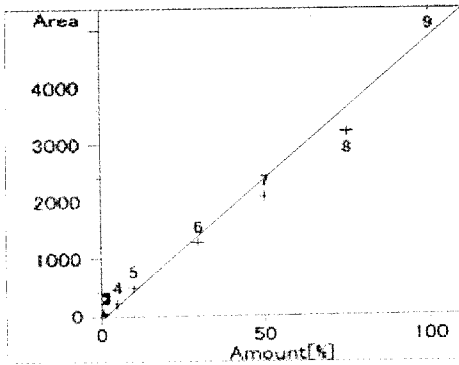


図9 2.087～2.089分のピーク面積の検量線
(相関係数 0.99634)

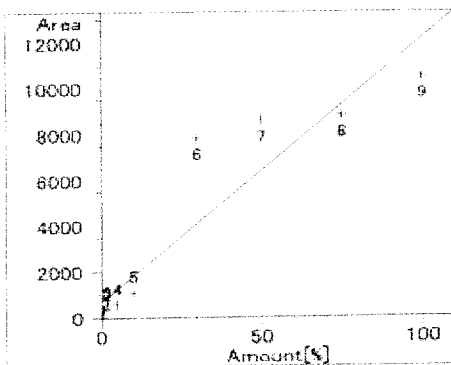


図10 2.448～2.450分のピーク面積の検量線
(相関係数 0.93398)

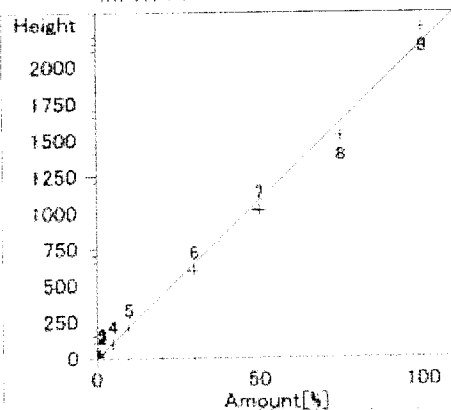


図11 2.087～2.089分のピーク高さの検量線
(相関係数 0.99850)

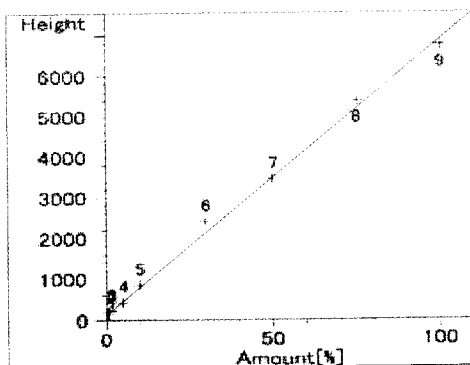


図12 2.448～2.450分のピーク高さの検量線
(相関係数 0.99868)

イ 引火点測定

灯油100%の時、引火点は46.5℃であったが、ガソリンが0.1%混合することで、44.5℃となり、5%混合することで、引火点は10.0℃となり、常温でも引火する温度となった。

文献⁹⁾によると、灯油の場合、ガソリン混合率が約8%になると引火点は0℃以下になり、ガソリン混合率が約21.5%になると-18.5℃となる。

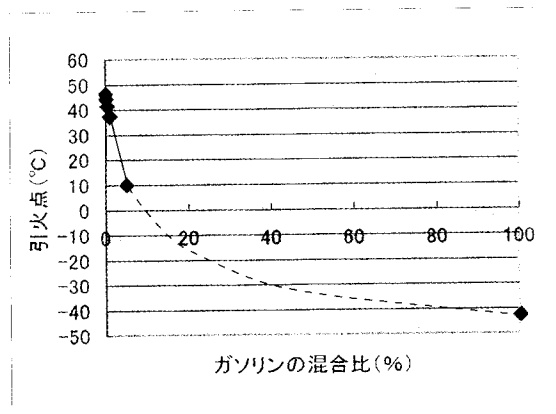


図13 灯油とガソリンの混合物の引火点

5 まとめ

灯油及び軽油に混入しているガソリンとの混合物をガスクロマトグラフで測定することにより、ガソリンの特徴的なピークが把握でき、それを元にガソリン濃度が未知の試料でも判別することが可能となった。

また、灯油や軽油以外の物質にガソリンが混合している可能性がある場合についても、ガソリン混合の有無や濃度の特定が可能となると思われる。

引火点は灯油、軽油ともに、ガソリンが5%含有することで、常温でも引火する温度（灯油は10.0℃、軽油は15.0℃）となり、ガソリンが少量でも混入することで、混合割合以上に引火点が低くなることが判明した。

今後、これらを基礎データとして、誤給油による火災原因を究明するとともに、ガソリン混入の危険性を給油取扱所や移動タンク貯蔵所等の関係者に訴えていく必要性を感じた。

【参考文献】

- 1) 「新火災調査教本 第4巻第2部 化学火災編」
東京消防庁監修 財団法人東京防災指導協会発行
- 2) 「新火災調査教本 第5巻 燃焼機器火災編」
東京消防庁監修 財団法人東京防災指導協会発行

危険物施設内における給油と返油システムに関する研究について

花蘭 一正*

菅原 法之*

要 約

危険物施設からの危険物漏洩事故を見ると、階層住宅の燃料供給施設である一般取扱所や、地下タンク貯蔵所等の中継タンク（サービスタンク）のフロートスイッチの故障等により送油ポンプが起動したままとなり、オーバーフローした危険物を返油管のみでは戻せ切れずに、漏洩している事例が見られる。

そこで、これらの危険物施設の返油管について、返油管の管径、曲がり、落差、横引管の長さを変化させ、管の摩擦損失を変えることによって返油状況を確認し、今後の指導基準の資料及び安全対策の確立を図ることを目的として実験を実施した。

1 はじめに

危険物施設（階層住宅の燃料供給施設の一般取扱所、地下タンク貯蔵所等）からの危険物漏洩事故が後を絶たない。

この原因としては中継タンク（サービスタンク）のフロートスイッチの故障等により給油ポンプが起動したままとなる過剰給油が挙げられる。この場合、中継タンク等が満油状態になっても送油が継続されるため、中継タンク等への過剰な危険物の供給を主タンクに自然落差で戻すための戻り管（階層住宅等の燃料供給施設の一般取扱所の危険物施設に設置する返油管は、中継タンクの過剰な灯油の供給を主タンクに戻すために送油管の、おおむね1.5倍以上の内径を有する配管を使用するように指導している。以下この管を「返油管」という。）が設置されている。しかし、これだけでは戻せきれず、計量口等の開口部から危険物が漏洩していることが挙げられる。

そこで、本実験では、この返油管の管径、曲がり、落差、横引管の長さを変化させ、

管の摩擦損失を変えることによる返油状況を調査し、指導基準の資料として安全対策の確立を図ることを目的として実施する。

2 実験装置

補助訓練塔3，4階部分に設置する。

なお、実験6及び7については5階部分に中継タンクを設置し、3，5階で同様の実験を実施した。

(1) 補助訓練塔3階に市販の90リットルタンク（銅板製）を設置し、これを主タンクとした。オイルポンプ（株）川本製作所OC-325型、電源200V、全揚程6mで吐出量58.0リットル/分で4階部分に設置した上部タンク（角型銅板製、寸法500mm×500mm×200mmH、容積50リットル、容量45リットル、板厚1.6mm～階層住宅等の燃料供給施設の中継タンクとみなす。以下「中継タンク」という。）へ25Aの送油管（銅管）を使用して返油した。各返油管40A（内径40mm～以

下同じ。), 32A, 25Aの3系統(同一長さ。)を取り付け, 1系統ずつ使用して3階の90リットル主タンクに返油させ, その状況を確認する。なお, 危険物は灯油を使用した。

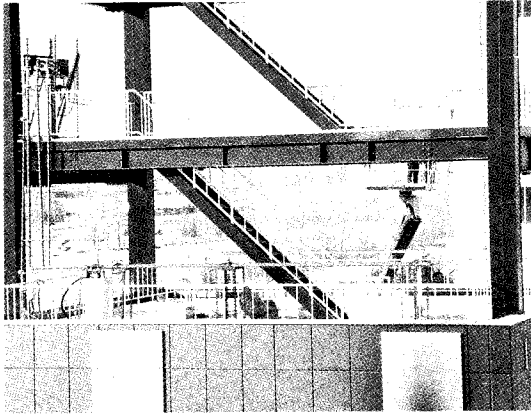


写真1 実験装置全景3・4階設置

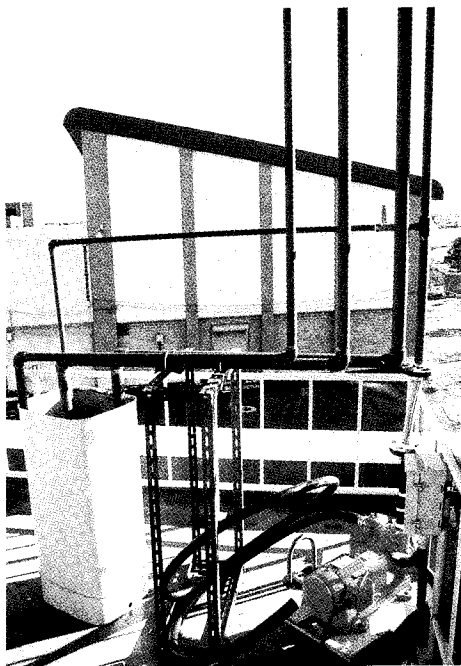


写真2 90リットルタンク及びポンプ

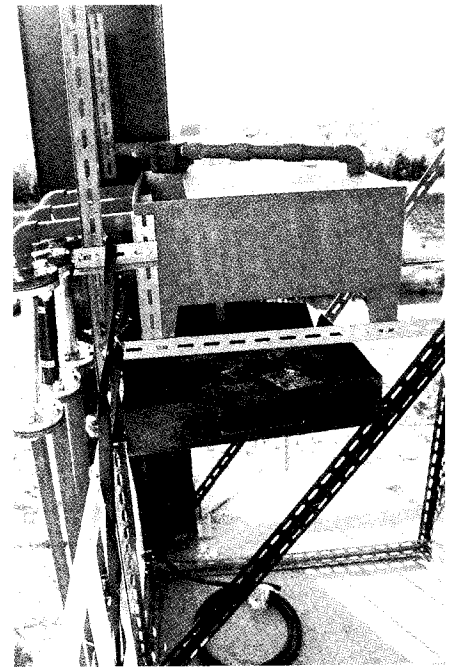


写真3 中継タンク

(2) 中継タンク直近部分(中継タンク入り口管まで470mmの位置)に液体流量計((株)エステック製LD・LF・LQシリーズ型)を取り付け, 灯油の送油流量がリアルタイムに判明出来るようにした。

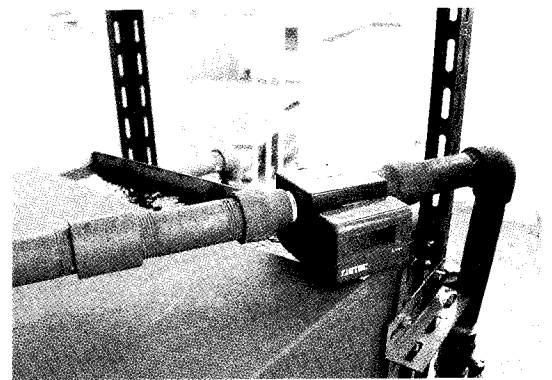


写真4 中継タンク上部と流量計

送油管4階部分の流量計付近ポンプ側に流量調節バルブ及び3階部分に送油灯油の逃がし配管(15A, 流量調節バルブ付)を設け, 両バルブの開閉により, 送油流量を調節出来るようにした。

(3) 落差は 3.7 m, 中継タンクの直近に返油管取り出し部分 (横引き管) 0.2m, フレキシブル配管 (4 階の垂直管部分) 0.34m を取り付け, 90リットルタンクへ導いた。返油管の総延長は4.9m, 接続のエルボ管は 3 箇所となった。

(4) 3 階のオイルポンプから 4 階の上部タンクへの送油管最頂部までの最大高低差は4.6m であり, この高さでの理論上の最大流量 (メーカー性能図による) は58.0リットル/分になる。

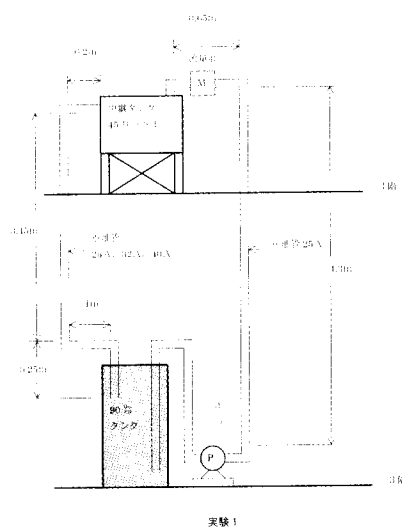


図1 実験概要系統図

3 第 1 回目の実験状況～実験 1

(1) 実験実施日

平成13年11月20日 (火)
 気温12.0℃ 灯油液温9.0℃

(2) 実験結果

返油管の長さ～垂直管3.7m, 横引管1.2m, 合計4.9m, エルボ管 3 個。

ア 返油管40A 使用

最大流量57.0リットル/分 (ポンプ能力の最大値, 液体流量計で確認～以下同じ。) で送油するも返油には十分余裕があり, 漏洩等の異常は見受けられなかった。

この結果, 返油管40A の場合, 流量57.0リットル/分で返油可能である。

イ 返油管32A 使用

最大流量57.0リットル/分で送油するも返油には十分余裕があり, 異常は見受けられなかった。

この結果, 返油管32A の場合, 流量57.0リットル/分で返油可能である。

ウ 返油管25A 使用

最大流量57.3リットル/分で送油するも返油には十分余裕があり, 異常は見受けられなかった。

この結果, 返油管25A の場合, 流量57.3リットル/分で返油可能である。

(3) 次回実験への検討事項

送油管25A に対し返油管25A, 32A, 40A のそれぞれ 3 種類の配管でも十分に余裕があった。特に40A では, 内径が大きいことから3種類の中で最も返油量に余裕があり, 最後まで返油可能であると推測できた。そのため今後の実験では25A と32A の返油管のみの実験を継続することとした。

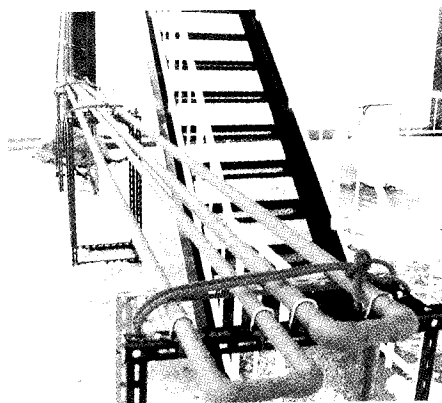


写真5 返油管25A・32A～16.1m

返油管の延長は, 銅管 (5.5m) を 2 本平行に設置し, 0.1m のつなぎ銅管にエルボ管を取り付け, 11.2m 延長し合計16.1m とした。

4 第 2 回目の実験状況～実験 2

(1) 実験実施日

平成13年12月5日(水)

気温0.0℃ 灯油液温1.5℃

(2) 実験結果

返油管の長さ～垂直管3.7m, 横引管12.4m, 合計16.1m, エルボ管5個, ソケット管1個。

ア 返油管32A使用

最大流量56.0リットル/分で送油したところ, 余裕はそれほど見られなかったが, 返油できた。

この結果, 返油管32Aの場合, 流量56.0リットル/分で返油可能である。

イ 返油管25A使用

最大流量56.6リットル/分で送油したところ, 余裕は32Aほど見られなかったが, 返油できた。

この結果, 返油管25Aの場合, 流量56.6リットル/分で返油可能である。

(3) 次回への検討事項

実験1同様に返油管32Aでは25Aと比較して十分に余裕があったことから, 今後は返油管25Aのみで実験を継続することとした。

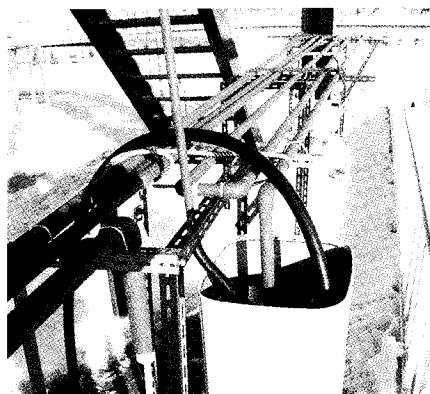


写真6 返油管25A～27.3m

5 第3回目の実験状況～実験3

(1) 実験実施日

平成13年12月25日(火)

気温0.0℃ 灯油液温1.2℃

(2) 実験結果～返油管25Aのみ実施

返油管の長さ～垂直管3.7m, 横引管16.1m+5.5m×2本+0.1m×2本=23.6m, 合計27.3m, エルボ管9個, ソケット管1個。

流量51.0リットル/分で送油したところ, 上部タンクの返油管取り出し口が殆ど見えない状況であり, 実験2より返油する余裕が見られなかったが, なんとか返油できた。

続いてポンプ能力を最大能力まで上げ, 流量55.0リットル/分としたところ, 中継タンクの返油口を過ぎてからも, 油面が徐々に増加したため, 返油不能と判断し, ポンプを停止, 実験を終了した。

この結果, 流量55.0リットル/分では返油不能, 流量51.0リットル/分では返油可能である。

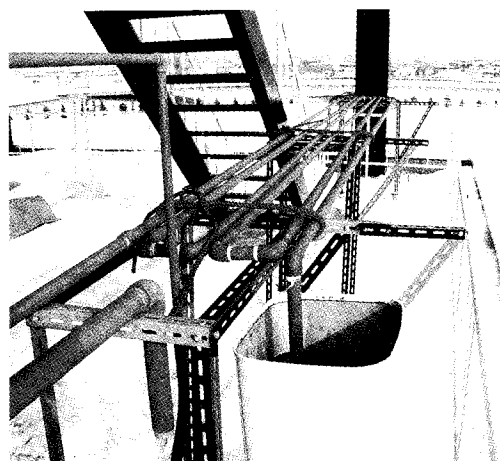


写真7 返油管25A～38.5m

6 第4回目の実験状況～実験4

(1) 実験実施日

平成14年1月31日(木)

気温-2.2℃ 灯油液温0.5℃

(2) 実験結果～返油管25Aのみ実施

返油管の長さ～垂直管3.7m, 横引管34.8m, 合計38.5m, エルボ管13個, ソケット管1個。

ア 37.0リットル/分で十分返油可能。

イ 44.6リットル/分でなんとか返油可能。

ウ 46.0リットル/分で油面上昇し返油不能。

エ 45.0リットル/分で除々に油面上昇し返油不能。

この結果、今回の実験では、ポンプ能力から44.6リットル/分と45.0リットル/分の間の流量設定は不可能であったことから、流量44.6リットル/分が返油可能流量の上限であった。

7 第5回目の実験状況～実験5

(1) 実験実施日

平成14年2月6日(水)

気温2.3℃ 灯油液温3.5℃

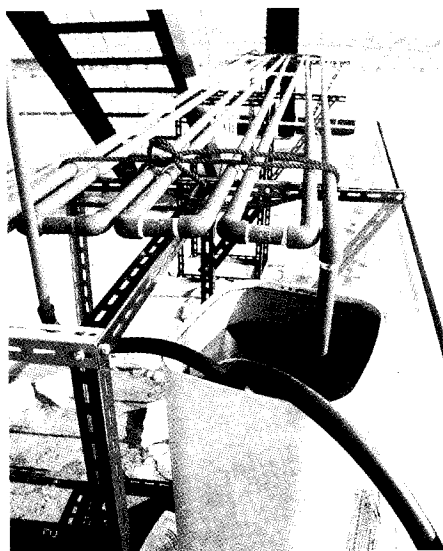


写真8 返油管25A～49.7m

(2) 実験結果～返油管25Aのみ実施

返油管の長さ～垂直管3.7m, 横引管46.0m, 合計49.7m, エルボ管17個, ソケット管1個。

ア 33.3リットル/分で十分返油可能。

イ 39.3リットル/分で除々に油面上昇し返油不能。

ウ 38.2リットル/分でなんとか返油可能。

エ 39.0リットル/分で少しずつ油面上昇し返油不能。

この結果、このポンプ能力では38.2リットル/分と39.0リットル/分の間の流量設定は不可能であったことから、返油管25Aの場合、流量38.2リットル/分が返油可能流量の上限であった。

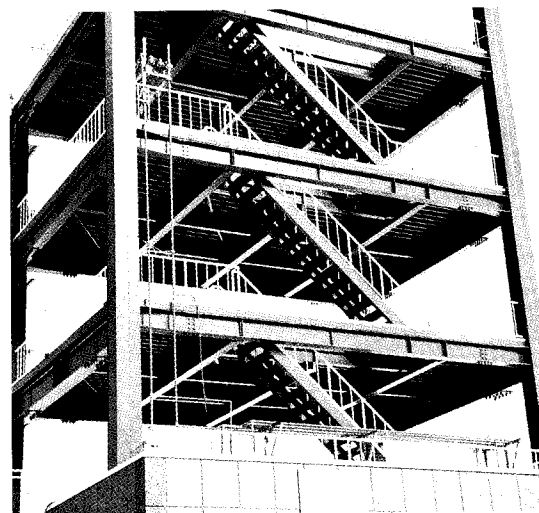


写真9 実験装置全景3, 5階設置

8 第6回目の実験状況～実験6

(1) 実験実施日

平成14年2月26日(火)

気温1.5℃ 灯油液温4.5℃

(2) 実験結果～返油管25Aのみ実施

返油管の長さ～垂直管6.87m, 横引管46.0m, 合計49.7m, エルボ管17個, ソケット管3個。

今回の実験では、中継タンクの設置位置を4階から5階へ移動し、返油管及び送油管の垂直管の長さ(高さ)を3.17m延長したことにより、配管の摩擦損失は増加しているが、それ以上に落差による灯油の重力の方が上回る可能性が考えられるため、実験5の結果を参考にして次の各流量で実験を実施した。

ア 36.0リットル/分で十分返油可能。

イ 45.7リットル/分で十分返油可能。

ウ 53.2リットル/分で返油可能。

エ 54.7リットル/分(ポンプ能力の最大)

流量)で油面上昇せず、油面安定、返油可能。

この結果、中継タンクの位置を3.17m高く設置したことにより、落差による重力の方が、延長した配管の摩擦損失を上回ったため、このポンプ最大能力流量の54.7リットル/分では油面が安定し、返油可能であった。

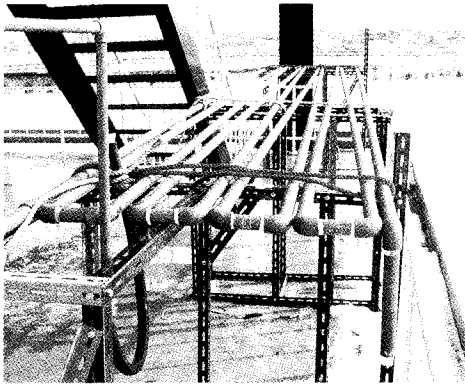


写真10 返油管25A～64.07m

9 第7回目の実験状況～実験7

(1) 実験実施日

平成14年3月7日(木)

気温0.0℃ 灯油液温3.0℃

(2) 実験結果～返油管25Aのみ実施

返油管の長さ～垂直管6.87m, 横引管57.2m, 合計64.07m, エルボ管20個, ソケット管3個。

今回の実験では、返油管の長さを11.2m延長したことから、この返油管の摩擦損失が大きくなると予測できるため、ポンプ流量を徐々に増加させて、次の各流量で実験を実施した。

- ア 39.3リットル/分で十分返油可能。
- イ 44.2リットル/分で十分返油可能。
- ウ 49.1リットル/分で返油可能。
- エ 50.6リットル/分でほんの少しずつ油面上昇し返油不能。
- オ 49.5リットル/分で油面一定、返油可能。

カ 49.8リットル/分でほんの少しずつ油面上昇し返油不能。

この結果、このポンプ能力では49.5リットル/分と49.8リットル/分の間の流量設定は不可能であったことから、返油管25Aの場合、流量49.5リットル/分が返油可能流量の上限であった。

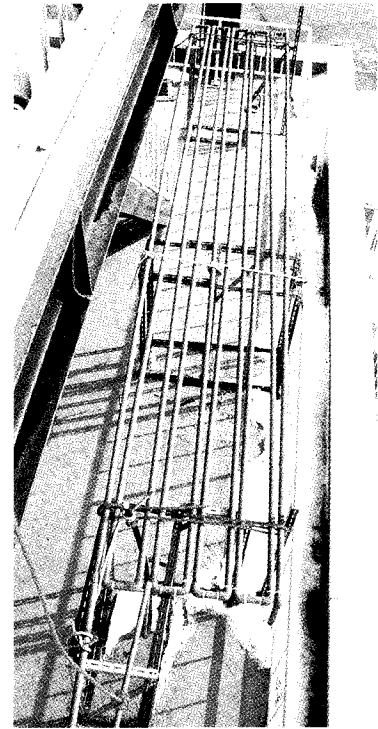


写真11 返油管25A～60.9m上部から撮影

10 第8回目の実験状況～実験8

(1) 実験実施日

平成14年3月18日(月)

気温4.0℃ 灯油液温6.3℃

(2) 実験結果 返油管25Aのみ実施

返油管の長さ～垂直管3.7m, 横引管57.2m, 合計60.9m, エルボ管20個, ソケット管1個。

今回の実験では、中継タンクの位置を実験5と同じ場所の4階に戻したことから、この実験5の返油可能流量の上限を参考にして、ポンプ流量を約25リットル/分から徐々に増加させて、次の各流量で実験を実施した。

- ア 31.5リットル／分で返油可能。
- イ 34.8リットル／分で油面上昇せず、油面一定、返油可能。
- ウ 35.2リットル／分ではほんの少しずつ油面上昇し返油不能。

この結果、このポンプ能力では35.2リットル／分と34.8リットル／分間の流量設定は不可能であったことから、流量34.8リットル／分が返油可能流量の上限であった。

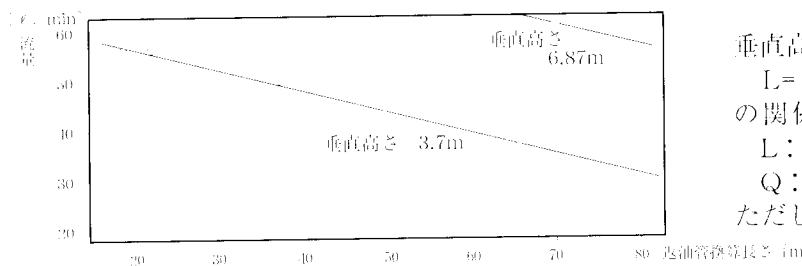
11 まとめ

今回の実験結果をまとめたのが表1及び図2である。この結果を観ると、配管の換算長さとは返油可能流量は、ほぼ直線の比例関係にあることがわかる。

また、配管の垂直長さが長くなれば灯油の重力の方が配管の摩擦損失を上回り、水平長さの延長時以上に、かなり多く返油できることがわかった。

このことから、実際の配管供給の一般取扱所では、中継タンクの位置が通常最上階に設置されているおり、高層建物の場合、返油時は重力により流量は多くなると予想されるため、主タンクへの返油管の経路で影響を及ぼすのは、水平管の長さより、エルボ管の使用数の大小に関連している可能性があるかと推測できる。

来年度は、配管の曲がりを多く設け、摩擦損失を大きくして、同様の実験を継続して実施する予定である。



垂直高さ3.7mの場合では、概ね $L = -2.6Q + 165.7$ の関係が成立する。ここで
 L : 返油管換算長さ [m]
 Q : 流量 [ℓ/min] である
 ただし、 $5 < L < 90$ の範囲で正確性がある。

図2 返油管換算長さに対する返油可能流量

表1 平成13年度実験結果

実験 No.	配管内径 [mm]	垂直長さ [m]	横引長さ [m]	計 [m]	エルボ数 個	エルボ換算長 [m]	合計 [m]	流量 [ℓ/min] 返油結果
1	40	3.7	1.2	4.9	3	3.99	8.89	57.0 / 分でポンプ最大能力・返油可能
	32	3.7	1.2	4.9	3	3.12	8.32	57.0 / 分でポンプ最大能力・返油可能
	25	3.7	1.2	4.9	3	2.64	7.54	57.3 / 分でポンプ最大能力・返油可能
2	32	3.7	12.1	16.1	5	5.7	21.8	56.0 / 分でポンプ最大能力・返油可能
	25	3.7	12.1	16.1	5	4.4	20.5	56.6 / 分でポンプ最大能力・返油可能
3	25	3.7	23.6	27.3	9	7.92	35.22	51.0 / 分で返油可能・56.0 / 分で返油不能
4	25	3.7	34.8	38.5	13	11.44	49.94	44.6 / 分で返油可能・45.0 / 分で返油不能
5	25	3.7	46.0	49.7	17	14.96	64.66	38.2 / 分で返油可能・39.0 / 分で返油不能
6	25	6.87	46.0	52.87	17	14.96	69.87	54.7 / 分でポンプ最大能力・返油可能
7	25	6.87	57.2	64.07	21	18.48	82.55	49.5 / 分で返油可能・49.8 / 分で返油不能
8	25	3.7	57.2	60.9	21	18.48	79.38	34.8 / 分で返油可能・35.2 / 分で返油不能

※ エルボ1個の換算長さは40Aで1.33m、32Aで1.14m、25Aで0.88mとした。

米国アラスカ州フェアバンクス周辺での森林火災現地調査報告

橋本 好弘*

早坂 洋史**

関岡 昇三***

要 旨

熱帯林の森林火災については、過去に様々な研究が実施されているが、地球温暖化に大きな影響を与えると考えられる北方林については、あまり研究や現地調査などは実施されていない。

そこで、北方林の火災の特徴や火災後の回復状況変化などの現地調査を実施した。



森林火災（早坂洋史ホームページ写真より）

この研究は、当研究所の他に雷の専門家として(株)関西テックの関岡氏、また流体の専門家である札幌高専の橋場教授が共同研究者として加わっています。

研究内容は、国内では落雷模擬放電装置による草木などの着火実験や泥炭・草木などの燃焼実験を、また海外では地球温暖に直結している北方の森林火災として北米（アラスカ・カナダ）・ロシア(森林火災により日本年間排出量の4倍のCO₂が発生することがある)及びインドネシア(平成9年の森林火災では3万2千人の住民が呼吸障害を訴えた)での現地調査や燃焼実験を遂行中です。

この関係で、このたび早坂助教授からの要請(経費は早坂助教授に支給されている科学研究費補助金から支出)により、米国アラスカ州に森林火災の現地調査に行っていましたので、その概要を報告します。

1 研究概要

消防科学研究所は、平成8年度から平成12年度までの5年間、『バックドラフト現象に関する研究』などを北海道大学の早坂助教授と共同で実施してきました。¹⁾

平成13年度から早坂助教授は、地球温暖化防止のための地球規模の森林火災研究に専念され、当研究所も早坂助教授からの要請により、共同研究者としてこの研究に参加しています。

※ 消防科学研究所

※※ 北海道大学

※※※ (株)関西テック

2 目的

米国アラスカ州の中央に位置するフェアバンクス周辺の森林火災現地調査は、2002年6月21日から6月28日までの8日間、早坂助教授と関岡氏と私の3名で、次のような目的で実施されました。

①森林火災燃焼実験場や森林火災現場での火災後の草本などの生息状況調査、②国際北極圏研究所やアラスカ森林火災局などへの研究成果の報告及び情報収集、③林床の燃料採取、④新たな森林火災の発生場所の調査、⑤落雷による森林火災発生及び燃え広がりへの観測。



森林火災（早坂洋史ホームページ写真より）

3 地球温暖化による北方地域周辺の変化

北方林（通称タイガ）は地球上の生態系の1/3に該当しています²⁾。北極圏の気温は最近10年間で0.1℃上昇したのに比べて、陸地では1℃上昇しています。また、温かい海流が北極海圏に入り込んできており、これらの現象により、海水の8%程度が減少しています。

今回、現地調査を実施したフェアバンクス周辺の永久凍土は、過去90年間に、地球温暖化の影響で2.1%減、森林火災の影響で1.2%減など急激な溶融が進行しており、そのため、地中のメタンガス（CO₂の20倍の地球温暖化効果がある）が大気圏に排出され北極圏上空に蓄積されています³⁾。

これらのことから、アラスカやロシアの森林火災が発生している永久凍土地域が温暖化効果ガスの供給源となっていると言われています⁴⁾。



森林火災（早坂洋史ホームページ写真より）

4 アラスカ森林火災の特徴

アラスカの森林火災の年平均件数は194件程度と日本の1/11ですが、年平均焼損面積は3千km²と日本の900万倍で、毎年本市の3倍の面積が焼損しています。（焼損面積20m²以上を火災としている。）

火災の最盛期は6月下旬から7月上旬の2週間で、この間に半数の森林火災が発生しています。このうち落雷が原因の火災は、件数では6割、焼損面積では殆どを占めています。

発生件数が多い地域がフェアバンクス北西側、焼損面積密度が高い地域がフェアバンクス南東側となっています。また、雷による森林火災の発生率を調査するとアラスカ全土では1%ですが、フェアバンクス周辺では10%程度となっています⁵⁾。

5 アラスカ州の概要

アラスカ州は、人口61万人の州でその4割がアンカレッジに居住しており、他の主要都市は、軍事基地がある町になっています。

北海道を大きくした様なところで、夏はアメリカ本土から多くの人々がキャンプに訪れ、野生動物ウォッチング、ハイキング、フィッシングなどを楽しんでいます。

また、冬はスキーやオーロラ観光で有名です。

フェアバンクスは人口18万人のアラスカ第2の都市で、アラスカ大学のフェアバンクス校は、オーロラ研究では世界的に有名であり、大学内のロケット打ち上げ施設は陸上ベースのものとしてはアメリカで最大のものが設置されています。



平成11年に燃焼実験をした場所を撮影

6 森林火災現地調査の結果

森林火災現地調査は、平地と山林の2箇所を調査しました。

山林の森林火災現場は平成11年に燃焼実験した場所です。

実験時には、日米加の約55名の研究者が集まり、北方林としては世界で始めて大規模な森林火災燃焼実験を実施した場所で、実験後も様々な測定・観測が実施されています²⁾。

早坂助教授は燃焼実験後、燃焼工学の分野から毎年この場所の生息状況の変化を調査しています。

焼損した木は、葉は全て焼失していましたが、枝や表皮は火炎を受けた片面方向のみ焼損した状態でした。

焼けた表皮は炭化していましたが、幹は殆ど焼けていない状態でした。

焼損した森林中央で、焼けた木を何本か切断して観察しましたが、出火箇所付近と同様に表皮のみの焼損で、年輪の間に焼け

跡が無かったことから、初めて焼損したことや年輪の間隔は1mm程度しかないことから木の生長が遅いことがわかりました。

地面のこげや枯草などの焼損状況を確認するために、地中を調べると最大で18cmの深さまで焼損している場所がありました。

火災後の生息状況は、木の先端には新しい芽が生え、地面にも5cm程度の新しい木やこげが生えていました。

林床は、こげのほかに4、5種類の草が生えており、燃焼性や燃焼した場合のCO₂発生量を推定するために採取しました。

現地調査の中で、一番苦しめられたのが蚊です。日本の蚊と違い大きく、刺されると強烈な痛みと共に、大群で襲ってくるなど事前に装備は十分にしましたが、非常に悩まされました。



7 今後の研究の展開

今回の出張で、フェアバンクスにある北極圏の地球温暖化研究の最先端基地である国際北極圏研究所を訪問し、所長にこれまでの研究成果を報告したところ、非常に高く評価して下さり、日米の共同研究テーマとしての取り上げや日本が最近打ち上げに成功した気象観測用人工衛星を使用しての森林火災の燃え広がりや火災後の温度変化の研究を実施するように提言され、さらなる研究の進展が期待できました。

この研究は、平成13年度科学研究費補助金
(基盤研究A(1)No.13309001)の支援を受けて
ており、付記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 札幌市消防局 消防科学研究所報 4~8
- 2) ラリー・ヒンツマン (アラスカ大学) ら
『北方森林の森林火災による影響について
の予測と制御の研究』
Journal of Geophysical Reserach
- 3) 国際北極圏研究所 パンフレット
- 4) 福田 正巳 『温暖化ガスにかかわる
永久凍土攪乱の制御技術』平成10年度資
源環境・エネルギーミニマム型システム
技術
- 5) 早坂洋史ら 『アラスカの森林火災と
雷の最近の傾向』平成14年度 日本火災
学会研究発表概要集 (P186-P193)

1 事故の概要

- (1) 発生場所 A県H市
- (2) 発生日時 平成14年3月11日14時40分頃
- (3) 死者 作業員5名
- (4) 事故発生経過

8:40頃、作業員5名にて汚泥除去作業開始。14:40頃、作業員4名が雨水管内で作業中、硫化水素が発生し、4名が倒れ、救助に向かった1名も雨水管内で倒れた。14:46頃地上のガードマンから消防へ通報が入った。

(5) 事故原因

雨水管内の汚泥除去作業中に高濃度の硫化水素が発生したものの。

2 硫化水素について

- (1) 分子式 H_2S 分子量34.08
- (2) 性質
 - ア 無色の気体、腐卵のような悪臭の刺激性の気体
 - イ 発火点 260°C
 - ウ 爆発範囲 4.3%~45.3%
 - エ 蒸気比重 1.19 (空気1として)
 - オ 融点 -82.9°C
 - カ 沸点 -60.3°C
 - キ 許容濃度 10ppm
 - ク 用途

有機合成における重要な還元剤、分析試験(金属沈殿剤)、金属の精錬、各種工業薬品、農薬、医薬品の製造等。

ケ 特性

可燃性であり、空气中で青色の炎をあげて燃え二酸化硫黄(許容濃度5ppm、蒸気比重2.263)を発生し、低所に滞留する。20~30ppmでは耐えられるが、臭気の慣れ(嗅覚疲労)で、それ以上の濃度になっても、その強さを感じなくなり、100~200ppmになると、嗅神経

の麻痺で、かえって硫化水素の不快感が緩和され、より高度の硫化水素に対する警戒が薄れ、脱出機会を失う場合もある。

(3) 硫化水素の存在と生成

硫化水素は自然界では火山ガスや温泉などから空気中に放出されている。また、自然界の硫酸や硫酸塩を分解、還元して、その酸素を利用している硫酸還元菌の活動で常に生成されている。この菌は、酸素欠乏状態の地中、河川、湖沼、港湾等の汚泥中、また、工場の製造工程(パルプ工場等)において硫酸や硫酸塩を唯一の酸素の供給源として繁殖しており、この菌の活動で硫化水素が発生する。

雨水管内の沈殿物中では、動植物の蛋白質の分解や硫酸塩(例えば蓄電池処理工場、化学実験室等からの硫酸塩投棄等)に対する硫酸還元菌の作用による硫化水素生成が行われる。

食品工場からの排水には含硫蛋白質や含硫アミノ酸などが多く含まれ、また、皮革工場の排水には、なめし用の硫化ナトリウムや毛髪分解産物の含硫アミノ酸などが大量に含まれ、雨水の酸性化による硫化ナトリウムからの硫化水素の発生もみられる。硫化ナトリウムは空气中的酸素を吸収するばかりでなく、生成した硫酸塩は硫酸還元菌の活動を促す働きがある。

腐敗した汚泥中には硫化鉄その他の硫化物が存在し、酸性化した場合等に硫化水素が遊離してくる。また、この中に硫酸または硫酸塩が存在すれば、硫酸還元菌の活動を促進する。

3 人体に対する有害性

- (1) 吸入すると頭痛、めまい、咳、胸痛、歩行の乱れ、呼吸障害、肺炎を起こす。ひどいときは全身中毒を起こし、チアノーゼ、筋肉麻痺、意識不明、けいれん、呼吸麻痺を起こす。
- (2) 鼻、喉の粘膜を刺激する。
- (3) 濃度と症状
ア 0.0005～0.025ppm
鋭敏な人は特有の臭気を感じ（臭覚の限界）
イ 0.06～0.3ppm
誰でも腐卵臭を明瞭に感知
ウ 3～5ppm
不快に感じる中程度の強さの臭気
エ 10ppm
許容濃度（眼の粘膜の刺激下限界）
オ 50～150ppm
臭覚疲労が起こる
カ 200～400ppm
眼、鼻、上気道に灼熱性疼痛（30分位耐えられる）
キ 400～700ppm
30分～1時間で肺水腫が起こり生命に危険
ク 700ppm以上
呼吸中枢麻痺で即死

4 吸入したときの応急措置

- (1) 通気の良い場所へ移す。
- (2) 酸素吸入を行う。
- (3) 人工呼吸や心マッサージを行う。
- (4) 衣服をゆるめ、毛布でくるみ、医療機関に搬送する。

5 漏洩時の措置

- (1) 状況に応じ、警戒区域を設定し、交通を遮断する。
- (2) 空気呼吸器、ゴム長靴の着用及び防火衣等で皮膚を露出しないようにする。
- (3) 漏洩状況をコンビネーション警報機（硫化水素は0～99.5ppmが検知範囲）や有毒ガス測定器（通称：ガステック、硫化水素の検知管が必要）で確認し、ボン

ベ及びタンク等の場合は漏洩止め作業を実施し、漏洩ガスを噴霧注水で除去する。

6 札幌市の状況

下水道局施設部施設管理課の坂倉管理計画係長からの情報。

(1) 硫化水素発生原因

雨水管内において汚泥等が滞留し、硫黄を含む汚泥や蛋白質が腐敗し、硫黄が発生する。これと水が反応し硫化水素が発生する。

(2) 雨水管内に汚泥が堆積する場所

札幌市は扇状地であり、勾配がとれるため、雨水管内の水の流れが良く、普通の下水管では考えられないが、地盤が軟弱で、地盤沈下等で雨水管が変形し、その窪んだ部分の水の流れが悪くなり、ここに汚泥等が貯まり易い。

(3) 定山溪方面では温泉水により雨水管内に汚泥等がなくても、硫化水素が発生することもある。

なお、札幌市では、過去に硫化水素が発生したことは殆どない。

作業中の安全対策としては、十分に換気を取り、空気呼吸器等を使用する。さらに酸欠に対する注意も必要である。

【参考文献】

- (1) 改訂危険物等の消防活動手引 東京消防庁消防科学研究所監修 東京法令出版株式会社発行
- (2) 化学品安全管理データブック 大島輝夫監修 化学工業日報社発行
- (3) 新酸素欠乏危険作業主任者テキスト 厚生労働省労働衛生課編 中央労働災害防止協会発行
- (4) 毒劇物警防マニュアル 警防マニュアル研究会編 全国加除法令出版発行
- (5) 中日新聞社ホームページ
<http://www.chunichi.co.jp>

雨水管で5人死亡

土砂除去中 汚泥から硫化水素

愛知・半田

11日午後2時45分ごろ、愛知県半田市本町2丁目雨水管内で作業員5人が倒れている、と19番通報があった。救急隊員が5人を救出して病院に運んだが、まもなく全員の死亡が確認された。土砂を除去し、汚泥から硫化水素が発生したとみられている。

「東利」(名古屋市中村区)の社員2人と同社の下請けの「吾連商」(同市守山区)の社員3人が、国道247号の地下工事を請け負ったが、国道247号の地下

愛知・雨水管しゅんせつ

ガス充満5人死亡

11日午後2時40分ごろ、愛知県半田市本町1の国道247号の地下約2・6層に埋設された雨水管(直径約1・7層)で、しゅんせつ工事中の作業員4人が意識を失って倒れ、地上から救助に向かった作業員1人も転

高濃度の有毒の硫化水素が検出され、半田署は雨水管にたまった汚泥などから発生した有毒ガスを作業員が吸って倒れたとみて、業務上過失致死

に埋設された直径1・6層の鋼鉄製雨水管の底部にたまった土砂をマンホールからバキュームカーで吸い取る作業をしていたという。

調べによると、雨水管内では4人が作業しており、1人がマンホールを上ってきたが、ずり落ちるように管内に落ちた。このため、地上にいた作業員が救出に向かったが、この作業員も戻つて来なかったという。通報は別に地上にいた交通整理員がしたという。

5人はマンホール底部の部分で管内にたまった水の中に倒れていた。同署は2人が硫化水素で意識がなくなり、残り3人も中毒症状がみられるという。

有毒ガス？5人死亡

雨水管工事の作業員

愛知

11日午後2時40分ごろ、愛知県半田市本町1の知興七宝町川部丸田)のほ地下雨水管内の土砂排出現場で作業員5人が倒れ、病院に収容されたが、間もなく全員の死亡が確認された。市から工事

半田消防署で管内を調査すると、五人はこの日午前八時四十分ごろから、バキュームカーのホースで、管内の土砂を吸い上げてい

死亡を疑い、工事を発注した半田市や工事関係者から事情を聴いている。

事故直後に雨水管内を調べると、測定限界値29・5ppmの硫化水素が検出された。500ppmで死亡にいたるとされるが、半田商

「東利」(名古屋市中村区)の社員2人と同社の下請けの「吾連商」(同市守山区)の社員3人が、国道247号の地下工事

を請け負った土木会社の社員5人が午前8時40分ごろから、バキュームカーのホースで、管内の土砂を吸い上げていた。調べでは、この日は作業員5人が午前8時40分ごろから作業を始めた。雨水管で4人が作業し、東利社員の滝沢和男さん(55)が地上で監督にあたって

たが、この作業員も戻つて来なかったという。通報は別に地上にいた交通整理員がしたという。

5人はマンホール底部の部分で管内にたまった水の中に倒れていた。同署は2人が硫化水素で意識がなくなり、残り3人も中毒症状がみられるという。

研究実績表

(消防科学研究所報掲載)

年度	所報 No	分野	研究テーマ	研究担当者	件数
平成5年度	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・工藤	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	No.2	燃焼	バックドラフトに関する研究(その1)	小島 秀吉	4
			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・伊藤	
		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 $[(\text{CH}_3)_2\text{CHO}_2\text{PFCH}_3]$ の特性について	橋上 勉	
平成7年度	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
			防火衣の保温性能に関する実験結果について	伊藤 潤	
		開発	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	No.4	燃焼	バックドラフトに関する研究(その3)	小島 秀吉	6
			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	
			酸素欠乏について	橋上 勉	
			情報	都市ガス等の性質について	
平成9年度	No.5	燃焼	航空燃料と化学熱傷について	橋上 勉	7
			硬質発泡ウレタンとABS樹脂について	上田 孝志	
			放水音・空気呼吸器警報音・レストーン警報音調査	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			
平成10年度	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	7
			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			

年度	所報 No	分野	研 究 テ ー マ	研究担当者	件数
平成11年度	No.7	燃焼	バックドラフトに関する研究（その6）＜統括＞	橋本 好弘	7
			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	
			有珠山噴火に伴う火山性ガスについて	花崗 一正	
情報	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	2		
平成12年度	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	花崗 一正	8
			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	
平成13年度	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	8
			降雪時の消火栓除雪対策用機器（遠赤外線面状発熱体）に関する研究について	菅原 法之	
		開発	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給油と返油システムに関する研究について	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調査報告 硫化水素について	橋本 好弘 菅原 法之	2		

消防科学研究所報

(2002 No. 9)

市政等資料番号	01-P00-02-773
---------	---------------

平成15年3月発行

編集・発行 札幌市消防科学研究所

〒063-0850

札幌市西区八軒10条西13丁目3番1号

電話 (011) 616-2262

FAX (011) 271-0957

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

印刷 北海印刷株式会社



JQA TM1928

札幌市は平成13年11月にISO14001の認証を取得しました