

記 念 誌 目 次

○札幌市消防科学研究所開所10周年に当たって	1
消防学校長 鈴木 幸夫	
○札幌市消防科学研究所10周年にあたって	2
北海道大学大学院教育学研究科健康スポーツ科学講座 森谷 紉	
○札幌市消防科学研究所と私の10年	3
北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻建築計画学講座 早坂 洋史	
○消防科学研究所開所10年に寄せて	5
弘前大学理工学部知能機械システム工学科 工藤 祐嗣	
○消防科学研究所の紹介	6
○消防科学研究所の10年	8
○研究実績表	13
○学会発表等の実績	15

札幌市消防科学研究所開所10周年に当たって

札幌市消防局 消防学校長 鈴木 幸夫

札幌市消防科学研究所は平成5年4月に救急救命士養成所とともにオープンし、10年が経過しました。

当初は手探り状態でスタートした研究所でありましたが、他都市消防研究所からの助言や、北海道大学との共同研究などを通じて種々の知識・技術を修得・蓄積することができました。また、局内各部、各署のご協力のもと、数多くの研究を積み重ねることができ、職員にとっても「頼りになる研究所」のイメージが定着しつつあるのではないかと考えております。また、日本火災学会を始めとする各種学会で研究成果を発表することにより、他研究者から注目されているところでもあります。

さて、当研究所は、定常的に行っている火災原因に係わる油分の分析や火災の再現実験、危険物の確認試験などにより、火災原因の解明や燃焼現象の解明に資することはもちろん、毎年定めた研究テーマにより独自の研究成果を上げております。その研究範囲は、警防関係だけでなく、救急や予防関係にも渡っているところであり、一例をあげますと「バックドラフトに関する研究」、「救急車の振動に関する研究」、「小屋裏感知器の非火災報に関する研究」などがあり、これらはすでに実用化されていたり、職員の研修などで活用されております。

また、近年取り組んでおります「消防隊員の身体負荷の研究」については、年々増加する救急出動に対する救急隊員の疲労程度や、消防隊員の災害現場におけるヒートストレスなどについて研究することにより、警防体制や職員の健康管理に対して提言することも可能かと考えております。この研究は今年度より総務省消防庁に創設された委託研究制度（消防防災科学技術研究推進制度）に採択されるなど、その成果は全国的に期待されるものとなっているところであります。

今後も消防科学研究所は、国の内外で発生する災害などに注目し、積極的に研究を推進し、その成果は現場活動にも活用されるよう効果的に情報提供するとともに、さらに、市民にとっても今まで以上に身近な存在となり、安全な街づくりに貢献するよう努力してまいります。

この消防科学研究所開所10周年にあたり、関係各位に対しまして、これまでのご指導、ご鞭撻に深く感謝申し上げますとともに、今後の一層のご支援、ご協力を改めてお願いし、ご挨拶といたします。

平成16年3月

札幌市消防科学研究所10周年にあたって

北海道大学大学院

教育学研究科健康スポーツ科学講座

森谷

きよし
梨

札幌市消防科学研究所 開所10周年 おめでとうございます

長く健康科学，体力科学などの研究に携わっている私は，昨年から消防職員の身体負荷の研究を消防研究所と一緒にしています。

消防隊員，救急隊員の皆さんにあつては，自らの生命でさえ危険な火災現場や，凄惨な事故現場において人命救助に従事されるなど，昼夜を問わず日々勤務に精励されていることに対し，心より敬意を払うものです。

そのような特殊な勤務をされている皆さんについて，身体的な負荷を測定させていただいておりますが，今後皆さんの健康管理の向上やより良い勤務条件の提案を行うことができればと思っております。

これは消防職員皆さんの円滑な職務遂行につながり，言い換えれば私たち市民への質の高い安全の提供にもつながるもので，大いに推進すべきものと考えています。

総務省消防庁においても，この消防職員の身体負荷の研究については，委託研究を行うことになり，その成果が札幌市の消防職員だけでなく，全国的にも期待されております。私も微力ながら精一杯お手伝いさせていただきたいと考えております。

今まで，消防科学研究所は，主に燃焼や消火関係の研究が中心だったと伺っておりますが，是非，自らの健康管理についても高い意識をもたれ，職員自身のための研究も推進していただきたいと思います。それが市民の負託にこたえることとなるのですから。

研究スタッフが十名に満たない研究所にも関わらず，所長を先頭に研究員の方達の熱意はすばらしく，私どもの院生・学生は良い刺激を受けており感謝しています。

札幌市消防科学研究所開所10周年に当たり，安全な市民社会を守っていくために研究所がますます発展されることを祈念してお祝いの言葉とします。

平成16年3月

札幌市消防科学研究所と私の10年

北海道大学大学院 工学研究科

都市環境工学専攻建築計画学講座 早坂 洋史

もう10年という月日が流れたのでしょうか。開所直後のどうしても忘れられない大惨事として、阪神大震災があります。この大震災も発生してから今年で9年目。時の過ぎ去る早さに驚きを隠し切れないのと同時に、自分の研究は思うように進展してくれず、歯がゆい思いをしています。

札幌市消防科学研究所の“バックドラフトに関する研究”は、世界的に認知されており、火災学会などからも高い評価を受けています。以下に、研究所と私の10年について記述します。

1. 最初の出会い

札幌市消防科学研究所が設立された10年前、私は、タンク火災とその計測に使ったサーマルカメラについての研究成果を火災学会などで発表していました。研究所の存在を知ったのは、札幌ではなく、日本火災学会の講演会場でした。大震災直後の1995年5月、神戸で開催された日本火災学会後に共同研究を開始した記憶があります。

2. バックドラフト現象の共同研究と成果の世界的認知

「バックドラフト」は「爆発的な火災現象」で、高気密住宅などで発生する可能性があります。既に米国や欧州では、バックドラフトにより多数の消防士が殉職しています。北方圏向けの高気密性住宅では、バックドラフト発生の可能性は高く、この点に着目した、研究所の小島秀吉さんと所長の水口慎一さんらは、小型模型による実験を開始しました。共同研究は、当時、北海道大学大学院の学生であった、工藤祐嗣さん（現弘前大学）がバックドラフト実験を手伝う形で始まりました。

バックドラフトに関する共同研究は、幸いにも新規性のあるテーマで、実験で得られた現象も興味深い物であったため、国内では、日本火災学会や日本機械学会で認められ、論文として残りました。さらに海外でも、最近（2003年）発刊された、世界的に著名な火災研究者のVytenis Babrauskasが編纂した「点火ハンドブック (Ignition Handbook)」には、実験結果の図2枚とバックドラフトの進行状態を写した連続カラー写真が1枚掲載されています。このことから、研究所の活動が世界的に認められたと言っても過言ではありません。

3. 美しが丘電器店火災とその教訓

研究所との共同研究が順調に進んでいる最中、消防士さんが二名殉職する火災が1997年5月に豊平区美しが丘で発生しました。1975年以来の殉職事故ということで、早々に調査委員会が設置されました。当時の消防局長の高橋彦博さんを委員長に、合計20名からなる委員会でした。この委員会とは別に、当時の警防部長の藤塚範幸さんが委員長の合計12名の小委員会も設置され、実験や資料等の収集に当たっていました。私は、この両委員会に所属させていただきました。当時の研究所の所長、上田孝志さ

んは、小委員会での実験などで重要な役割を果たしました。研究所での実験は延べ40回も行われ、事故原因の推定に多大な貢献がありました。また、バックドラフトに関する研究所の成果も事故原因解明に役立ちました。

残念ながら、ほぼ4ヵ月に渡る調査の結果でも、事故原因を推定するに留まりましたが、あまり危険なガスではないと思われがちな二酸化炭素が、実は一酸化炭素と同等に注意すべき毒性ガスであることを教えられました。火災現場で比較的安全と思われる場所でも、空気マスクを不用意に外すと危険な場合があります。

4. 最後に...

過去には放火事件での鑑定書作成のための実験や、現在行っている森林火災に関する研究などでも、研究所の協力のおかげで、順調に進展してまいりました。現在の研究所の所長、花崗一正さん、遙か遠くアラスカまで同行して頂いた橋本好弘さん、並びに、この10年間にお世話になりました皆様方に、この場を借りて御礼申し上げます。

最後に、大きな火災による災害や事故もなく、これからの10年が無事に過ぎますことを期待し、筆をおきます。

平成16年3月

研究実績表

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	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パネ選定について	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 $[(CH_3)_2CHO_2PFCH_3]$ の特性について	橋上 勉	
平成7年度	No. 3		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	5
		燃 焼	バックドラフトに関する研究（その2）	小島 秀吉	
		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	
平成8年度	No. 4	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	9
		燃 焼	バックドラフトに関する研究（その3）	小島 秀吉	
			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	
平成9年度	No. 5		航空燃料と化学熱傷について	橋上 勉	7
		燃 焼	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	
平成10年度	No. 6	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	8
		燃 焼	空中消火の延焼阻止効果に関する研究	上田 孝志	
			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 情 報	静電気に関する調査・研究について 放射性物質等に関する基礎知識	橋上 勉 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）＜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） ー静電気帯電量ー	溜 真紀子	
			静電気に関する調査・研究（その3） ー静電気除去実験ー	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 ー温度管理用示温材（サーモラベル）に着目してー	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 ーカプサイシンに着目してー	菅原 法之	
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 ーその1 和室の測定結果ー	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 ーその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	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 則之	
		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 すずきの地区・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 硫化水素について	橋本 好弘 菅原 法之	
平成 14 年度	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 RDF（ごみ固形燃料）の性状について	川瀬 信 川瀬 信	

学会発表などの実績

外部で発表した実績を取りまとめました。

1 バックドラフト研究関係

No.	発表年月	タ イ ト ル	発表学会(文献)
1	H 8. 5	小型の区画火災におけるバックドラフト再現実験	平成8年度日本火災学会
2	H 8. 9	小型の区画火災におけるバックドラフト	平成8年度日本建築学会
3	H 8. 11	小型区画火災におけるバックドラフトの諸特性	第34回燃焼シンポジウム
4	H 9. 5	小型区画火災におけるバックドラフト発生時の燃焼速度	平成9年度日本建築学会
5	H 9. 5	区画火災におけるバックドラフト発生時の燃焼特性	平成9年度日本火災学会
6	H 9. 6	Backdraft Experiments In a Small Compartment	第2回国際模型実験シンポジウム
7	H10. 2	小型区画模型を用いたバックドラフト実験	平成10年度日本火災学会
8	H10. 5	小型区画模型で観測されたバックドラフトとその関連諸現象	平成10年度日本火災学会
9	H10. 5	木材の燃焼特性と区画火災での火災現象	平成10年度日本火災学会
10	H10. 6	Burning Rate in a small compartment Fire	第3回アジア・オセアニア火災科学技術シンポジウム
11	H10. 9	バックドラフトとその発生前後の諸現象(その1)	平成10年度日本建築学会
12	H10. 9	バックドラフトとその発生前後の諸現象(その2)	平成10年度日本建築学会
13	H10. 11	Backdraft and Various Backdraft Related Phenomena Observed in Small Compartment Fires	国際火災学会
14	H11. 3	バックドラフト現象の解明と防止に関する調査研究	平成10年度日本建築学会
15	H11. 5	木材などの建築材料の熱分解時に生じる諸特性変化	平成11年度日本火災学会
16	H11. 5	木材内部の温度分布と燃焼特性	平成11年度日本火災学会
17	H11. 9	Backdraft and Various Backdraft Related Phenomena Observed in Small Compartment Fires	第11回日韓安全工学概要集
18	H12. 5	一層ゾーンモデルを用いたバックドラフトのシミュレーション	平成12年度日本火災学会
19	H12. 6	小型区画火災でのバックドラフトと関連諸現象	日本火災学会
20	H12. 6	バックドラフトに関する基礎的研究	平成12年度日本機械学会
21	H12. 7	ゾーンモデルによるバックドラフト発生予測(その1)	平成12年度日本建築学会
22	H12. 9	ゾーンモデルによるバックドラフト発生予測(その2)	平成12年度日本建築学会
23	H12. 9	バックドラフトに関する研究	平成12年度全国消防技術者会議

2 開口部噴出火炎研究関係

1	H12. 11	開口部噴出火災とベランダ手すり形状	第38回日本燃焼学会シンポジウム
2	H13. 5	バルコニー周囲形状が噴出火炎性状に及ぼす影響	平成13年度日本火災学会

3 燃焼生成ガス研究関係

1	H14. 10	残火処理及び現場検証時に残存している燃焼生成ガスに関する研究	平成14年度全国消防技術者会議
2	H15. 5	鎮火後に残存している燃焼生成ガス	平成15年度日本火災学会

4 火災研究関係

1	H13. 7	Reactions of micro-particles of tropical peat under Pyrolysis	Proceedings of International Symposium On Troical
2	H14. 5	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
3	H14. 5	雷と森林の着火機構	平成14年度日本火災学会
4	H14. 6	アラスカの森林火災	日本伝熱シンポジウム
5	H14. 6	アラスカの雷	日本伝熱シンポジウム
6	H14. 6	アラスカの森林火災と雷	日本伝熱シンポジウム
7	H14. 6	雷による森林の着火機構－実験と調査	日本伝熱シンポジウム
8	H15. 5	雷による森林の着火機構に関する実験	平成15年度日本火災学会
9	H15. 9	Explosive phenomena due to lightning in Boreal Forest	Fourth International Seminar
10	H15. 9	An Experimental Study on Ignition Mechanism of Boreal Forest by Lihtning	Fourth International Symposium
11	H15. 11	An Experimental Study on Fire Ignition Causing Forest Fire By Using Lihtning Impulse Generator	Intenational Symposium on lihting protection

5 身体負荷にする研究

1	H15. 5	救急隊員の勤務時における身体負荷考察	第14回北海道救急医学会救急隊員部会
2	H15. 5	消防職員の勤務時における身体負荷－救急隊員の心拍変動からの検討－	平成15年度日本火災学会
3	H15. 9	Visual Analog Scale (VAS) で評価した救急隊員の勤務時における心身負荷	日本体力医学会
4	H15. 9	心拍変動からみた救急隊員の勤務時身体負荷	日本体力医学会
5	H15. 10	出勤件数と仮眠時間からの救急隊員の身体負荷考察	第27回北海道救急医学会
6	H16. 1	救急隊員の自律神経活動からみた勤務時身体負荷考察	第12回全国救急隊員シンポジウム

6 その他の研究

1	H10. 10	自動放水停止器具の開発について	第46回全国消防技術者会議
2	H11. 5	市街地火災に対する空中消火の延焼阻止に関する実験的研究	平成11年度日本火災学会
3	H14. 10	高規格救急車のタイヤチェーン装着時等における振動・騒音の調査・研究	第26回北海道救急医学会
4	H14. 10	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	平成14年度全国消防技術者会議
5	H14. 12	マグネシウム粉の燃え広がり伝熱機構	第40回日本燃焼学会シンポジウム
6	H15. 11	札幌市における冬道の転倒事故による救急出動の状況について	第19回寒地技術シンポジウム

消防科学研究所報

REPORT OF FIRE SCIENCE LABORATORY

2003 No. 10

所 報 目 次

【消防科学研究所の業務について】

○業務実績表・本文	1
-----------	---

【研究論文】

○危険物施設における返油システムの研究について	4
○積雪時の消火栓融雪装置(遠赤外線面状発熱体)に関する研究について	12
○高規格救急車の振動低減検証実験	20
○鎮火後に残存している燃焼生成ガス	27
○有風下における建物内部の燃焼状況変化について	32
○雷による森林の着火機構に関する実験	36
○節水型消火薬剤(界面活性剤系)の実験的研究	40
○RDF(ごみ固形燃料)の性状について	49

消防科学研究所の業務について

業 務 実 績 表 (平成 14 年度)

(単位：件)

研 究			研究結果発表		報道 取材	依 頼 試 験			そ の 他				
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	学会等	雑誌等		燃焼実験	成分鑑定	危険物確 認試験	職員提案 審査数	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
1	3	2	10	2	18	32	159	6	28	7	3	70	1
※ 1	※ 2	※ 3				※ 4	※ 5	※ 6	※ 7	(190)	(122)	(1,382)	(3)

() 内は、対象者の人数である。

※ 1・※ 2・※ 3 の内訳は表 1 のとおり

※ 4 の内訳は表 2 のとおり

※ 4・※ 5・※ 6 の測定機器内訳は表 3
のとおり

※ 7 の内訳は表 4 のとおり

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、成分鑑定及び危険物確認試験等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の再現実験や特異な燃焼現象解明のための実験、また市民が安心・安全に暮らせるために必要な燃焼実験を実施している。

4 成分鑑定

災害現場や事業所等から収去した物品の化学分析を行い、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」(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)で定められている試験方法にしたがって、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 職員提案支援

「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等を行っている。

表 1 研究一覧表

※1	水系消火薬剤の研究
※2	危険物施設における返油システムの研究
	消火栓融雪の研究
	救急車の揺れに関する研究
※3	火災現場における燃焼生成ガスの測定
	消防職員の身体負荷に関する研究

表 2 燃焼実験一覧表

	月日	実 験 内 容
1	4. 15	白熱灯コンパネ接触温度測定実験
2	4. 15	静電気測定実験
3・4	5. 16	低温着火温度測定実験
5	6. 17	アスファルト燃焼実験
6・7	7. 29	空ふかしによる自動車の各部分の温度測定実験
8～11	7. 29～31	電気関係燃焼実験
12	8. 12	塗装工場集塵機フィルターのたばこ火着火実験
13・14	10. 8	電気関係燃焼実験
15	10. 22	新聞紙のたばこ火着火実験
16	11. 12	灯油ストーブの燃焼実験
17	11. 14	トイレットペーパーの燃焼実験
18	11. 18	壁材の燃焼実験
19	12. 9	石焼き芋器の温度測定実験
20	12. 10	
21	12. 18	X線撮影実験
22	12. 18	冬道の大型消防車の車止め有効性確認実験
23～27	1. 26～28	誤給油による灯油ストーブの燃焼実験
28・29	2. 6 3. 5	ハロゲンライトの接触による防炎カーテンの着火実験
30～32	10. 24 2. 6, 2. 7	水道管凍結防止ヒーターの発熱実験

表3 測定機器等述べ使用回数

平成14年度

	使用機器	成分鑑定・鑑識		分析関係実験等		燃焼関係実験等		その他		合計	
		件数	使用回数	件数	使用回数	件数	使用回数	件数	使用回数	件数	使用回数
1	ガスクロマトグラフ	120	240	78	155					198	395
2	質量分析装置	17	17	132	132					149	149
3	液体クロマトグラフ	0	0	86	86					86	86
4	熱分析装置	4	4	92	92					96	96
5	蛍光X線分析装置	5	5	65	65					70	70
6	分光蛍光光度計	13	13	0	0					13	13
7	恒温槽	5	5	11	11					16	16
8	低温実験ユニット	0	0	365	365					365	365
9	フーリエ変換赤外分光分析装置	0	0	1	1					1	1
10	タグ密閉式引火点測定試験器	1	4	1	4					2	8
11	セタ密閉式引火点測定試験器	1	4	1	8					2	12
12	クリーブランド引火点測定試験器	3	20	5	32					8	52
13	発火点測定試験器	1	7	0	0					1	7
14	データロガー	3	3			13	85			16	88
15	加速度計					2	36			2	36
16	信号増幅器					2	36			2	36
17	データアナライザー					1	34			1	34
18	熱流束計					2	30			2	30
19	高速度ビデオカメラ					2	9			2	9
20	サーマルカメラ					12	12			12	12
21	X線透過装置					6	8			6	8
22	ファイバースコープ					1	1			1	1
23	心拍数計					73	138			73	138
24	プッシュブルゲージ					1	40			1	40
25	酸素測定器							2	2	2	2
26	天ぷら油加熱発火実験装置							4	4	4	4
27	過負荷電流実験装置							1	1	1	1
28	トラッキング火災実験装置							3	3	3	3
29	エアゾールガス加熱実験装置							5	5	5	5
30	エアゾール缶加熱実験装置							5	5	5	5
31	ガソリン引火実験装置							1	1	1	1
32	騒音計							2	2	2	2

表4 職員提案一覧表 採用区分順

平成14年度

提案番号	提 案 内 容
採 用 3 級 ～ 2件	
301	小学生向け庁舎見学用スライドの作成について パソコンに写真やイラストを取り入れ、子供達が興味を引くようなアニメーション効果を使ったソフトを作成。
303	新型伝声装置の考案について 面体にピンジャックで新型の伝声装置を取り付けできるようにした。
採 用 5 級 ～ 7件	
304	時間外自動計算ソフトの考案について 出勤、帰所時間を入力すると、自動的に時間外勤務時間を表示するソフトを作成した。
305	空気呼吸器用無線機固定ベルトの考案について 空気呼吸器の脇バンドに無線機固定ベルトとカールコード収納ポケットを取り付けた。
306	ボンベバックの考案について 空気ボンベが2本収納できるバックを作成した。
307	ポンプエアー混入防止装置の考案について 消火車の中継口下部に空気吐出し導管を取り付けた。
313	ホース折れ防止バンドの考案について 50mmのホースに切り取った65mmホースの保護布部分をマジックテープで貼り付けできるようにし、階段室内等でのホースの折れ曲がり防止する。
314	毛布付き平担架の考案について 毛布にナイロンテープを取り付けて平担架の縛着用のベルトを通し、さらにマジックテープで平担架に固定した。
320	改良型沈鍾の考案について 現在の沈鍾は鉄製で形状が大きいため、鉛を溶融加工してコンパクトに仕上げ、さらにフラッシュャーを取り付けた。
努 力 賞 ～ 12件	
298	ライティングボードの作成について
299	札消式横型署名入りしころ標識の作成について
300	安全帯付き安全型防火ズボンの型式提案について
310	機関員用ベストへの無線機収納ポケット及びマイク用フックの取り付けについて
311	人命検索済テープの考案について
312	手とびケースの自在アタッチメント
316	ホースカー内のホース積載方法の改良について
318	多数傷病者事故発生時に使用する複写式チェックカードの考案について
321	新型伝声装置の考案について
323	消火栓排水用補助器具の考案について
324	現場用調査内容記録シートの考案について
325	二重巻ホース搬送器具の考案について
奨 励 賞 ～ 7件	

危険物施設における返油システムの研究について（継続）

花 園 一 正※

菅 原 法 之※

要 約

平成13年度に行った「危険物施設における給油と返油システムに関する研究について」の実験で、危険物一般取扱所などの中継タンク（サービスタンク）からの自然落差による返油については、内径25mmの鋼管で落差3.7m、横引き長さ23.7mの場合で55 l/分程度まで返油できることなどが判明し、落差や管径が大きければさらに大量の返油が可能であり、現状の指導基準で十分であることがわかった。

今年度は、同じ内径25mmの返油管を使用し横引管の長さやエルボの数を増やして返油量の変化を調べるとともに、返油管に逆勾配をつけ返油量を調査したものである。

また、返油できる流量を計算により求めて、実測値と比較した。

1 はじめに

危険物施設において返油管から返油しきれずに油が漏洩する事故がしばしば発生したため、平成13年度に、この返油管の太さや落差を変え返油量の調査を行った。今年度は横引管の長さ、エルボ（曲り管）の数などの条件を変え、返油量の限界を調査し、危険物施設の設置基準における返油管の指導基準について検証することを目的とする。

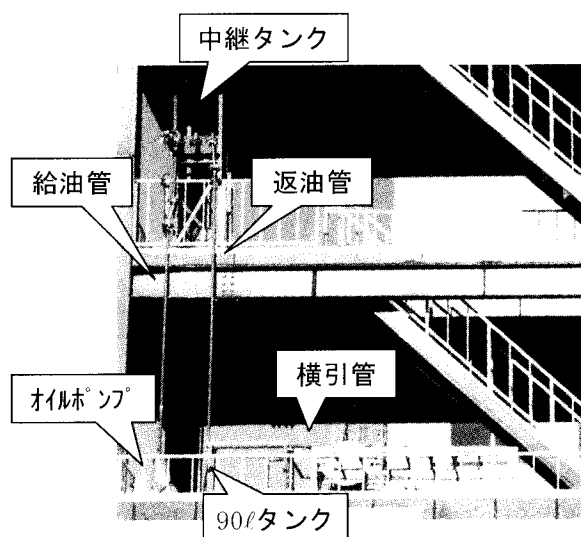


写真-1 実験装置全体

2 実験装置

(1) 実験装置

補助訓練塔3階部分に市販の90ℓタンク（鋼板製）を設置し主タンクとして、オイルポンプ（㈱川本製作所OC-325型、電源200V、全揚程6mのとき吐出量58.0 l/分）で4階部分に階層住宅等の燃料供給施設の中継タンクとみなしたタンク（角型鋼板製、寸法500mm×500mm×200mmH、容積50ℓ、容量45ℓ、板厚1.6mm。以下「中継タンク」という。）へ25A（内径25mmの鋼管）の送油管で送油し、25Aの返油管を取り付けて3階の

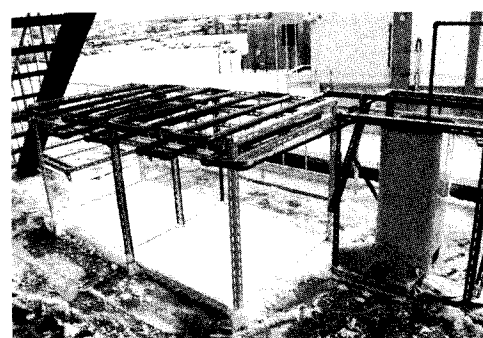


写真-2 3階部分横引き管の状況

※ 札幌市消防科学研究所

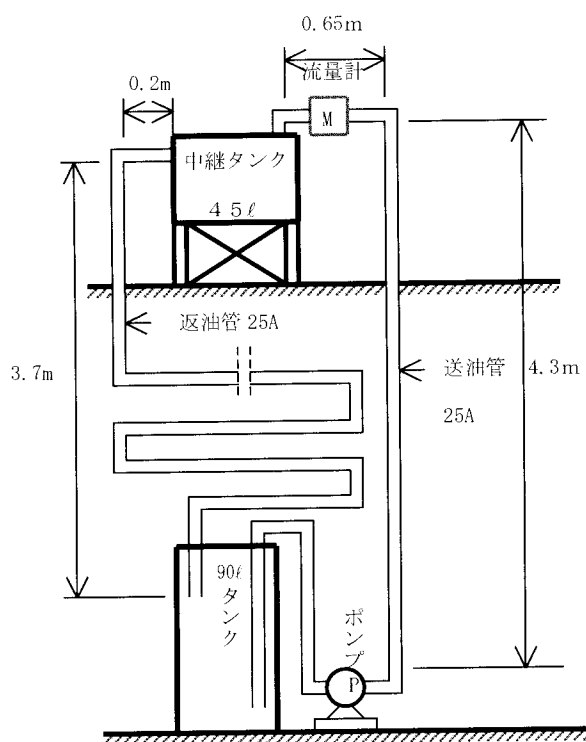


図-1 実験概要系統図

90ℓ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。

(2) 流量の測定

送油管の中継タンク直近部分に液体流量計（株式会社エステック製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分かるようにした。中継タンクの液面が返油管取り付け位置で一定のとき、送油量と返油量が等しくなるとして、限界の返油量を求めた。

送油量の調節は、送油管の4階部分に

流量調節バルブ及び3階部分に逃がし配管（15A，流量調節バルブ付き）を設け、各バルブの開閉で送油流量が調節できるようにした。

(3) 返油管長さ

中継タンクから90ℓタンクへの落差は3.7m。返油管は中継タンクから横引管0.2m，エルボ，フレキシブル管0.34m，垂直管，3階で横引管（1.0m）を経てから，エルボ及び長横引管（1.0m），短横引管（0.2m）によりジグザグ状態で延長し，90ℓタンク上部まで導き，返油させるようにした。

返油管の長さは，摩擦損失からエルボ1個を直管0.88m相当※として換算し，配管長さと流量の関係を調査することとした。

※ 改訂新版化学工学通論 I 疋田晴夫 朝倉書店より90°エルボは $Le/D = 32$ （ Le は相当長さ（m）， D は内径（m））。25A鋼管の近似内径はJIS基準から0.0276mであるから

$$Le = 32 \times 0.0276 \div 0.88m$$

したがって全体の配管の換算長さは（直管長さ）+（エルボの数） $\times 0.88$ となる。

表-1 各実験の返油管長さ（25A）

平成13年度実験結果		今年度の実験（返油管長さ～落差3.7m，横引き管1.2m）				
番号	返油管長さ	番号	エルボ	1 mの直管	0.2mの直管	換算長さ
実験4	49.94m	実験1	35個30.80m	16本16m	16本3.2m	54.90m
実験5	64.66m	実験2	43個37.84m	20本20m	20本4.0m	66.74m
実験8	79.38m	実験3	51個44.88m	24本24m	24本4.8m	80.18m
				直管0.8m×2本＝1.6m		
		実験4	31個27.28m	14本14m	14本2.8m	48.98m

3 実験 1

- (1) 実験実施日 平成14年12月12日 (木)
気温 -5.0°C 灯油液温 0.0°C
- (2) 返油管の長さ 54.90m
- (3) 実験結果 流量 40.1 l/分 (「液体流量計で確認」以下同じ。) までは返油可能。流量 40.5 l/分 で返油不能。

4 実験 2

- (1) 実験実施日 平成15年1月9日 (木)
気温 $+1.2^{\circ}\text{C}$ 灯油液温 1.5°C
- (2) 返油管の長さ 66.74m
- (3) 実験結果 流量 37.1 l/分 では返油可能。流量 37.5 l/分 で返油不能。

5 実験 3 (その 1)

- (1) 実験実施日 平成15年1月22日 (水)
気温 -5.7°C 灯油液温 0.2°C
- (2) 返油管の長さ 80.18m
- (3) 実験結果 流量 33.7 l/分 では返油可能。流量 34.1 l/分 で返油不能。

6 実験 3 (その 2)

実験 3 (その 1) 終了後、配管の一部を逆U字型に起こし逆勾配部分を作り、返油量を測定した。



写真-3 逆U字型とした状況

- (1) 実験実施日 平成15年1月23日 (木)
気温 -2.0°C 灯油液温 0.4°C
- (2) 返油管の長さ 80.18m (実験 3 (その 1) と同じ長さ)

(3) 実験結果

- ア 逆U字型 1 個
流量 33.7 l/分 で送油までは返油可能。流量 34.1 l/分 で返油不能。
- イ 逆U字型 2 個
流量 33.0 l/分 で送油までは返油可能。流量 33.3 l/分 で返油不能。
- ウ 逆U字型 3 個
流量 33.0 l/分 で送油までは返油可能。流量 33.3 l/分 で返油不能
- エ 逆U字型 4 個
流量 33.0 l/分 で送油までは返油可能。流量 33.3 l/分 で返油不能

(4) 返油の状況

逆U字型配管とした場合、灯油が中継タンクから返油管に入り始め90 lタンクに戻り始めるまでの時間が逆勾配の無い場合より時間がかかる。また、逆U字型配管の個数が増えるとさらに、戻り始めるまでの時間を要したが、一旦90 lタンクへ流れ始めると、その後はスムーズに流れ出した。なお、逆U字型配管の数による流量の差はなかった。

7 実験 4 (その 1)

- (1) 実験実施日 平成15年2月10日 (月)
気温 $+0.3^{\circ}\text{C}$ 灯油液温 0.8°C
- (2) 返油管の長さ 合計換算長さ48.98m
- (3) 実験結果 流量 43.8 l/分 で送油までは返油可能。流量 44.2 l/分 で返油不能。

8 実験 4 (その 2)

実験 4 (その 1) 終了後、配管の一部を逆U字型に起こし逆勾配部分を作り、返油量を測定した。

- (1) 実験実施日 平成15年2月10日 (月)
気温 $+0.3^{\circ}\text{C}$ 灯油液温 0.8°C
- (2) 返油管の長さ 合計換算長さ48.98m

(3) 実験結果

ア 逆U字型 1 個

流量43.5 ℓ/分で送油までは返油可能。流量43.8 ℓ/分で返油不能。

イ 逆U字型 2 個

流量43.5 ℓ/分で送油までは返油可能。流量43.8 ℓ/分で返油不能。

ウ 逆U字型 3 個

流量43.5 ℓ/分で送油までは返油可能。流量43.8 ℓ/分で返油不能。

(4) 返油の状況

逆U字型の返油管の場合、灯油が中継タンクから返油管に入り始め、90 ℓタンクに戻るまでの時間が逆U字型配管の無い場合より少し時間がかかったが、一旦90 ℓタンクへ戻り始めると、その後はスムーズに流れ出した。

なお、逆U字型配管の数による流量の差はなかった。

9 実験結果考察

今回の実験結果をまとめたのが、表-1であり、平成13年度実施した結果とともにグラフに表したのが図-2である。

この結果を見ると、平成13年度と平成14年度は同様の値が得られ、返油管の換算長さとは直線的な相関関係が成立した。

13年度は直管を主体に構成したもので、14年度は短い直管をエルボでつないだものであるが、摩擦損失は90° エルボ 1 個で88cmの長さの直管に相当（25A鋼管の場合）することから、返油量を減少させないためには直管による全体の長さを短くすることはもちろんだが、エルボの数を極力少なくするような施工が重要となる。

また、逆勾配配管の有無については初期の流れが遅くなるが、次第に流れるようになり、流量に対して影響は少ない。

表-1 平成14年度実験結果表（落差3.7m，返油管径25mm）

番号	返油管換算長さ	返油可能流量 (ℓ/分)	平成13年度実験結果（垂直管長さ同じ）	
			返油管換算長さ	返油可能流量 (ℓ/分)
実験 1	54.90m	40.1	35.22m	51.0
実験 2	66.74m	37.1	49.94m	44.6
実験 3	80.18m	33.7	64.66m	38.2
実験 4	48.98m	43.8	79.38m	34.8

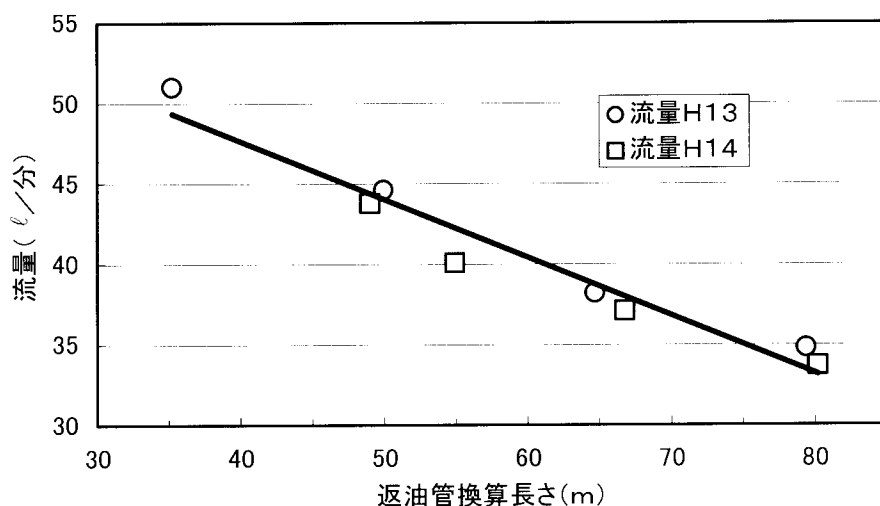


図-2 実験結果（平成14年度と平成13年度実施分）

10 試算による返油量の推定について

(1) レイノルズ数の計算

流体の流れの状態を表すレイノルズ数は、鋼管のような円管の流れにおいては非常に重要な意味を持つ。流れはレイノルズ数が2100以下では層流、4000以上では乱流となる。層流と乱流では、摩擦損失が大きく異なる。

$$Re = \frac{du\rho}{\mu} \quad \dots\dots\dots (1)$$

d : 直径 (m)

μ : 粘度 (Pa・s)

ρ : 密度 (kg/m³)

粘度と比重は研究所で測定し、0℃の時の灯油の動粘度(研究所では動粘度を測定) 2.38cSt, 比重 0.79がえられた。

これから、灯油の粘度,

$$\mu = 2.38 \times 0.79$$

$$= 1.8644 \text{ cP (センチポアズ)}$$

$$= 1.8644 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s (パスカル秒)}$$

流速 u (m/秒) と流量 Q (ℓ/分) との関係は

$$u = \frac{Q}{47124 \cdot d^2} \text{ であるから}$$

$Q = 30 \text{ ℓ/分}$, $d = 0.0276 \text{ m}$ とすると

$Re = 10110 > 4000$ となり、乱流である。

流量の少ない流れでも乱流であるため、さらに流量の多い(流速の早い)場合は乱流となっている。

(2) 返油量の計算

乱流の場合の摩擦係数 f については、図-3から求めることができる。

また、試算に当たり灯油の温度を0℃で密度、粘度に変化がないものとした。

(配管は25A (内径0.0276m), 落差3.7 m)

図-4のようなモデル化した返油管系統図を考える。

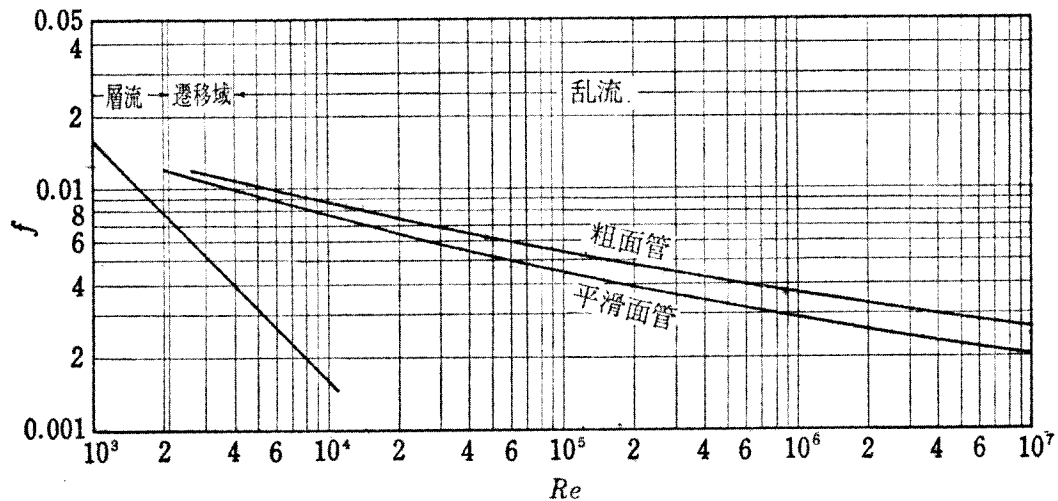


図-3 レイノルズ数と摩擦損失係数の関係

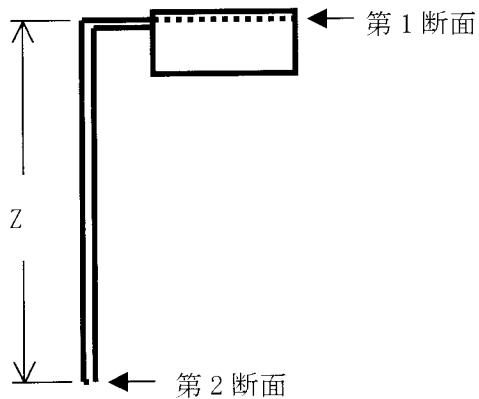


図-4 モデル化系統図

第1断面と、第2断面の流速をそれぞれ u_1 , u_2 , 同じく圧力を P_1 , P_2 , 体積を v_1 , v_2 , 高さを Z_1 , Z_2 とするとベルヌイの式

$$\frac{u_1^2}{2} + gZ_1 + P_1 v_1 = \frac{u_2^2}{2} + gZ_2 + P_2 v_2 + F \quad \dots\dots (2)$$

が成立する。

ここで、体積、圧力は一定、 u_1 は u_2 と比較して無視できるほど小さいとし、
 $P_1 v_1 = P_2 v_2$, 位置エネルギーとして
 $g Z_2 - g Z_1 = g Z$ (落差), F を摩擦損失とすると

$F = 4f \left(\frac{u_2^2}{2} \right) \left(\frac{L}{D} \right)$ であるから第2断面での流速は

$$u_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot Z \cdot g}{1 + 4f \left(\frac{L}{D} \right)}} \quad \dots\dots (3)$$

で表すことが出来る。 f を求めるためには、流量を仮定し、レイノルズ数を求めなくてはならない。

したがって、試算を繰り返して近似値を求めた。さらに落差6.87mの場合の流量の近似値を試算し図-5を得た。

(3) 考察

実測値と比較すると計算値（点線）は流量が少なく計算された。これは摩擦損失係数、温度変化による密度、粘度などの微妙な変化などに影響されたものと考えられる。また、落差6.87mの実測値と計算値は大きく離れており、流量が大

きくなるほど誤差も大きくなる可能性があるが、安全側に計算されるので参考値としては有効と考えられる。なお、式

(3) より配管換算長さと流量は累乗の相関があるため、図のように曲線を近似線とした。

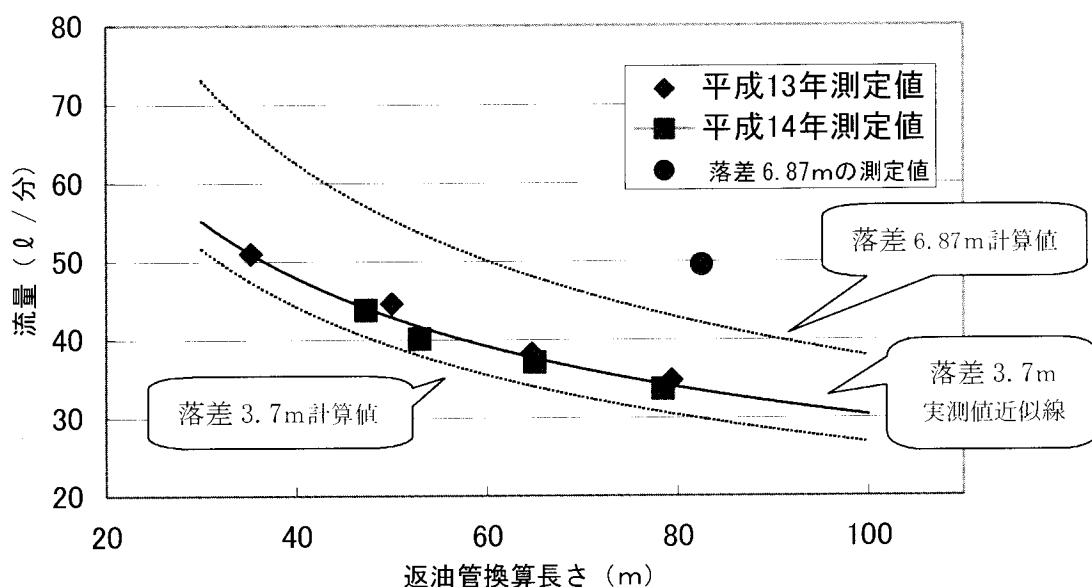


図-5 実験結果及び試算結果

11 40A配管の試算結果

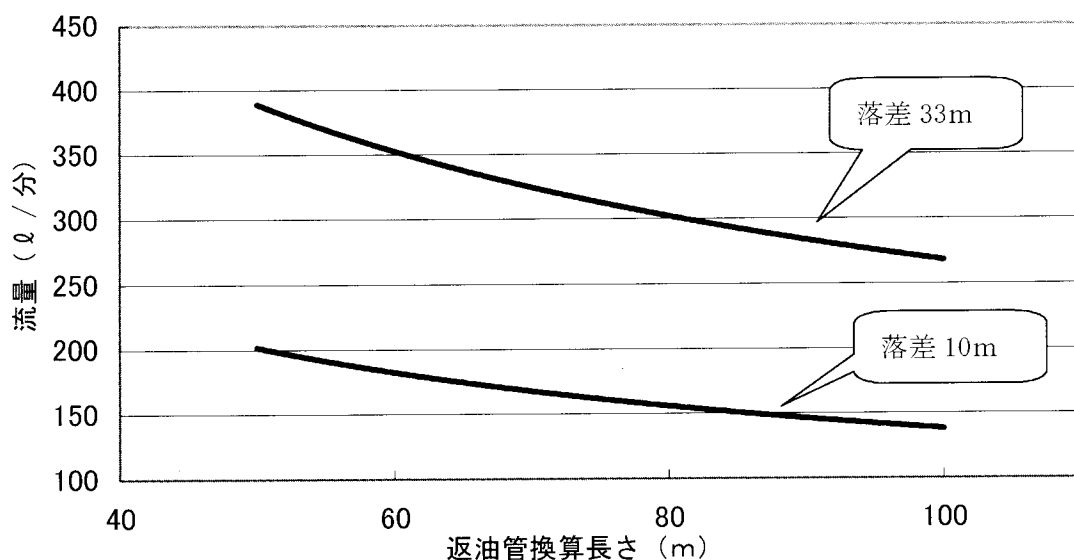


図-6 40A 鋼管の試算結果

ここで、実際の危険物施設において返油管に多く使われている40A配管の場合につ

いて試算してみると図-6のようになり、おおよその返油量を推計することができた。

ここで、40A鋼管の90° エルボ 1 個の換算長さは、1.33mとした。

したがって、通常の送油ポンプを使用している場合は、落差が10m、配管換算長さが100mであっても相当量140 ℓ/分程度の油を返油することが出来ることが分かった。

12 まとめ

以上のように、現在の設置基準、指導指針などにに基づき施工された危険物施設で、通常の給油ポンプであれば、毎分40～60 ℓ程度の吐出量であるから、十分に返油することが可能である。また、逆勾配になる配管があったとしても、初期の流量はやや少ないが、やがてスムーズに流れ、あふれ出るようなことはないことがわかった。

研究所としては、今後も危険物施設における事故事例に注目し、調査・研究していきたい。

参考文献

- 1 改訂新版化学工学通論 I 疋田晴夫
朝倉書店
- 2 消防科学研究所報No.9 札幌市消防局
消防科学研究所

積雪時の消火栓融雪装置（遠赤外線面状発熱体）に関する研究について

花 蘭 一 正[※]

菅 原 法 之[※]

要 旨

本研究は、「無除雪型消火栓」について、遠赤外線面状発熱体を利用した融雪装置を作製し消防学校敷地内に設けた3基の消火栓に設置し、圧雪などで埋設しその融雪効果を観察したもので、昨年度からの継続研究である。

結果としてこの発熱体では、圧雪により30cmほど埋設させると2～3日程度で消火栓の上部だけは融雪することができたが、使用できるようになるほど周囲を融雪することはできなかった。

1 はじめに

現在、当市の消火栓は約16,000基あり、消防水利の基本となっている。そのため冬期間における消火栓の除雪は、欠かすことの出来ない業務であり、かつ労力の大きい業務の一つとなっている。

近年には、協働型社会の一環として、消防団や地域住民などに積極的に消火栓除雪に協力していただいている地域も多くなっているが、消防隊員が除雪している消火栓も未だ多くあると考えられる。

そこで本研究は、この消火栓除雪について、昨年度から遠赤外線面状発熱体を利用した融雪装置を消防学校敷地内設置の単口消火栓1基及び双口消火栓2基に取り付け、積雪寒冷時である、12月から3月までの期間、形状や電力を変えて設置し、その有効

性を検証したものである。



写真2 発熱体取付け状況

2 実験概要

(1) 各実験共通事項

ア 消防学校敷地内設置の単口消火栓1基及び双口消火栓2基（消火栓本体のみ設置）を使用した。（写真1）

イ 融雪装置～ステンレス製の箱（300mm×300mm×800mmH～単口用、双口用とも外寸は同じ。以下の実験において同じ。）の、栓帽部分上部が蓋となっており、この部分の内側に遠赤外線面状発熱体を取り付けた。放口、水抜きバルブ付近のみ露出している。（写真2～4）

ウ 電源～100ボルト

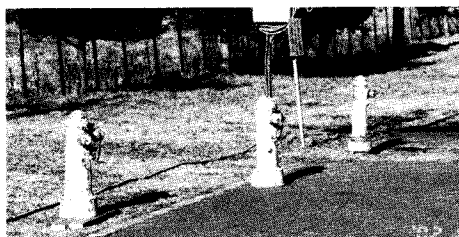


写真1 消火栓設置状況

※ 札幌市消防科学研究所

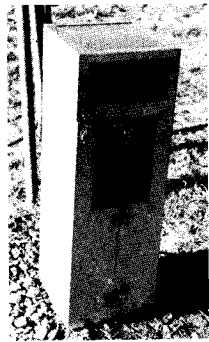


写真3 単口消火栓用



写真4 双口消火栓用 (2基製作)

(2) 実験1

各装置とも30ワットの面状発熱体で実施した。

ア 実験期間

平成14年12月12日から平成15年1月15日まで

イ 実験状況

(ア) 12月12日～12月13日

発熱体に通電し、通電状況及び降雪に対する融雪状況を確認した。

(イ) 12月13日～12月17日

雪を人力でNo.1, No.2の消火栓のそれぞれ栓帽まで埋設し、融雪状況等を確認した。なお、No.3の双口消火栓は降雪による融雪状況確認のため、そのままの状態で放置し確認した。

(ウ) 12月17日～1月9日

雪を除雪機で飛ばしてNo.1, No.2の消火栓を埋設し(圧雪状態)、その融雪状況を確認した。

ウ 実験結果

結果は表1のとおり。

表1 実験1実施結果

(消火栓番号No. 1～単口, No. 2～双口)

年月日	時刻	経過時間	積雪 (cm)	気温 (℃)	電力計 (kwh)	消費電力 (kwh)	備考
14. 12. 12	14 : 06	—		1. 5	222. 64	—	実験1開始
	15 : 40	1 : 34		0. 5	222. 81	0. 17	
14. 12. 13	8 : 55	17 : 15		—2. 0	225. 08	2. 27	
	14 : 51	5 : 56		0. 0	225. 85	0. 77	
	15 : 05	0 : 14		0. 0	225. 88	0. 03	人力で栓帽まで埋める
14. 12. 16	10 : 41	67 : 36		2. 0	234. 76	8. 88	放口半分まで露出した
14. 12. 17	8 : 07	21 : 26		—0. 2	237. 59	2. 83	若干積雪あり、さらに埋まる
	10 : 17	2 : 10		—0. 1	237. 88	0. 29	No.1, 2除雪機で埋設(融雪装置が隠れる程度の深さ, 中央部で20cm程度)
	17 : 50	7 : 33	30	—1. 2	238. 86	0. 98	外観上変化なし

14. 12. 18	9 : 43	15 : 53	27	+0.2	240.95	2.09	外観上変化なし
14. 12. 19	9 : 46	24 : 03	25	-3.1	244.08	3.13	No.1上蓋前部少し露出した
	16 : 03	6 : 17	25	-3.5	244.90	0.82	No.2上蓋前部少し露出した
14. 12. 20	11 : 47	19 : 44	25	-2.0	247.50	2.60	
14. 12. 24	9 : 15	93 : 28	18	-1.8	259.97	12.47	No.1蓋全部分が露出した
14. 12. 25	9 : 40	24 : 25	15	-3.1	263.21	3.24	前日と殆ど変化なし
14. 12. 26	9 : 58	24 : 18	40	-3.8	266.46	3.25	降雪有り、周囲が雪で埋まる
14. 12. 27	12 : 40	26 : 42	55	-8.3	270.02	3.56	No.1発熱体部以外埋まる
15. 1. 6	11 : 29	238 : 49	30	-2.0	302.42	32.40	14. 12. 24とほぼ同じ状況
15. 1. 9	9 : 34	70 : 05	30	+1.0	311.70	9.28	15. 1. 6より少し周囲が溶け
15. 1. 15	10 : 59	145 : 25	40	-	331.28	19.58	実験1終了

- 1 「電力計」の対象は、3つの装置合計である。
- 2 「消費電力」とは、上段との電力計の読みの差である。
- 3 「経過時間」とは、上段からの経過時間である。

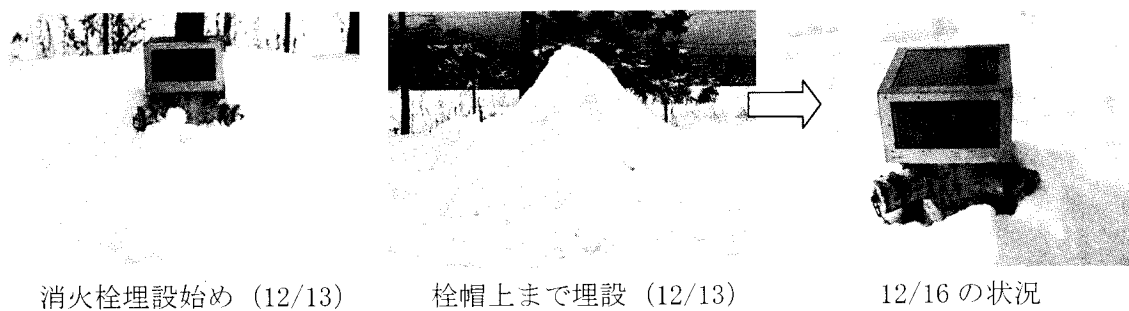


写真5 人力による埋設及び融雪状況



写真6 実験全体の状況 (12/18)

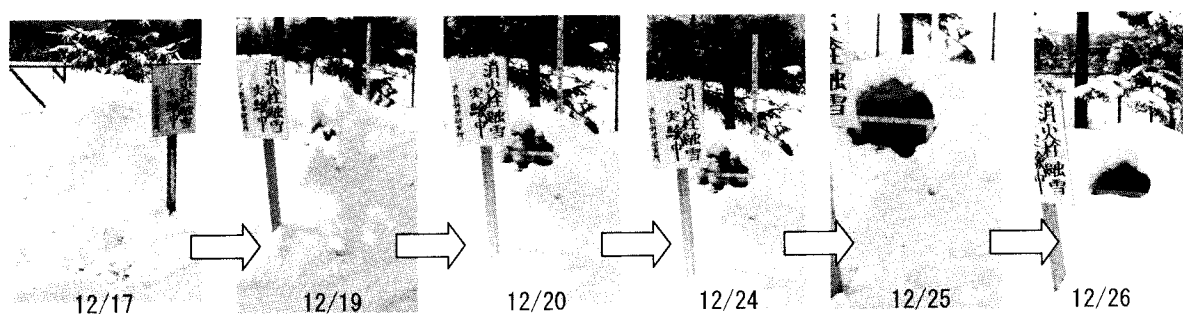


写真7 圧雪による埋設 (No.2 消火栓の状況)

エ 降雪時の状況

12月25日から26日の状況、放口下まで積雪がある状態から新たに25cmほど降雪した状態。融雪装置発熱体上部には雪がないが、放口は雪で覆われてきている。また、ステンレス製枠上の雪は融けきれていない。

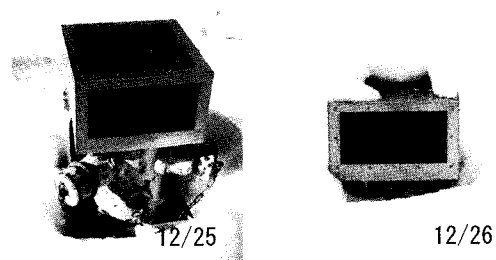


写真8 降雪時の状況

オ 実験1 考察

30ワットということで、蛍光灯1本分くらいの消費電力であり、常時通電したとしてもランニングコストとしては比較的経済的かと思われるが、やはり、融雪能力が劣ることは否めない。降雪に対し

ても発熱体表面では効果が見られるが、金属部分は融かすのに時間を要した。

(3) 実験2

実験1の上部蓋に取り付けられている遠赤外線面状発熱体の消費電力を30ワットから60ワットのものに取り替え、実験1と同様の条件で実施した。

ア 実験期間

平成15年1月15日から平成15年2月3日まで

イ 実験状況

(ア) 1月15日～1月17日

通電状況及び降雪に対する融雪状況を確認した。

(イ) 1月17日～2月3日

雪を除雪機で圧雪状態にして消火栓2基を埋設し、その融雪状況を確認した。

ウ 実験結果

結果は表2のとおり。

表2 実験2実施結果

(消火栓番号No. 1～単口, No. 2～双口)

年月日	時刻	経過時間	積雪 (cm)	気温 (℃)	電力計 (kwh)	消費電力 (kwh)	備考
15. 1. 15	10 : 59	—	40	−11.0	331.28	—	実験2開始
15. 1. 16	14 : 02	27 : 03	40	−1.0	336.24	4.96	

15. 1. 17	9 : 25	19 : 23	48	-2.5	339.80	3.56	降雪あり
	10 : 26	1 : 01	50	-2.2	339.98	0.18	No.1・2除雪機で埋設
15. 1. 20	13 : 28	75 : 02	53	-7.5	353.92	13.94	No.1蓋上部20×27cm開口した No.2蓋上部17×25cm開口した 深さNo.1～約20cm, No.2～約 25cm
15. 1. 21	15 : 58	26 : 30	55	-5.8	358.87	4.95	両方とも開口部20×30cmに拡大、発熱体前面約15cm空間有り、その下部は隙間無し。
15. 1. 22	9 : 10	17 : 12	65	-5.7	362.08	3.21	降雪により開口部が小さくなった。No.1, 15×25cm開口, No.2, 22×27cm開口。
15. 1. 23	9 : 28	24 : 18	58	-2.0	366.62	4.54	No.1蓋上部23×30cmに広がり、 前部17cm, 横59cm, 後8cm No.2蓋上部27×28cmに広がり、 前部19cm, 横9cm, 後8cm
15. 1. 24	10 : 12	24 : 44	54	-1.0	371.22	4.60	変化なし
15. 1. 27	11 : 03	72 : 51	50	+0.9	385.04	13.82	変化なし
15. 1. 31	9 : 17	94 : 14	56	-2.5	402.82	17.78	変化なし
15. 2. 3	14 : 38	77 : 21	78	-1.4	417.34	14.52	変化なし、実験2終了

エ 実験2考察

消費電力を増したことで、融雪速度は若干向上したように見られるが、倍の消費電力にしたほどの効果の差は見られなかった。実験1と同様に上部が開口するのに数日かかっている。(35cm程度の厚さで圧雪により埋設しても3日程度で上部は開口する。)しかしその後、消火栓が使用できるような状態にはならず、消火栓周囲の融雪速度が遅くなる。これは、開口部より熱が逃げてしまっているためと考えられる。

(4) 実験3

実験2の上部蓋に取り付けられている遠赤外線面状発熱体と同じものを全ての融雪装置の下部前面、側面に取り付けた。消費電力は $60W \times 2 = 120W$ で実験1・2と同様の条件で実験を実施した。

ア 実験期間

平成15年2月24日～平成15年3月6日

イ 実験状況

2月24日～3月6日

通電後、雪を除雪機で圧雪状態にして消火栓2基を埋設し、その融雪状況を確認した。

ウ 実験結果

結果は表3のとおり

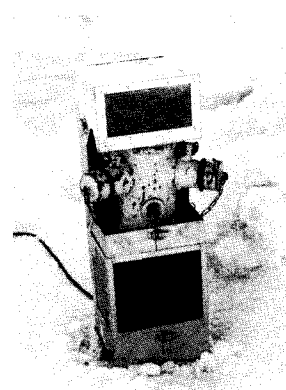


写真9 実験3の融雪装置

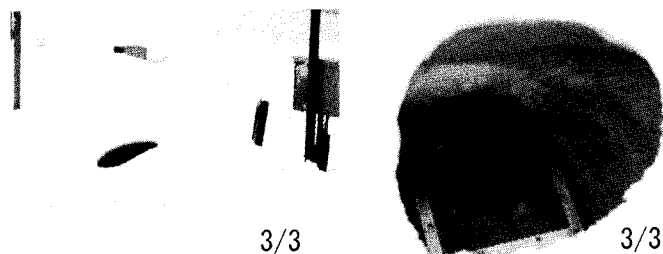
表 3 実験 3 実施結果

(消火栓番号No. 1～単口, No. 2～双口)

年月日	時刻	経過 時間	積雪 (cm)	気温 (℃)	電力計 (kwh)	消費 電力 (kwh)	備 考
15. 2. 24	15 : 37	—	80	−3.6	467.67	—	実験 3 開始 No.1・2除雪機で埋めた
15. 2. 25	8 : 57	17 : 20	80	−6.0	472.28	4.61	変化なし
	16 : 00	7 : 03	80	−2.9	474.14	1.86	変化なし
15. 2. 26	9 : 12	17 : 12	88	−1.0	478.77	4.63	変化なし
	16 : 52	7 : 40	95	−2.9	480.81	2.04	変化なし
15. 2. 27	9 : 13	16 : 21	91	−5.1	485.23	4.42	変化なし
	18 : 37	9 : 24	90	−3.5	487.72	2.49	変化なし
15. 2. 28	8 : 57	14 : 20	88	−6.1	491.61	3.89	変化なし
	15 : 53	6 : 56	84	+2.4	493.46	1.85	変化なし
15. 3. 3	9 : 05	65 : 12	71	−1.0	511.30	17.84	No.1蓋上部開口。35×40cm, 前部13cm, 栓帽上35cm, No.2蓋上部開口。40×45cm, 放口前部10cm, 栓帽上35cm
	16 : 52	7 : 47	80	−0.9	513.39	2.09	朝と変化なし
15. 3. 4	9 : 10	16 : 18	85	−3.0	517.81	4.42	No.2上部に降雪が残る
	19 : 06	9 : 56	88	−4.1	520.48	2.67	朝と殆ど変化なし
15. 3. 5	9 : 03	13 : 57	90	−2.5	524.26	3.78	No. 1 蓋上部開口35×40cm, 前部15cmの空間が空く。 No. 2 蓋上部40×45cm, 前部10cmの空間ができた。降雪若干張り付き
15. 3. 6	15 : 37	30 : 34	85	+2.1	532.40	8.14	No. 1 蓋上部40×40cmに開口部が広がる。放口前部18cmの空間。No. 2 蓋上部46×50cmの開口部, 放口前部10cmの空間ができた。 実験 3 終了

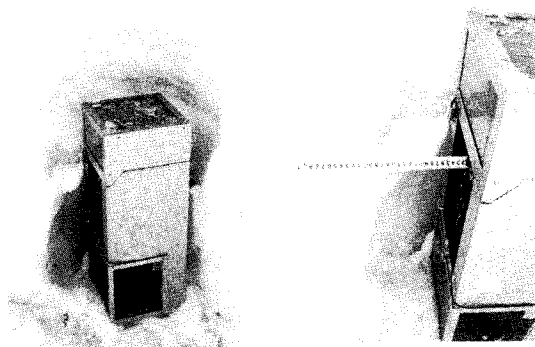


No.1, No.2 消火栓埋設

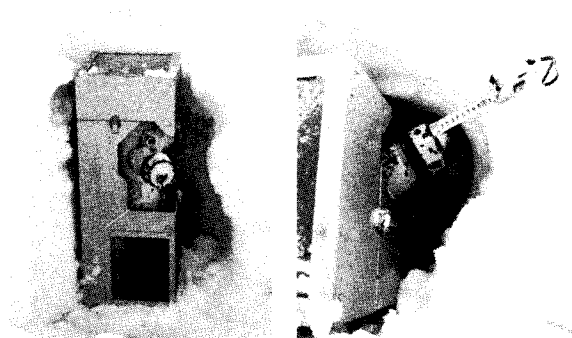


No.1 消火栓の状況

写真 10 実験 3 の状況



No.1 単口消火栓



No.2 双口消火栓

写真 11 実験3実施結果 (3/6)

エ 実験3考察

発熱体を下部にも取り付け、合わせた消費電力は120ワットとしたが、十分な融雪速度は得られず、実験1、2と同様に埋設後数日して上部が開口するものの、融雪装置の上部蓋は開放できない。さらに放口の前面には発熱体がないため融雪されず、消防車両が部署できるような状況にはならず、融雪装置の形状や発熱体の取り付け位置について再検討を要すると思われる。

3 実験全体を通しての考察

実験結果から、60ワットの遠赤外線面状発熱体であっても、常時通電に設定しておくでと随時降雪してくる雪に対しては効果的に融雪することが出来るが、除雪車などにより堆積させられた圧雪や氷状の雪については120ワットの発熱体でも相当の時間を要することとなることがわかった。

種々条件を変え融雪の実験を行ったが、栓帽の上20cm程度まで圧雪で埋設した場合、上部が開口するまで3～5日程度を要し、さらに5日くらいで発熱体の前面に一定の隙間が開いた状態となった。その後は発熱体と雪との距離が開いてくるため、あるいは消火栓の上部が開口して熱が逃げ、融雪のスピードはさらに遅くなる。

消火栓使用の可否については、埋設後10日程度では、消火栓上部が開口するが、実験で行ったような形状では上部蓋を開けることが出来ず、また、放口前面に発熱体がないため放口前の雪が融けず、消火栓に消防車が部署できるような状況にはならなかった。

消費電力も異なるため単純に比較はできないが樹脂製外装で実験した昨年度と比較すると、金属製の外装は熱が逃げる状況になるためか融雪スピードが鈍いように感じられ、樹脂製のものは水平方向の雪がより早く融けたように思われる。

4 まとめ

実験で使用した融雪装置の発熱体では、消火栓地上部の凍結防止や降雪に対する融雪程度の効果は期待できるが、除雪車により飛ばされた圧雪や氷状の雪に埋設された消火栓の融雪には、その直後は困難としても、その数時間から半日後には消火栓が使用可能となるような要望に応えることは難しい。

今回使用した面状発熱体は、遠赤外線を多く発し、融雪効果が高く発熱体から近いところだけの雪が融ける空洞化（かまくら現象）には、なりにくいということで、実験を行ったものであるが、実用化できるほ

どの効果は得られなかった。

融雪速度を増すためには発熱量を大きくすれば可能であろうが、消費電力が多くなりランニングコストや省資源の観点からも好ましくなく、また融雪装置自体も高温になり、歩道上に設置されるものとしては危険が大きい。

以上のことから研究所として、今後は融雪技術に関する情報収集を行うこととしていきたい。

参考文献

札幌市消防科学研究所報 No. 9

高規格救急車の振動低減検証実験

橋本 好弘 (※)

大澤 欽也 (※※)

瀬戸 光昭 (※※)

要 旨

昨年度の実験結果から、H13年度に導入された車両は既存の車両に比べて、振動が2倍程度にもなる場合があることが判明した。その結果を元に即座に、主な原因と思われる防振架台の固定方法を改良した。

そこで、今実験ではこの効果確認や車両自体の振動をさらに低減させるために、サスペンションを改良した場合の効果確認実験等を中心に実施した。

その結果、防振架台の改良については、振動低減に大幅の効果があった。また、サスペンションの改良についても効果があることが立証されたことから、順次車両を改良し高規格救急車振動低減に繋げた。

1 実験目的

平成13年度に新たに導入された高規格車両は、ストレッチャー上や車両の振動が大きいことが判明したことから、この車両を改造した場合の振動低減効果について実験を実施し、高規格救急車の振動低減に役立つ。

両である「A車」と「C車」の諸元を表した。

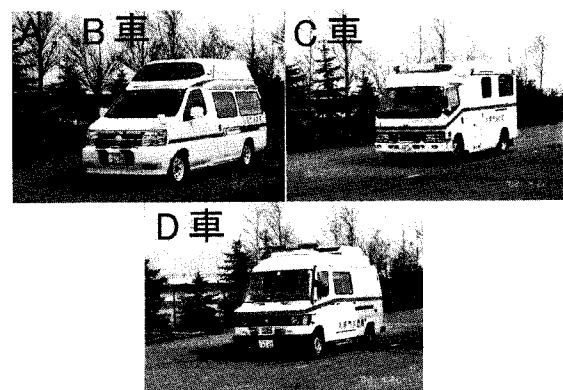


写真1 実験車両

2 実験概要

(1) 実験場所

札幌市消防学校

(2) 実験条件

ア 実験車両

実験に使用した車両は、図1の4台である。「A車」は、昨年度振動実験を実施したH13年度導入車の防振架台足元部分の固定方法を改良したもので、「B車」は、H14年度導入された「A車」のサスペンション改良型である。「C車」、「D車」については、振動が小さいと思われる比較車両である。また、「A車」のショックアブソーバーのみを改良したものを「A車改造」として、5種類の車両について、実験を実施した。また、表1に主な車

表1 主な車両の諸元

諸元		車 種	A 車	C 車
寸法	型式		GE-FLWGE50	KK-FG68EE(キャンター)
	全長 (m)		5.750	5.920
	全幅 (m)		1.900	2.000
	全高 (m)		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)		266/2,600	333/1,600
	駆動方式		4輪駆動(フルタイム)	4輪駆動(フルタイム)
シャシ	トランスミッション		4 A T	4 A T
	サスペンション	前	ストラット/コイル リング 独立懸架	ダブル wishbone ー ン式独立懸架
		後	車軸式サフス リング	車軸式エアス リング
	タイヤサイズ		205/65 R16	205/85 R16
	バックドア		はね上げ扉	観音扉
	車両重量(kg)		2.830	5.220
	車両総重量(kg)		3.370	5,000
乗車定員(名)		8	8	
最小回転半径(m)		6.4	6.4	
防振架台	スレッチ		A 社	B 社
	メーカー			
	防振架台機構		エアス リング 電動コング レッサ	コイルス リング 電動油圧制御
	自動搬入搬出装置		チャンド ライフ 式	シリンダ 伸縮ワイヤ式

(※) 消防科学研究所

(※※) 装備係

イ 走行路面及び走行速度

(7) 実験 1 一般道の想定走行

一般道の想定は、消防学校内のアルファルト路面で走行させた。走行速度は、時速10km、20km、30km及び40kmとした。

(イ) 実験 2 障害路の走行

凹凸の激しい道路の想定は、木材障害(3cm角の木材を1m間隔に10個設置した障害路)上を走行させた。走行速度は、時速15kmと30kmとした。



写真2 障害路の状況

ウ 救急車内の状況

実験1、実験2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。

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。

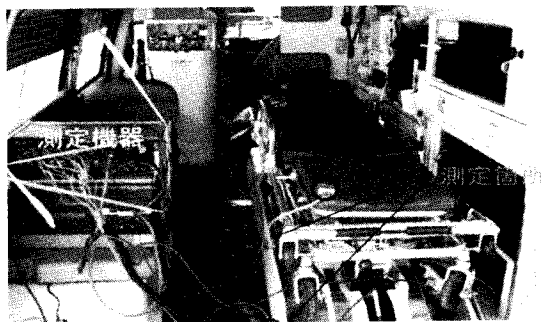


写真3 測定位置・測定機器

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1.02秒から40.94秒の間データを取り出し解析したものである。

4 実験結果

(1) 加速度計による結果

ア 一般道の実験結果

振動は、様々な特性があることから、各車の振動をA車の振動で除して、ストレッチャー上の振動を比較したものが図1である。ストレッチャー上の頭部、腰部及び足部のそれぞれの上下・左右・前後の各速度の平均振動を「平均」、最大振動の平均を「最大」、臓器が共振する25HZ以下の振動平均を「25HZ以下平均」、25HZ以下の最大振動の平均値を「25HZ以下最大」とした。以下、同様である。

また、同様に車両床の振動を表したものが図2である。

ストレッチャー上の振動は、図1から「最大」を除き、他の3つでは明らかに「A車」、「A車改造」、「B車」の3台が「C車」、「D車」に比べて振動が小さく、防振架台の足部分の固定方法改良は非常に振動低減の効果が大きいことが判明した。

また、4種類のストレッチャー上の振動指数を平均すると、「A車改造」が1.20、「B車」が1.10、「C車」が1.55、「D車」が1.36となった。

車両床の振動は図2から大きな差は認められないが、「A車」に比べてサスペンションを改良した「A車改造」や「B車」の方が振動が低減していることが判明した。

また、4種類の車両床の振動指数を平均

すると、「A車改造」が0.99,「B車」が0.92,「C車」が0.89,「D車」が1.00となった。

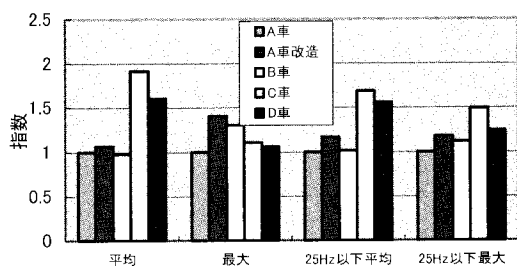


図1 ストレッチャー上の振動

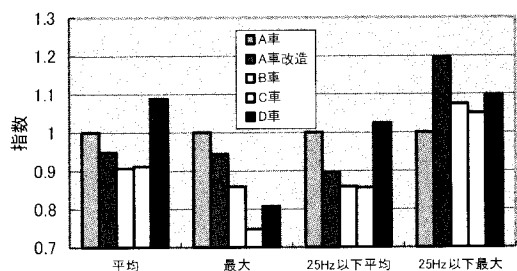


図2 車両床の振動

イ 障害路の実験結果

図3, 図4は障害路での振動を図1, 図2同様に比較したものである。

障害路でのストレッチャー上の振動は,「A車」,「A車改造」,「B車」が小さいが,車両床の振動はそれとは逆の結果となり,「A車」などの防振架台の効果が大きい結果となった。

また, 4種類のストレッチャー上の振動指数を平均すると,「A車改造」が0.92,「B車」が0.95,「C車」が2.28,「D車」が2.46となった。

4種類の車両床の振動指数を平均すると,「A車改造」が0.81,「B車」が0.86,「C車」が0.78,「D車」が0.72となった。

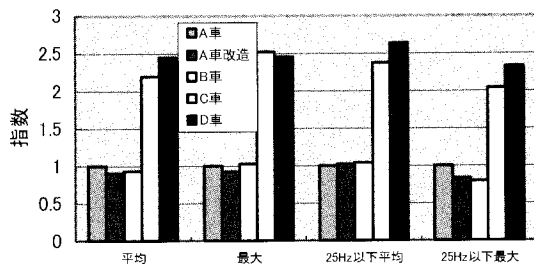


図3 ストレッチャー上振動(障害路)

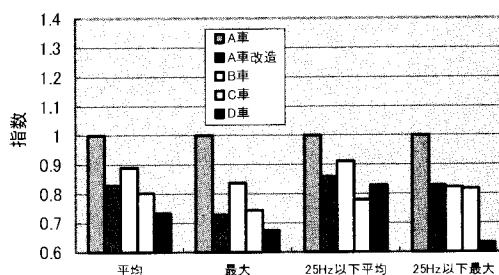


図4 車両床の振動(障害路)

ウ 一般道の速度影響(平均振動)

図5は一般道で走行速度を変化させた時のストレッチャー上の最大振動を車両別に表したもので, 図6はその車両床の振動変化である。この結果, 各車とも以前報告されていた低速での共振現象は見られず, 速度に正比例して振動が大きくなる一般的な傾向となった。

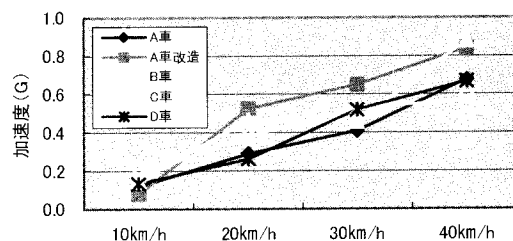


図5 走行速度とストレッチャー上の振動(一般路の最大振動)

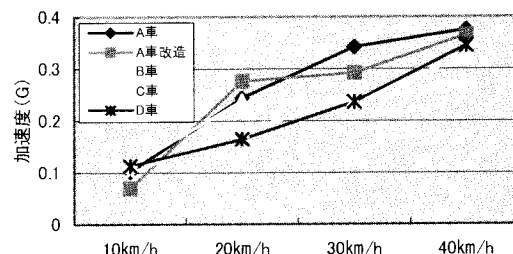


図6 走行速度と車両床の振動(一般路の最大振動)

エ 振動位置・方向

図7は, 振動の測定位置と振動方向別にストレッチャー上の振動を車両別に表したもので, 図8はその車両床の振動である。

図中の「頭左右」とは, ストレッチャーの頭部部分の左右振動, 「足上下」とはストレッチャーの足部分の上下振動を表したものである。(写真3 参照)

この結果, 車両床の振動と比較してスト

ストレッチャー上の振動で大きな傾向の違いは認められず、「A車」・「A車改造」・「B車」については、防振架台の足部分固定方法改良が大きな効果があった。

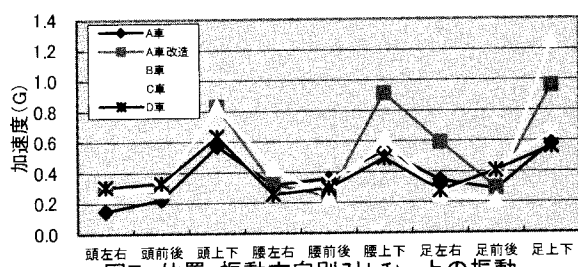


図7 位置・振動方向別ストレッチャー上の振動
(直線路最大振動)

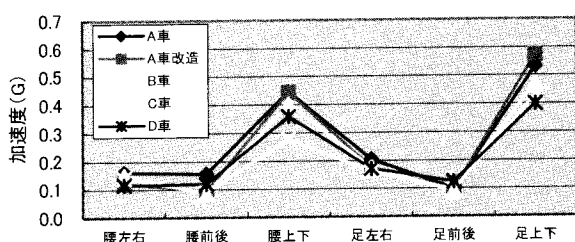


図8 位置・振動方向別車両床の振動
(直線路最大振動)

(2) 振動の主観的感覚

図9は、ストレッチャー上の患者役とストレッチャー横の傷病者の家族などが同乗する位置に座ったそれぞれの人に振動の主観的感覚について調査した結果をグラフにしたもので、「振動度合い」は数字が大きい程、振動を大きく感じたということである。

ストレッチャー上の傷病者役の人は「A車」が最も振動を感じ、ストレッチャー横に座っていた人は「D車」が最も振動を感じなかった結果となったが何れも1名の主観的感覚である。

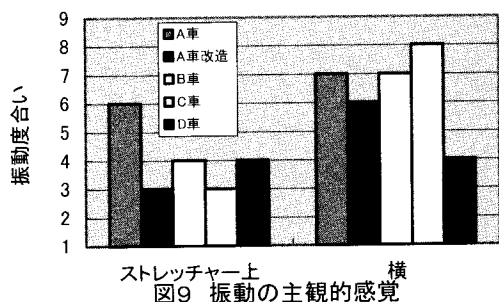


図9 振動の主観的感覚

(3) 200mの加速実験

表2は、参考までに直線路200mの加速度実験を実施したもので、「平均速度」は200mの所要時間から算出、「最大速度」は運転者がメータを目視した値である。

これによると、走行機能に勝る「A車」、「B車」は「C車」よりも加速が良い結果となった。

表2 速度

	平均速度	最大速度
A車	49.9km/h	80km/h弱
B車	55.1km/h	80km/h強
C車	39.2km/h	55km/h

5 考 察

昨年度の実験結果では、「A車」は「C車」と比較して小さい振動は吸収するが、大きい振動では2倍以上の振動値があり、主にストレッチャーの足元部分にこの影響が堅調に現れていた。

そこで、即座に全車両の防振架台足元の固定方法を改良した結果、「C車」と比較してストレッチャー上では同等以上の振動低減効果があった。

これは、車両の床については「C車」や「D車」と比較してやや振動が大きい傾向が見られたが、防振架台の性能が高いことから、このような結果となった。

振動はサスペンション・車体・防振架台など様々のものが影響して1つの振動となっていることから、1部分について安易に改良すると全体のバランスが崩れ、逆に悪影響を及ぼす可能性もあり、ショックアブソーバを改良した本実験でもこの傾向が若干見られた。

また、主観的感覚と「平均」、「最大」、「25HZ以下平均」及び「25HZ以下最大」の4つの振動目安値とを相関分析すると、何れも有意な相関(有意水準10%)は見られなかった

が、加速度計による振動値が大きい程、主観的には振動を感じないという負の傾向が見られた。

この傾向については、防振架台は強い振動を、柔らかい振動に変化さ振動を吸収しているが、このゆったりした振動を健常者は返って嫌う傾向があるのではないかとと思われる。

しかし、この傾向が出るということは、概ね激しい振動は吸収している証ではないかと思われる。

6 おわりに

積雪寒冷地の冬道は路面が非常に凸凹になることから、より傷病者を安全に搬送するために、他の地域に比べて大きな振動を吸収する防振架台を備えた救急車が必要である。

救急車の振動関係については、過去4年間様々な実験を実施した。現在、このデータを元に車両担当課が中心となり、メーカーなどに対して少しでも振動を低減させる働きを実施している。

【参考文献】

- 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) 橋本好弘ら『高規格救急車の振動実験』札幌市消防局 消防科学研究所報 No.9
- 3) 三浦 登ら『自動車設計と解析シミュレーション』 培風館

表1 直線路走行時の平均振動

測定位置 車両別	走行速度	ストレッチャー上の平均振動(G)										車両床の平均振動(G)									
		頭左右	頭前後	頭上下	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均	平均	平均	平均
A車	10 km/h	0.014	0.012	0.024	0.017	0.013	0.022	0.019	0.013	0.020	0.017	0.013	0.011	0.022	0.014	0.011	0.023	0.015	0.015	0.015	0.015
	20 km/h	0.019	0.018	0.040	0.022	0.022	0.039	0.027	0.020	0.039	0.027	0.018	0.015	0.047	0.021	0.015	0.044	0.027	0.027	0.027	0.027
	30 km/h	0.022	0.026	0.065	0.028	0.032	0.057	0.040	0.029	0.060	0.040	0.028	0.018	0.079	0.032	0.018	0.073	0.041	0.041	0.041	0.041
	40 km/h	0.025	0.028	0.070	0.035	0.038	0.068	0.050	0.030	0.076	0.047	0.033	0.019	0.088	0.04	0.019	0.092	0.049	0.049	0.049	0.049
	平均	0.020	0.021	0.050	0.026	0.026	0.047	0.034	0.023	0.049	0.033	0.023	0.016	0.059	0.027	0.016	0.058	0.033	0.033	0.033	0.033
A車改造	10 km/h	0.014	0.011	0.023	0.017	0.011	0.021	0.019	0.013	0.020	0.017	0.012	0.01	0.021	0.014	0.01	0.024	0.015	0.015	0.015	0.015
	20 km/h	0.018	0.017	0.044	0.024	0.017	0.046	0.030	0.016	0.045	0.029	0.017	0.011	0.042	0.021	0.011	0.05	0.025	0.025	0.025	0.025
	30 km/h	0.025	0.025	0.067	0.032	0.024	0.066	0.043	0.027	0.067	0.042	0.026	0.017	0.068	0.033	0.017	0.07	0.038	0.038	0.038	0.038
	40 km/h	0.027	0.029	0.075	0.036	0.030	0.086	0.055	0.029	0.087	0.051	0.031	0.019	0.08	0.04	0.02	0.092	0.047	0.047	0.047	0.047
	平均	0.021	0.021	0.052	0.027	0.021	0.055	0.037	0.021	0.055	0.035	0.022	0.014	0.053	0.027	0.015	0.059	0.031	0.031	0.031	0.031
B車	10 km/h	0.019	0.012	0.018	0.017	0.013	0.020	0.018	0.012	0.028	0.017	0.012	0.010	0.024	0.013	0.010	0.022	0.015	0.015	0.015	0.015
	20 km/h	0.022	0.019	0.039	0.021	0.019	0.039	0.024	0.017	0.054	0.028	0.017	0.012	0.047	0.020	0.012	0.044	0.025	0.025	0.025	0.025
	30 km/h	0.023	0.022	0.050	0.024	0.022	0.047	0.029	0.020	0.067	0.034	0.026	0.013	0.061	0.031	0.013	0.058	0.034	0.034	0.034	0.034
	40 km/h	0.026	0.030	0.061	0.039	0.034	0.070	0.041	0.028	0.105	0.048	0.027	0.017	0.093	0.034	0.017	0.083	0.045	0.045	0.045	0.045
	平均	0.022	0.021	0.042	0.025	0.022	0.044	0.028	0.019	0.063	0.032	0.020	0.013	0.056	0.025	0.013	0.052	0.030	0.030	0.030	0.030
C車	10 km/h	0.057	0.017	0.069	0.028	0.017	0.082	0.025	0.016	0.044	0.039	0.019	0.010	0.017	0.018	0.010	0.018	0.015	0.015	0.015	0.015
	20 km/h	0.047	0.025	0.087	0.034	0.029	0.092	0.037	0.029	0.094	0.053	0.021	0.014	0.034	0.022	0.014	0.038	0.024	0.024	0.024	0.024
	30 km/h	0.061	0.037	0.125	0.047	0.043	0.137	0.051	0.043	0.140	0.076	0.027	0.016	0.051	0.029	0.016	0.060	0.033	0.033	0.033	0.033
	40 km/h	0.066	0.042	0.142	0.049	0.048	0.140	0.055	0.048	0.153	0.083	0.035	0.027	0.087	0.037	0.025	0.077	0.048	0.048	0.048	0.048
	平均	0.058	0.030	0.106	0.039	0.034	0.113	0.042	0.034	0.108	0.063	0.025	0.017	0.047	0.026	0.016	0.048	0.030	0.030	0.030	0.030
D車	10 km/h	0.024	0.022	0.040	0.021	0.024	0.029	0.025	0.025	0.033	0.027	0.017	0.020	0.024	0.020	0.020	0.034	0.022	0.022	0.022	0.022
	20 km/h	0.032	0.024	0.063	0.027	0.024	0.045	0.031	0.026	0.054	0.036	0.023	0.016	0.043	0.027	0.016	0.048	0.029	0.029	0.029	0.029
	30 km/h	0.066	0.042	0.100	0.053	0.048	0.081	0.053	0.053	0.094	0.066	0.027	0.029	0.063	0.035	0.029	0.084	0.044	0.044	0.044	0.044
	40 km/h	0.074	0.053	0.127	0.059	0.058	0.106	0.060	0.061	0.131	0.081	0.030	0.025	0.076	0.039	0.026	0.094	0.048	0.048	0.048	0.048
	平均	0.049	0.035	0.083	0.040	0.038	0.065	0.042	0.041	0.078	0.052	0.024	0.022	0.052	0.030	0.023	0.065	0.036	0.036	0.036	0.036

表2 障害路走行時の平均振動

測定位置 車両別	走行速度	ストレッチャー上の平均振動(G)										車両床の平均振動(G)									
		頭左右	頭前後	頭上下	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均	平均	平均	平均
A車	15 km/h	0.062	0.086	0.103	0.103	0.071	0.153	0.202	0.092	0.212	0.120	0.149	0.148	0.370	0.173	0.144	0.318	0.217	0.217	0.217	0.217
	30 km/h	0.137	0.147	0.231	0.058	0.114	0.245	0.110	0.126	0.396	0.174	0.153	0.379	0.683	0.156	0.350	0.695	0.403	0.403	0.403	0.403
	平均	0.100	0.117	0.167	0.081	0.093	0.199	0.156	0.109	0.304	0.147	0.151	0.264	0.527	0.165	0.247	0.507	0.310	0.310	0.310	0.310
A車改造	15 km/h	0.050	0.084	0.083	0.078	0.083	0.117	0.131	0.112	0.158	0.100	0.094	0.102	0.204	0.126	0.104	0.188	0.137	0.137	0.137	0.137
	30 km/h	0.091	0.137	0.167	0.092	0.094	0.189	0.125	0.213	0.377	0.165	0.178	0.236	0.638	0.259	0.233	0.710	0.376	0.376	0.376	0.376
	平均	0.071	0.111	0.125	0.085	0.089	0.153	0.128	0.163	0.268	0.133	0.136	0.169	0.421	0.193	0.169	0.449	0.257	0.257	0.257	0.257
B車	15 km/h	0.081	0.064	0.088	0.104	0.058	0.113	0.177	0.071	0.273	0.114	0.163	0.124	0.300	0.185	0.118	0.230	0.187	0.187	0.187	0.187
	30 km/h	0.101	0.135	0.191	0.089	0.094	0.172	0.156	0.092	0.414	0.160	0.228	0.211	0.718	0.310	0.200	0.520	0.364	0.364	0.364	0.364
	平均	0.091	0.100	0.139	0.096	0.076	0.142	0.166	0.082	0.343	0.137	0.196	0.167	0.509	0.247	0.159	0.375	0.275	0.275	0.275	0.275
C車	15 km/h	0.432	0.119	0.693	0.293	0.117	0.509	0.277	0.131	0.436	0.334	0.229	0.129	0.234	0.315	0.139	0.244	0.215	0.215	0.215	0.215
	30 km/h	0.375	0.181	0.518	0.249	0.129	0.376	0.249	0.145	0.575	0.311	0.186	0.317	0.387	0.211	0.330	0.262	0.282	0.282	0.282	0.282
	平均	0.404	0.150	0.605	0.271	0.123	0.443	0.263	0.138	0.505	0.322	0.208	0.223	0.311	0.263	0.234	0.253	0.249	0.249	0.249	0.249
D車	15 km/h	0.260	0.117	0.419	0.187	0.134	0.300	0.149	0.126	0.246	0.215	0.080	0.072	0.168	0.124	0.071	0.184	0.117	0.117	0.117	0.117
	30 km/h	0.419	0.221	0.875	0.356	0.218	0.571	0.292	0.389	1.190	0.504	0.281	0.221	0.490	0.368	0.239	0.426	0.337	0.337	0.337	0.337
	平均	0.339	0.169	0.647	0.272	0.176	0.436	0.221	0.258	0.718	0.359	0.181	0.146	0.329	0.246	0.155	0.305	0.227	0.227	0.227	0.227

表3 直線路走行時の最大振動

測定位置 車両別	走行速度	ストレッチャー上の最大振動(G)										車両床の最大振動(G)									
		頭左右	頭前後	頭上下	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均			
A車	10 km/h	0.066	0.096	0.188	0.082	0.096	0.188	0.093	0.094	0.159	0.118	0.062202	0.057533	0.170319	0.074678	0.05252	0.19385	0.10185			
	20 km/h	0.205	0.132	0.488	0.128	0.262	0.500	0.202	0.225	0.452	0.288	0.171655	0.098101	0.379482	0.234314	0.080583	0.496443	0.24343			
	30 km/h	0.163	0.268	0.575	0.178	0.422	0.506	0.425	0.359	0.779	0.408	0.183208	0.271782	0.674106	0.253813	0.110879	0.557417	0.341868			
	40 km/h	0.156	0.397	1.026	0.874	0.639	0.945	0.651	0.456	0.928	0.675	0.224092	0.191348	0.562329	0.247627	0.149751	0.874731	0.37498			
	平均	0.148	0.223	0.569	0.315	0.355	0.535	0.342	0.284	0.579	0.372	0.160	0.155	0.447	0.203	0.098	0.531	0.266			
A車改造	10 km/h	0.061	0.041	0.098	0.062	0.045	0.164	0.066	0.056	0.118	0.079	0.04611	0.056276	0.088463	0.064108	0.044984	0.116917	0.069476			
	20 km/h	0.281	0.287	0.930	0.337	0.233	0.980	0.485	0.243	0.951	0.525	0.089785	0.066572	0.589668	0.104675	0.072993	0.730842	0.275756			
	30 km/h	0.371	0.343	0.963	0.425	0.247	1.096	0.706	0.416	1.269	0.649	0.152817	0.118726	0.514009	0.210381	0.125161	0.629233	0.291721			
	40 km/h	0.425	0.435	1.329	0.463	0.427	1.415	1.113	0.462	1.502	0.841	0.195239	0.134189	0.585562	0.316504	0.139644	0.815425	0.364422			
	平均	0.284	0.277	0.830	0.322	0.238	0.914	0.593	0.294	0.960	0.524	0.121	0.094	0.444	0.174	0.096	0.573	0.250			
B車	10 km/h	0.116	0.082	0.180	0.117	0.106	0.202	0.141	0.078	0.276	0.144	0.060	0.059	0.184	0.078	0.055	0.239	0.111			
	20 km/h	0.351	0.196	0.815	0.258	0.210	0.799	0.166	0.193	1.193	0.464	0.153	0.060	0.430	0.211	0.061	0.514	0.230			
	30 km/h	0.294	0.288	0.667	0.190	0.251	0.595	0.246	0.146	1.400	0.453	0.206	0.072	0.386	0.215	0.083	0.459	0.233			
	40 km/h	0.297	0.598	1.650	1.128	0.361	0.874	0.438	0.436	2.130	0.879	0.179	0.140	0.597	0.199	0.152	0.674	0.320			
	平均	0.264	0.291	0.828	0.424	0.232	0.617	0.248	0.213	1.250	0.485	0.149	0.083	0.399	0.176	0.088	0.471	0.220			
C車	10 km/h	0.235	0.088	0.302	0.120	0.097	0.295	0.136	0.092	0.228	0.177	0.086	0.050	0.128	0.110	0.050	0.173	0.100			
	20 km/h	0.234	0.223	0.491	0.344	0.286	0.589	0.180	0.431	0.641	0.380	0.125	0.066	0.272	0.140	0.071	0.404	0.180			
	30 km/h	0.355	0.431	0.685	0.216	0.504	0.744	0.333	0.590	0.863	0.525	0.166	0.083	0.326	0.225	0.078	0.536	0.240			
	40 km/h	0.337	0.436	1.207	0.318	0.469	0.616	0.330	0.555	0.857	0.569	0.160	0.154	0.386	0.156	0.155	0.606	0.270			
	平均	0.290	0.294	0.671	0.249	0.339	0.561	0.245	0.417	0.647	0.413	0.139	0.088	0.278	0.158	0.096	0.430	0.190			
D車	10 km/h	0.130	0.117	0.187	0.101	0.113	0.137	0.126	0.114	0.151	0.131	0.077	0.101	0.121	0.104	0.102	0.173	0.110			
	20 km/h	0.232	0.182	0.542	0.150	0.133	0.363	0.198	0.181	0.376	0.262	0.112	0.066	0.273	0.140	0.060	0.332	0.160			
	30 km/h	0.415	0.264	1.008	0.391	0.256	0.644	0.352	0.675	0.653	0.517	0.116	0.150	0.299	0.227	0.140	0.482	0.230			
	40 km/h	0.444	0.755	0.797	0.379	0.666	0.808	0.419	0.655	1.065	0.665	0.155	0.162	0.741	0.211	0.189	0.605	0.340			
	平均	0.305	0.239	0.634	0.255	0.292	0.486	0.274	0.406	0.561	0.394	0.115	0.120	0.358	0.171	0.123	0.398	0.210			

表5 直線路走行時の25Hz以下の平均振動

測定位置		ストレッチャー上の平均振動(G)										車両床の平均振動(G)							
車両別	走行速度	頭左右	頭前後	頭上下	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均	
A車	10 km/h	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0004	0.0011	0.0006	0.0004	0.0011	0.000683	
	20 km/h	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.003	0.002	0.0013	0.0009	0.0033	0.0015	0.0008	0.003	0.0018	
	30 km/h	0.002	0.002	0.005	0.003	0.003	0.005	0.004	0.003	0.006	0.004	0.0027	0.0019	0.008	0.0032	0.0017	0.0072	0.004117	
	40 km/h	0.002	0.004	0.007	0.005	0.005	0.008	0.006	0.004	0.009	0.006	0.0033	0.002	0.0092	0.0041	0.002	0.009	0.004933	
	平均	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002	0.004	0.003	0.002	0.005	0.003	0.002	0.001	0.005	0.002	0.001	0.005	0.003	
A車改造	10 km/h	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000488	0.000411	0.000913	0.000558	0.000414	0.001019	0.00063	
	20 km/h	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.003	0.002	0.001	0.003	0.002	0.001104	0.000802	0.002862	0.001354	0.000791	0.003074	0.001664	
	30 km/h	0.003	0.003	0.006	0.003	0.003	0.007	0.005	0.003	0.008	0.005	0.002462	0.001625	0.006307	0.003218	0.001651	0.006509	0.003629	
	40 km/h	0.003	0.004	0.008	0.004	0.004	0.011	0.008	0.004	0.011	0.006	0.002848	0.001951	0.007532	0.003887	0.002009	0.008212	0.004406	
	平均	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002	0.006	0.004	0.002	0.006	0.003	0.002	0.001	0.004	0.002	0.001	0.005	0.003	
B車	10 km/h	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	
	20 km/h	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.004	0.002	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0.003	0.002	
	30 km/h	0.002	0.002	0.005	0.002	0.002	0.004	0.003	0.002	0.008	0.003	0.002	0.001	0.006	0.003	0.001	0.006	0.003	
	40 km/h	0.003	0.004	0.008	0.006	0.004	0.008	0.005	0.004	0.012	0.006	0.003	0.002	0.009	0.003	0.002	0.007	0.004	
	平均	0.002	0.002	0.004	0.003	0.002	0.004	0.003	0.002	0.006	0.003	0.002	0.001	0.005	0.002	0.001	0.004	0.002	
C車	10 km/h	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	
	20 km/h	0.003	0.002	0.006	0.002	0.002	0.006	0.003	0.002	0.006	0.004	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	
	30 km/h	0.006	0.004	0.011	0.005	0.004	0.012	0.005	0.005	0.013	0.007	0.003	0.002	0.005	0.003	0.002	0.005	0.003	
	40 km/h	0.007	0.004	0.013	0.005	0.004	0.012	0.006	0.005	0.014	0.008	0.003	0.003	0.008	0.003	0.002	0.007	0.005	
	平均	0.004	0.003	0.008	0.003	0.003	0.008	0.004	0.003	0.009	0.005	0.002	0.001	0.004	0.002	0.001	0.004	0.002	
D車	10 km/h	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	
	20 km/h	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.004	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.003	0.002	
	30 km/h	0.006	0.004	0.010	0.004	0.004	0.008	0.005	0.006	0.009	0.006	0.002	0.003	0.006	0.003	0.003	0.008	0.004	
	40 km/h	0.007	0.007	0.012	0.006	0.007	0.011	0.006	0.007	0.014	0.009	0.003	0.003	0.008	0.004	0.003	0.009	0.005	
	平均	0.004	0.003	0.007	0.003	0.003	0.006	0.003	0.004	0.007	0.005	0.002	0.002	0.005	0.002	0.002	0.006	0.003	

表6 障害路走行時の25Hz以下の平均振動

測定位置		ストレッチャー上の平均振動(G)										車両床の平均振動(G)							
車両別	走行速度	頭左右	頭前後	頭上下	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均	
A車	15 km/h	0.008	0.011	0.015	0.013	0.010	0.022	0.025	0.016	0.025	0.016	0.021	0.019	0.066	0.025	0.019	0.047	0.033	
	30 km/h	0.023	0.024	0.041	0.013	0.020	0.046	0.027	0.026	0.055	0.031	0.033	0.060	0.157	0.036	0.055	0.140	0.080	
	平均	0.016	0.017	0.028	0.013	0.015	0.034	0.026	0.021	0.040	0.023	0.027	0.040	0.111	0.031	0.037	0.094	0.057	
A車改造	15 km/h	0.007	0.009	0.013	0.010	0.009	0.018	0.020	0.014	0.021	0.013	0.013	0.012	0.032	0.017	0.013	0.026	0.019	
	30 km/h	0.022	0.026	0.040	0.021	0.019	0.039	0.030	0.041	0.069	0.034	0.036	0.039	0.155	0.053	0.044	0.141	0.078	
	平均	0.015	0.018	0.027	0.016	0.014	0.028	0.025	0.028	0.045	0.024	0.024	0.026	0.094	0.035	0.028	0.084	0.048	
B車	15 km/h	0.012	0.009	0.014	0.013	0.008	0.017	0.022	0.011	0.035	0.016	0.020	0.015	0.050	0.024	0.014	0.032	0.026	
	30 km/h	0.024	0.024	0.040	0.022	0.016	0.040	0.034	0.022	0.072	0.033	0.044	0.031	0.183	0.056	0.029	0.119	0.077	
	平均	0.018	0.017	0.027	0.018	0.012	0.029	0.028	0.016	0.053	0.024	0.032	0.023	0.116	0.040	0.021	0.075	0.051	
C車	15 km/h	0.071	0.021	0.074	0.041	0.018	0.063	0.035	0.020	0.061	0.045	0.030	0.016	0.041	0.036	0.019	0.036	0.030	
	30 km/h	0.088	0.035	0.106	0.058	0.028	0.085	0.054	0.037	0.096	0.065	0.044	0.052	0.089	0.046	0.052	0.066	0.058	
	平均	0.080	0.028	0.090	0.050	0.023	0.074	0.044	0.028	0.078	0.055	0.037	0.034	0.065	0.041	0.035	0.051	0.044	
D車	15 km/h	0.037	0.019	0.055	0.026	0.022	0.039	0.024	0.019	0.038	0.031	0.012	0.012	0.028	0.019	0.011	0.028	0.019	
	30 km/h	0.089	0.043	0.164	0.072	0.048	0.097	0.067	0.069	0.170	0.091	0.055	0.049	0.113	0.077	0.053	0.104	0.075	
	平均	0.063	0.031	0.110	0.049	0.035	0.068	0.046	0.044	0.104	0.061	0.033	0.030	0.071	0.048	0.032	0.066	0.047	

表7 直線路走行時の25Hz以下の最大振動

測定位置		ストレッチャー上の最大振動(G)										車両床の最大振動(G)							
車両別	走行速度	頭左右	頭前後	頭上下	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均	腰左右	腰前後	腰上下	足左右	足前後	足上下	平均	
A車	10 km/h	0.009	0.005	0.006	0.011	0.005	0.005	0.012	0.008	0.005	0.007	0.00962	0.00621	0.00602	0.01024	0.00566	0.00614	0.007315	
	20 km/h	0.012	0.013	0.023	0.013	0.012	0.023	0.013	0.013	0.021	0.016	0.00809	0.01356	0.01755	0.00873	0.01258	0.02282	0.013888	
	30 km/h	0.013	0.016	0.052	0.017	0.021	0.038	0.018	0.015	0.035	0.025	0.00999	0.00932	0.03381	0.01213	0.00963	0.03316	0.018007	
	40 km/h	0.012	0.019	0.042	0.016	0.029	0.042	0.026	0.015	0.047	0.028	0.01182	0.00765	0.03775	0.01642	0.00677	0.05503	0.022573	
	平均	0.011	0.013	0.031	0.014	0.017	0.027	0.017	0.013	0.027	0.019	0.010	0.009	0.024	0.012	0.009	0.029	0.015	
A車改造	10 km/h	0.009	0.007	0.010	0.012	0.007	0.011	0.011	0.010	0.009	0.009	0.00983	0.00764	0.00706	0.01141	0.00755	0.00965	0.008857	
	20 km/h	0.009	0.008	0.035	0.012	0.008	0.035	0.017	0.006	0.028	0.018	0.00988	0.00375	0.02945	0.01105	0.00357	0.03406	0.015293	
	30 km/h	0.008	0.019	0.052	0.018	0.016	0.047	0.033	0.013	0.047	0.028	0.0104	0.00638	0.03471	0.01383	0.00644	0.04728	0.01984	
	40 km/h	0.013	0.016	0.056	0.024	0.017	0.070	0.033	0.011	0.065	0.034	0.01559	0.00875	0.05503	0.01961	0.00991	0.06985	0.02979	
	平均	0.010	0.013	0.038	0.016	0.012	0.041	0.023	0.010	0.037	0.022	0.011	0.007	0.032	0.014	0.007	0.040	0.018	
B車	10 km/h	0.012	0.007	0.006	0.011	0.008	0.008	0.011	0.007	0.010	0.009	0.010	0.006	0.005	0.011	0.006	0.009	0.008	
	20 km/h	0.014	0.012	0.036	0.013	0.012	0.038	0.012	0.011	0.044	0.021	0.011	0.010	0.029	0.012	0.010	0.032	0.017	
	30 km/h	0.012	0.016	0.041	0.012	0.019	0.033	0.011	0.009	0.051	0.023	0.011	0.004	0.030	0.014	0.005	0.034	0.016	
	40 km/h	0.013	0.017	0.042	0.021	0.025	0.053	0.016	0.014	0.085	0.032	0.009	0.006	0.050	0.013	0.007	0.065	0.025	
	平均	0.013	0.013	0.031	0.014	0.016	0.033	0.013	0.010	0.047	0.021	0.011	0.007	0.028	0.012	0.007	0.035	0.017	
C車	10 km/h	0.041	0.009	0.049	0.017	0.008	0.057	0.012	0.008	0.012	0.024	0.012	0.006	0.005	0.012	0.007	0.004	0.008	
	20 km/h	0.015	0.012	0.028	0.013	0.014	0.025	0.012	0.009	0.030	0.018	0.013	0.007	0.015	0.012	0.008	0.020	0.012	
	30 km/h	0.023	0.027	0.047	0.016	0.035	0.063	0.015	0.023	0.060	0.034	0.010	0.013	0.030	0.010	0.012	0.041	0.019	
	40 km/h	0.025	0.034	0.051	0.019	0.040	0.044	0.022	0.035	0.067	0.037	0.016	0.019	0.031	0.018	0.019	0.047	0.025	
	平均	0.026	0.020	0.044	0.016	0.024	0.047	0.015	0.019	0.042	0.028	0.013	0.011	0.020	0.013	0.012	0.028	0.016	
D車	10 km/h	0.011	0.013	0.013	0.011	0.013	0.006	0.012	0.013	0.006	0.011	0.012	0.013	0.004	0.011	0.013	0.007	0.010	
	20 km/h	0.017	0.006	0.023	0.016	0.007	0.018	0.017	0.008	0.016	0.014	0.014	0.004	0.018	0.015	0.004	0.015	0.012	
	30 km/h	0.038	0.018	0.046	0.040	0.022	0.035	0.042	0.023	0.042	0.034	0.013	0.020	0.024	0.017	0.019	0.033	0.021	
	40 km/h	0.032	0.026	0.052	0.029	0.031	0.038	0.028	0.024	0.055	0.035	0.022	0.013	0.028	0.019	0.012	0.057	0.025	
	平均	0.024	0.016	0.033	0.024	0.018	0.024	0.025	0.017	0.030	0.024	0.015	0.012	0.019	0.015	0.012	0.028	0.017	

鎮火後に残存している燃焼生成ガス

川瀬 信*
橋本 好弘*
溜 真紀子**
早坂 洋史***

要 旨

過去の研究では、主に火災初期及び燃焼中の限定されたガスについての測定が実施されているが、鎮火後に残存している燃焼生成ガス等の測定は殆ど実施されていない。

そこで、これらについて、測定を実施したところ、鎮火直後は、許容濃度以上になっていると考えられ、鎮火30分後以降であっても、長時間曝露することにより、慢性的な生理障害を引き起こす等、体に何らかの悪影響を及ぼす可能性がある。これらのことから、空気呼吸器など、何らかの呼吸保護具を着装し、活動する必要があると考えられる。

1 はじめに

火災によって生ずる燃焼生成ガスは多種多様であり、毒性の強いガスや浮遊物質等が多く発生していると考えられる。こういった環境下において、現在、使用している空気呼吸器は、使用可能時間が20分程度と少なく、重量感もあるため長時間作業を行う呼吸保護具としては不向きである。その代換としての簡易マスクは使用率が低く、呼吸保護を行わずに活動しているというのが現状であるため、本研究では鎮火後に残存している燃焼生成ガス等についての測定を実施し、鎮火後の残火確認作業や火災原因調査を行う際における呼吸保護具の必要性について検証を行った。

2 対象火災

燃焼生成ガスを採取した火災のり災状況は表1のとおりで、ほとんどが住宅で発生した火災で焼損床面積が20㎡以上である。

表1 対象火災のり災状況

No.	り 災 状 況
1	一般住宅の居室等焼損床面積72㎡
2	共同住宅の居間兼台所等焼損床面積20㎡
3	別棟物置焼損床面積29㎡
4	一般住宅の寝室等焼損床面積38㎡
5	共同住宅の地階物置焼損床面積6㎡
6	一般住宅の居間等焼損床面積62㎡
7	別棟車庫等焼損床面積68㎡
8	一般住宅の居間等焼損床面積56㎡
9	共同住宅の和室等焼損床面積20㎡
10	塗装工場内焼損床面積8㎡

3 採取・分析方法

(1) 採取方法

燃焼生成ガスの採取位置については、出火箇所付近の床から150cm程度の高さとした。採取した時期は、夜間発生した火災の現場検証開始時(以下、「現場検証時」と呼ぶ。)と、日中の火災については、鎮火直後・鎮火30分後・鎮火1時間後の3回(以下、「鎮火時」と呼ぶ。)である。それぞれの件数は、現場検証時が3件、鎮火時が7件である。

* 消防科学研究所

** 予防部予防課

*** 北海道大学

(2) 陰イオン測定

ガス分析用サンプリングバック(容量5ℓ)にガス採取用ポンプを接続して残存ガスを採取後、0.1N水酸化ナトリウム水溶液を50ml注入し、3分間攪拌してバック内のガスを吸収させた¹⁾。その後、イオンクロマトグラム(日本ダイオネクス㈱・Dxi-500)で、アニオン及びシアン用カラムを使用して測定を実施した。

(3) 有機物質測定

積算流量計付きポンプに吸着管(吸着剤:主成分2,6-ジフェニルオキサイドの重合体樹脂18g)を接続し、空気2ℓを吸引してガスを吸着させた。測定には、加熱脱着導入システム(ゲステル社製)を使用して吸着管を280℃に加熱、吸着していたガスを放出させ、注入口で-150℃に冷却後、280℃に昇温し、ガスクロマトグラフ(アジレントテクノロジー製6890型・カラム-5%-フェニル-メチルポリシロキサン・内径0.25mm・長さ30m・膜厚0.25μm・昇温5℃/min)及び質量分析装置(アジレントテクノロジー製5973型)に送り測定した。

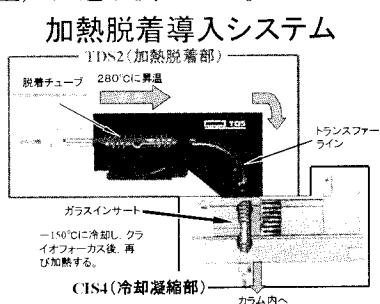


図1 分析システム図

(4) O₂・CO₂・CO・SO₂・NOの測定

O₂はガルバニア電池式、CO₂は赤外線式、CO・SO₂・NOは定電位電解膜法により、測定を実施した。

(5) 検知管による測定

各測定を補完するために、表2に掲

げているアンモニアやホルムアルデヒドなどの主な燃焼生成ガスを検知管で測定した。

4 分析結果

(1) 現場検証時

現場検証時の結果と各ガスの許容濃度及び測定下限界を表2に示す。

許容濃度については、作業環境や状態によりIDLH、ERPG₅、ACGIHなど様々なものがあるが²⁾、ここでは、労働環境として呼吸保護具なしに長時間吸引しても悪影響を及ぼさないとされているACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)³⁾を使用する。

表2から、現場検証時はベンゼン・トルエン・フルフラール等が検出されており、最も濃度の高いベンゼンでも許容濃度の4.2%で、ほとんど問題のない値であると考えられる。また、No.3については、火災原因に多量の灯油が起因しており、検出された成分も灯油の成分であることから他との相違が発生したものと考えられる。

表2 現場検証時の測定結果等(単位:×10⁻³ppm)

		火災			許容濃度	測定下限界
		No.1	No.2	No.3		
陰イオン	シアン化水素(CN ⁻)	4	—	8	5,000	
	塩化水素(Cl ⁻)	0.07	0.03	0.09	5,000	
	亜硝酸(NO ⁻)	—	—	—	10,000	
	臭化水素(Br ⁻)	—	—	—	3,000	
	硝酸(NO ₃ ⁻)	0.01	0.02	—	10,000	
	硫酸(SO ₄ ²⁻)	—	—	—	10,000	
有機物	ベンゼン	21	14	—	500	
	トルエン	14	8	—	50,000	
	フルフラール	10	32	—	2,000	
	エチルベンゼン	—	—	—	100,000	
	p-キシレン	—	—	14	100,000	
	スチレン	5	4	—	50,000	
	ノナ	—	—	138	100,000	
	1,2,3,4-ジクロロベンゼン	—	—	9	25,000	
	1,2,4,5-ジクロロベンゼン	—	—	19	25,000	
	ナフタレン	15	—	—	10,000	
	デカリン	—	—	133	200,000	
	ウンデカン	—	—	77	200,000	
	ドデカン	—	—	52	200,000	
ガス分析計	二酸化炭素	—	—	—	5,000,000	0.1%
	一酸化炭素	—	—	—	50,000	1ppm
	酸素	—	—	—	—	0.1%
	二酸化イオウ	—	—	—	5,000	1ppm
	一酸化窒素	—	—	—	25,000	1ppm
検知管	アンモニア	—	—	—	25,000	1ppm
	ホルムアルデヒド	—	—	—	5,000	50
	塩化水素	—	—	—	5,000	2ppm
	硫化水素	—	—	—	10,000	200
	アセトアルデヒド	—	—	—	25,000	10ppm
	シアン化水素	—	—	—	5,000	200

(2) 鎮火後

鎮火後の測定時、目視で煙の流動が確認できたものが2件あり、このうちNo.5の火災のマスクロマトグラムを図2に示した。

質量分析装置で同定した有機ガスについては19種類であるが、図2のように微量な成分が他にも多く残存していることがわかる。

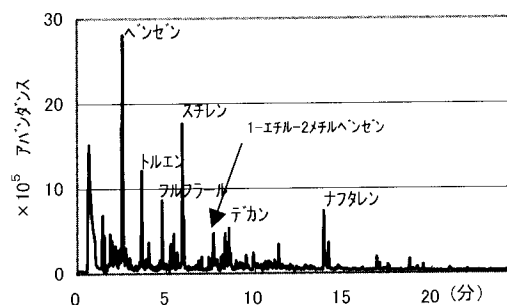


図2 鎮火後のマスクロマトグラム

代表的な測定結果を表3に示す。No.5の火災では、鎮火直後の一酸化炭素とベンゼンが許容濃度を超過している。しかし、他のガス濃度については最高でも許容濃度の1割以下である。全体的な傾向として、多く残存しているのは、一酸化炭素・トルエン・ベンゼンなどとなっている。

表3 代表的な測定結果 (単位: $\times 10^{-3}$ ppm)

		No. 4			No. 5		
		直後	30分後	1時間後	直後	30分後	1時間後
陰イオン	シアニ化水素(CN ⁻)	8.8	—	—	242	187	187
	塩化水素(Cl ⁻)	0.2	0.1	0.03	0.04	0.05	0.08
	亜硝酸(NO ⁻)	—	0.1	—	0.03	0.03	0.04
	臭化水素(Br ⁻)	—	0.1	—	—	0.02	0.01
	硝酸(NO ₃ ⁻)	0.02	0.2	—	0.01	0.02	0.04
	硫酸(SO ₄ ²⁻)	0.05	0.1	—	—	0.02	0.04
有機物	ベンゼン	38	11	17	614.3	376.6	431.7
	トルエン	11.9	5.9	6.1	218.7	196.6	398.9
	フルフラール	21.5	10.8	12.1	98.1	74	108.8
	エチルベンゼン	—	—	—	48.2	—	—
	p-キシレン	—	—	—	34.6	41.6	124.6
	スチレン	5.2	5	2.6	614.3	63.7	—
	ノナレン	—	—	—	77.1	191.9	551.3
	1,2-ベンゼンジカルボン酸	—	—	—	5.1	10.2	33.3
	1,4-ベンゼンジカルボン酸	—	—	—	6.6	30.2	80.7
	ナフタレン	13.7	7.3	8.7	9.1	9.4	119.6
	デカリン	—	—	—	46.9	110.4	392.0
	ウンデカン	—	—	—	22.9	35.2	106.2
ガス分析計	一酸化炭素	—	—	—	0.5%	0.3%	0%
	二酸化炭素	—	—	—	72ppm	16ppm	—
	一酸化イオウ	—	—	—	20.4%	20.7%	20.9%
	二酸化イオウ	—	—	—	1ppm	—	—
検知管	アンモニア	—	—	—	0.15ppm	—	—
	ホルムアルデヒド	—	—	—	—	—	—
	塩化水素	—	—	—	—	—	—
	硫酸	—	—	—	—	—	—

5 考 察

(1) 燃焼時との比較

燃焼時の燃焼生成ガスと鎮火後に残存しているガスを比較するために、図3は燃焼時のガスを採取し測定したマスクロマトグラムである。このガスは、6畳間の1Kの居室を想定して建物を作成し、内部に様々な収容物を配置して、建物を燃焼させた時のガスを先述同様に吸着管に吸収させ測定したもので、移動可燃物は紙類が8.9 kg/m²、木類が17.3 kg/m²などとした⁴⁾。

この成分と今回測定した成分を比較すると、鎮火後はベンゼンやフルフラールに代表されるように15分以内に物質のほとんどが検出されているが、燃焼時は安息香酸・フェナントレン・1,2-ベンゼンジカルボン酸などの15分以上に検出される高分子が多く検出されている。また、45分過ぎにはベンゾ(k)フルオランテンやベンゾ(j)フルオランテンなどの大気上の粒子状物質として報告されているものも検出されている。

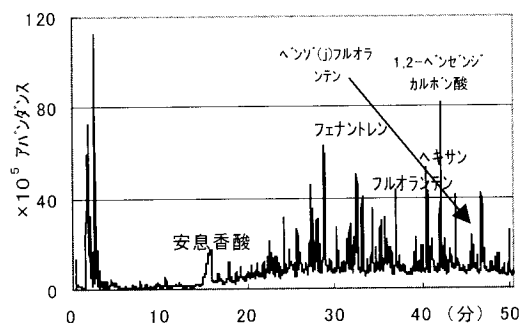


図3 燃焼中のマスクロマトグラム

(2) 許容濃度との比較

測定した10件の火災のうち、最も許容濃度に対する割合の高い物質及びその許容濃度に対する割合を示したものが表4であり、鎮火後の7件については、鎮火直後の値とした。これによると、煙の流動が確認できた火災の

うち, No. 5 については一酸化炭素が許容濃度を超え, No. 7 についてはベンゼンが67.9%と高い。

また, 許容濃度に対する割合が高い物質はベンゼンが多くなっている。

表 4 許容濃度に対する高割合ガス

No.	物質名	許容濃度に対する割合(%)
1	ベンゼン	4.2
2	ベンゼン	2.8
3	シアン化水素	0.16
4	ベンゼン	7.6
5	一酸化炭素	144.0
6	ベンゼン	15.6
7	ベンゼン	67.9
8	ベンゼン	28.6
9	ベンゼン	4.0
10	トルエン	4.4

(3) 複合毒性について

燃焼生成ガスの毒性は発生する単一ガスの毒性のみを検討するのではなく, 各成分ガスの関連作用を総合的な毒性評価として考えなければならない。しかし, 燃焼生成ガスは多種にわたり, その毒性の相加・相乗作用は現在解明されていない。

ここでは, 単純に相加作用として総合毒性⁵⁾を(1)式によって求めた。

$$\text{総合毒性} = \sum \frac{\text{各ガス成分の濃度}}{\text{各ガス成分の許容濃度}} \cdots (1)$$

それぞれの火災についての総合毒性を図4に示した。

これによると, 鎮火直後は煙の流動が確認されたNo. 5 とNo. 7 及びNo. 8 が0.5を超えており, 全ての火災で0.1を上回っている。

また, 鎮火直後から鎮火30分後にかけては減少しているが, 鎮火30分後から鎮火1時間後にかけては大きな減少はない。

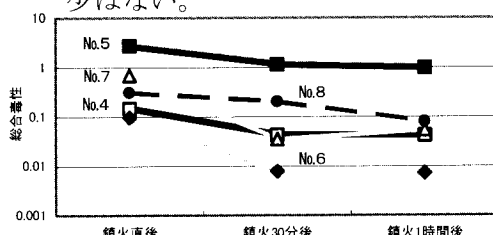


図 4 総合毒性の時間経過

(4) 住宅内空気との比較

有毒ガス拡散状況の指標として検討するために一般住宅の空気を前述同様に構造・建築年数が分散するように15住戸採取した。

この結果, 主な成分はノナン・トルエン・1-エチル-2-メチルベンゼンで, これらを同様の方法で総合毒性評価し, 今報の総合毒性値を住宅内空気の総合毒性値で除したものを図5に示した。

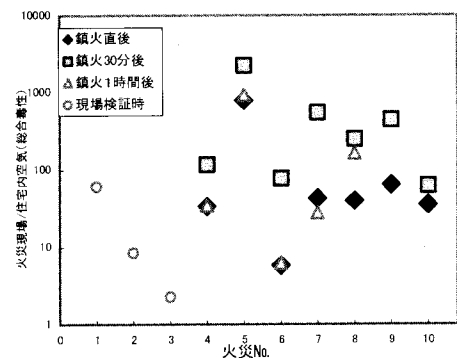


図 5 住宅内空気との比較

この図から, 現場検証時や鎮火1時間後でも, 住宅内空気と比較して多くの有毒ガス成分が残存しており, 鎮火30分後が経過しても住宅内空気に比べて100倍以上の有毒ガスが残存しているといえる。特に, 鎮火直後及び30分後では, 住宅内空気では検出されなかったベンゼン・スチレン・フルフラール・ナフタレン等の濃度が高く, 鎮火し煙が消えても, これらの有毒ガス成分は残存していることが確認できた。

また, それぞれのガスの残存量は許容濃度以下の値ではあるが, 有毒ガスである複数の成分が残存している中での作業は, 少なからず体に悪影響を及ぼす可能性はあると考えられる。

6 まとめ

存在が目視できる希薄な煙が残存している時や鎮火直後は, 燃焼時の残存ガス

は許容濃度以上になっていると考えられることから、空気呼吸器などの呼吸保護具を着装する必要がある。

また、鎮火30分後以降でも、長時間、曝露により慢性的な生理障害を引き起こす等、体に何らかの悪影響を及ぼす可能性があることから、有機物質の除去効果が高いと報告されている⁵⁾内層に活性炭を含んだ防塵マスクを使用する等検討が必要であると考えられる。

今回データ収集中、浮遊粉塵の存在に着目して光散乱方式のデジタル粉塵計（日本カノマックス㈱）により人体の吸収する粒子数を測定した。この結果、存在が目視できる希薄な煙でも、粉塵量は居室許容濃度の5倍以上であった。また、現場検証時などでは許容濃度の1/5～1/3程度であったが、残火確認や現場検証時の発掘作業時などには再度粉塵が舞ってしまう可能性が残され、現在継続して測定を実施している。

【参考文献】

- 1) 東京消防庁消防科学研究所報 No.26
- 2) 佐宗祐子 ハロン代替消火剤の安全基準の確立に係る調査検討報告書（独）消防研究所
- 3) （独）国立環境研究所ホームページ
化学物質データベース
- 4) 札幌市消防科学研究所報 2001No. 8
- 5) 東京法令出版 火と煙と有毒ガス
- 6) 名古屋市消防局消防研究室年報 No.29

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※

要 旨

火災がどの様に進展するかは、そこで防御活動を実施している消防隊にとっては非常に重要な情報である。そこで、開口部に対して正面から風が吹いた場合の内部の燃焼状況変化についての実験を実施した。

その結果、通常の火災は酸欠による不完全燃焼が支配していることから、風による新鮮な空気の流入によって、内部の温度は高温となる。さらに、強風が吹き内部に多量の新鮮な空気が流入すると、下部の温度は400℃以上上昇し、内部の温度差はほとんどなくなる。

1 はじめに

実際の火災現場は、外気風の影響を受け刻々と燃焼状況は変化している。

過去の火災で間欠的爆燃やバックドラフトなどの特異な燃焼状況が発生したものは、強風が吹いていたとの報告が数多くある。

しかし、過去の有風下における燃焼状況の研究は噴出火炎に着目し周囲への延焼危険を重点に置いたものとなっており、内部の燃焼状況変化の研究は国内では見当たらない。

そこで、有風下における建物内部の燃焼状況変化を把握することは、消火活動を実施する消防隊には極めて有効なデータとなることから実験を実施した。

2 実験概要

図1に示す模型区画内にて、ガスバーナを火源として燃焼させ、この時の内部の気流温度を測定した。

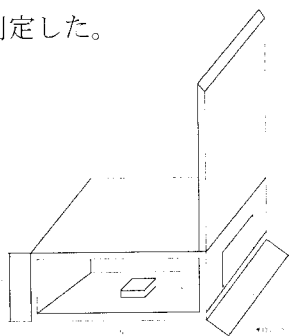


図1 模型区画図

(1) 区画構造、寸法および材質

区画は、1/15スケールの2DK住宅（公団住宅）を想定し、高さ200mm×幅400mm×奥行600mmとした。区画の壁の材質は厚さ25mmの耐火耐熱ボードである。壁厚は実際に比べて厚いが、火炎のような数十分単位の現象では大きな誤差は生じないものと考えられる。

上階外壁部分も同じ耐火耐熱ボードで作成した。

開口部は高さ120mm×幅160mmの横長のものとし、下端は床面位置と揃え、水平方向はセンター位置に設けた。開口因子は $6.65 \times 10^{-3} \text{m}^{5/2}$ である。

(2) 火源

区画中央には一辺100mmの正方形の多孔質拡散炎バーナーを設置した。燃料はLPGである。ボンベからバーナーへは、レギュレータ、ガスフローメータ、流量調整弁を介し、ガスを供給した。

バーナーへのガス供給速度は、2～10 l/min（発熱速度3.3KW～16.6KW、実大2.88MW～14.5MW相当）とし、2 l/min(3.3KW)毎に増加させ、それぞれの風速で5種類の発熱速度の測定を実施した。

(3) 風洞及び風速

風については、送排風機で発生させた後、

※ 札幌市消防科学研究所

風洞ボックス内を通して、模型区画の開口部正面から送った。

風洞ボックス縦30cm、横30cm、長さ50cmで出入口にそれぞれ厚さ20mmの蜂の巣状アルミ盤を設置し、乱流から層流に変化させた。

風速については、模型区画開口部に風速計を設置し、スライダックにより電圧を調整することにより、0、0.8、1.6、2.4、3.2、4.0、6.0、8.0m/sのそれぞれの風速とした。

(4) 温度測定

温度については、内部のセンターの位置に高さ1/5H(下)、2/5H(中下)、3/5H(中上)及び4/5H(上)の4点、外形1mmのシーstypeK熱電対を設置した。データについてはハイブリッドレコーダ(日本電気三栄㈱RD3500)で1秒毎に収集した。

温度は、燃焼が安定した後、100秒間の平均値を求め、それぞれの値とした。

3 実験結果

文末図1～図5は、各ガス流量時の模型内部気流温度変化、文末図6～図10はそれぞれの風速時の温度を風速0m/sの温度から引いて、風による温度変化をグラフにしたものである。

(1) 無風時の発熱速度影響

気流温度は、発熱速度が3.3KW時は、最高が上部の615℃となっていることから最盛期前の燃焼状態であると考えられる。

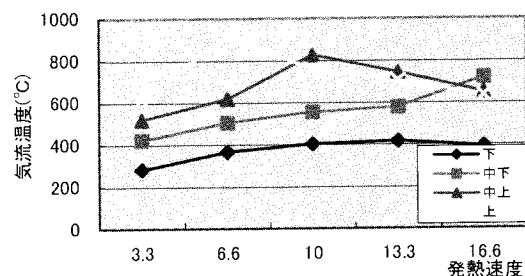


図2 無風時の発熱速度温度影響

6.6KW時は、最高が上部の915℃となっているが、10KW時は、最高が中上部の825℃、

次いで上部の759℃と高温になっており、換気支配型の燃焼に変化している。さらに、16.6KW時には、最高が中下部で720℃、次いで中上部652℃、さらに、637℃の順で高温になっており、さらに換気支配型が進んでいるのが分かる。

(2) 風速3.2m/s時の発熱速度影響

図3に風速3.2m/s時の内部の温度変化を示した。発熱速度が3.3KW時は上下の温度差が293℃となっており、発熱速度が6.6KWまでは上部に向かうに従って高温になっている。しかし、10KWからは上部と中上部が同程度の温度となっており16.6KWでは、内部がほぼ均一の温度となっている。

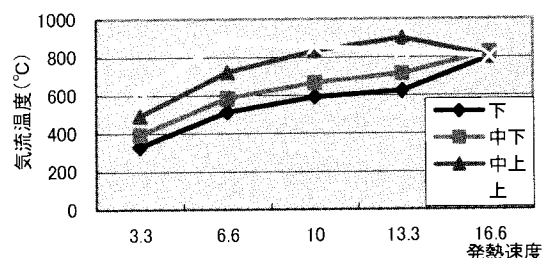


図3 風速3.2m時の発熱速度温度影響

(3) 風速8.0m/s時の発熱速度影響

図4に風速8.0m/s時の内部の温度変化を示した。発熱速度が3.3KW時は上下の温度差が224℃であったが、発熱速度が上昇するにつれてこの温度差はなくなっていくのが分かる。

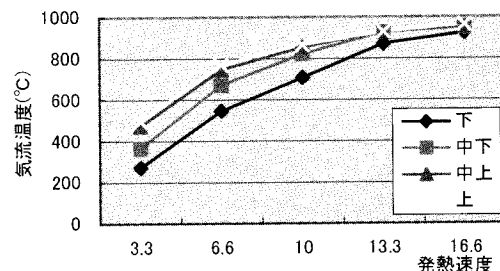


図4 風速8m時の発熱速度温度影響

4 考察

木造の火災は、内部の最高温度が1,000～1,200℃程度の高温¹⁾²⁾となるが、耐火の建物は800℃程度³⁾となる。これは、火災時、耐火の建物の方が気密性が良いことなどから、酸欠によって燃焼速度が低下し、

温度上昇が控えられるためである。また、酸欠の燃焼時、開口部を通して、新鮮な空気が内部に流入された場合、開口部付近は酸素の流入により燃焼速度が上昇して高温となる。しかし、天井際などには酸素があまり供給されないために天井際ではなく、開口部と同位置の中央から上部が高温となることは、過去に数多く報告²⁾されている。

今回の実験の変動要因としては、発熱速度と正面から風速の2種類とした。

発熱速度が6.6KWまでは、風速の影響をあまり受けなかったが、10KW以上の発熱速度になると風の影響を大きく受ける結果となった。

つまり、燃焼状況は、火災初期では風の影響を少ししか受けないが、火災中期から最盛期では大きく影響を受ける。

これは、火災初期では、内部の酸欠程度は低く、外気から新鮮な空気が流入しても酸欠が解消する割合が低い。しかし、火災中期から最盛期では、火災室内は酸欠で燃焼速度がかなり抑えられているため、風によって外気から新鮮な空気が流入すると、酸欠が解消されて燃焼が活発化する。

また、さらに新鮮な空気が流入した場合、内部の上下間温度差はなくなっているが、これは内部全体の温度差が無くなっているものか、それとも強風によって中心部のみが均一になっているものなのかは、今回の実験では内部の中心部しか測定していないことから判然としない。

しかし、風によって内部に空気が流入するため、燃焼は非常に活発となり、内部が高温になることは、明確である。

この結果については、思料すると当然の結果であるが、過去にこのような結果はあまり目にしなかった。

5 おわりに

今まで主に、消防活動時の現場周囲における風向風速については、ガス漏れ現場や延焼防止の観点から重要視されてきた。しかし、外気風が内部の燃焼状況に与える影響は非常に大きい。また、外気風同様に放水によっても多量の風が発生する。これらのことから、不用意な放水は、反って延焼拡大につながることも考えられるため、建物内部に要救助者がいる場合や内部進入して火災防御している時には、風の影響を十分に考慮する必要がある。

【参考文献】

- 1) 橋本好弘, 山下邦博他「空中消火の延焼阻止効果に関する研究」 札幌市消防科学研究所報 No. 6
- 2) 橋本好弘他「寒冷地型建物燃焼時の温度分布・ガス濃度の研究」 札幌市消防科学研究所報 No. 8
- 3) 橋本好弘, 工藤祐嗣他「バックドラフトに関する研究」 札幌市消防科学研究所報 No. 7

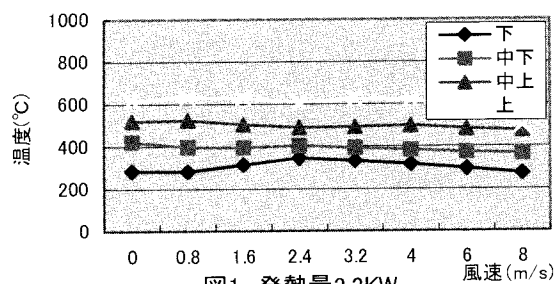


图1 発熱量3.3KW

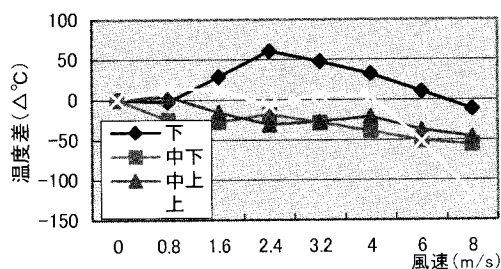


图6 発熱量3.3KW变化温度

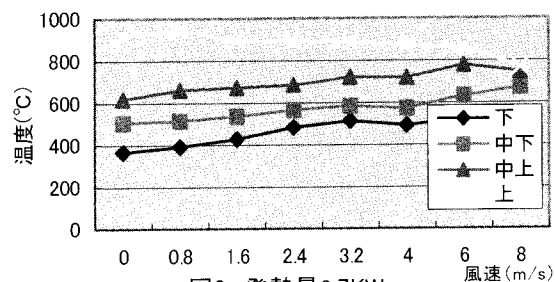


图2 発熱量6.7KW

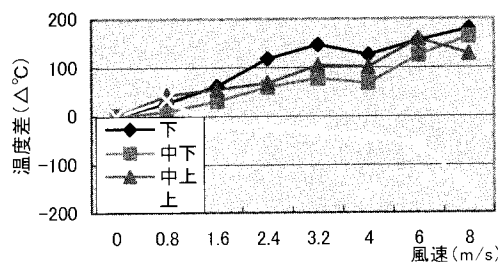


图7 発熱量6.7KW变化温度

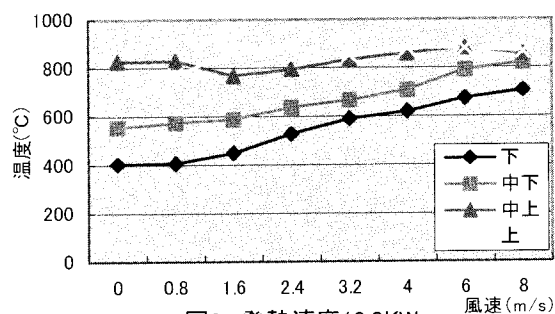


图3 発熱速度10.0KW

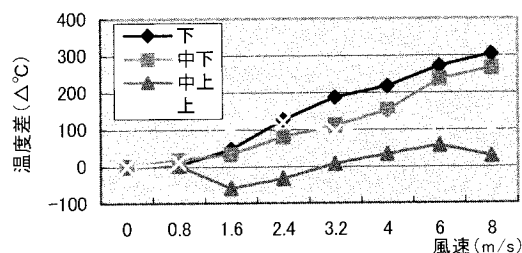


图8 発熱速度10.0KW变化温度

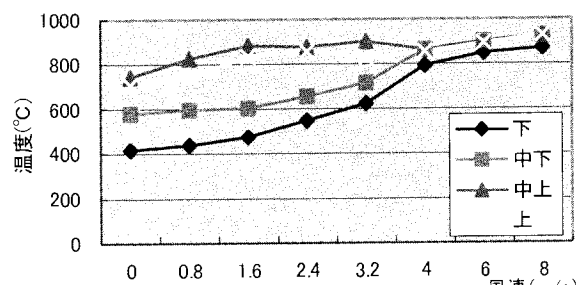


图4 発熱速度13.2KW

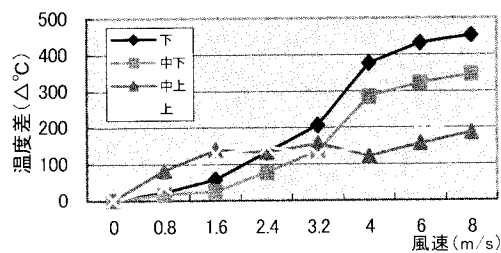


图9 発熱速度13.2KW变化温度

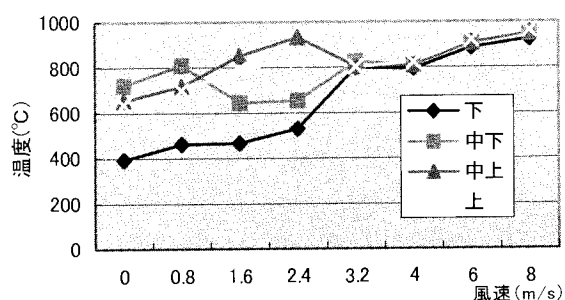


图5 発熱速度15.6KW

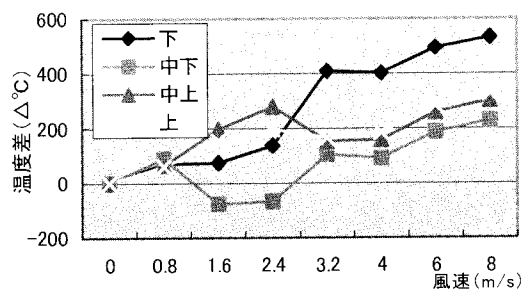


图10 発熱速度15.6KW变化温度

雷による森林の着火機構に関する実験

橋本 好弘（消防科学研究所），早坂 洋史（北大大学院，科学技術振興事業団）

関岡 昇三（関西テック），橋場 幸宗（札幌市立高等専門学校）

浅川 聡，本田 秀樹，新藤 孝敏（電力中央研究所）

要 旨

雷による森林火災の着火機構を解明し，不必要な森林火災を減らすことは，地球の温暖化防止に繋がるばかりでなく森林の保護，管理の観点からも重要な課題である。

そこで，（財）電力中央研究所が所有する世界最大級の放電装置を用いて，立ち木やリッターなどへの放電着火実験を実施した。種々の実験と観測結果から，着火は木の上部や木の根元の樹皮内部で起こるよりも，細かく分解されたリッターが存在する林床部で，起きている確率が高いことがわかった。

1 はじめに

雷により森林の着火機構を解明し，不必要な森林火災を減らすことは，地球温暖化防止に繋がるばかりでなく森林の保護，管理の点からも重要である。

雷により森林が着火する事は，よく知られているが，その着火機構については，ほとんど知られていないのが現状である。森林の着火機構を科学的に正しく説明できれば，森林火災の防止策を考えることが可能になるかもしれない。

そこで，世界最大規模の高圧放電装置を使用した実験の結果をまとめて考察した。

2 過去の研究経緯

（株）関西テックでの放電実験結果や過去の論文から森林火災は，「落雷の衝撃によって破壊された樹木が燃えて落下し，リッターやコケが燃え始める」可能性や「上部から下部へと導管や樹皮と胴の間を流れた場合，雷は途中に木に傷などの欠陥があると，電気伝導度の違いから，欠陥部で破壊し，飛び散った木の小片が燃えながら林床に散らばり，リッターなどが燃え始め，森林火災に発展する」可能性は低い。

最も考えられる要因としては「木の下部へ雷エネルギーが達した場合，木の根を伝わって林床に広がり，根やリッターを燃やし始め，森林火災へと拡大する。また，地中でくん焼が始まる」¹⁾²⁾ことから，これらのことを確認するために，以下の実験を実施した。

3 放電実験装置

放電装置は写真 1 に示す最大充電電圧 11.7MV，コンデンサ容量 0.026μF，最大充電エネルギー 1.78MJ，電流波高値（負極性）4～18kA，電流継続時間 10μs 程度である。

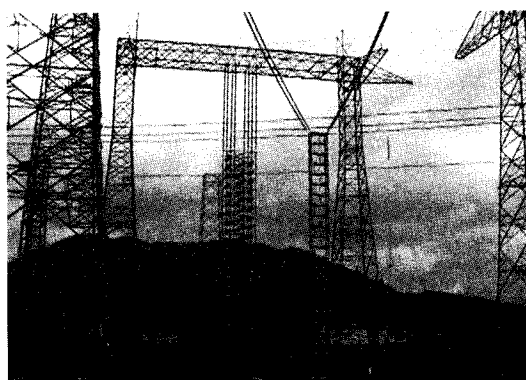


写真 1 放電装置

4 実験条件・結果及び考察

表 1 実験条件等

実験番号	実 験 条 件				結 果
	電圧 (KV)	電流 (KA)	放電条件	着火物	
実験 1	-1900	-	立木左側	5 種	煙(木蒸気)
実験 2	-1900	-17	立木右側		煙(木蒸気)
実験 3	1900	-17			—
実験 4	-1600	-17	垂木	から松葉	—
実験 5	-1800	17	塩ビ管	おが屑	—
実験 6	-1800	-17		5 種ミックス	煙
実験 7	-1800	-17			煙
実験 8	1800	-17			煙
実験 9	-600	-4			小炎
実験10	-700	4			煙
実験11	700	-4			煙
実験12	-700	-4			炎
実験13	-700	-4		から松葉, おが屑	小炎
実験14	700	-4		から松葉	炎
実験15	-700	4			—
実験16	700	-4			炎
実験17	-700	-4			煙
実験18	700	-4			小炎
実験19	700	-4	塩ビ板	小炎	
実験20	-800	4		から松葉・枯れ草	炎
実験21	800	-4		炎	
実験22	-800	4		から松葉	小炎
実験23	500	-4		ウダイカンバ葉 (袋)	—
実験24	-500	-4		から松葉 (袋)	小炎
実験25	500	-4		ストロブ松葉 (袋)	—
実験26	-500	4		から松葉 (袋)	炎
実験27	-500	-4		から松葉 (袋)	炎
実験28	-1700	18		ウダイカンバ葉 (袋)	炎
実験29	1700	-18		から松枝 (袋)	炎
実験30	-1700	18		から松枝 (袋)	炎
実験31	1700	-18		から松枝 (袋)	炎
実験32	-1700	-18		から松枝 (袋)	炎
実験33	1700	18		から松枝	炎
実験34	1700	-18			炎

表 1 に示すように、実験 4 までが樹木の表皮への放電実験で、木の根元に直径 30cm ～ 40cm、深さ 20cm 程度の穴を開け、林床に存在するリッターを模擬した燃焼物を置いた。

燃焼物としては、札幌市にある森林総合研究所の試験林で採取したウダイカンバ、から松、ストロブ松の各枝葉、枯草及び北海道大学農学部で入手したおが屑の計 5 種類で、別々の穴に入れ実験を行った。

実験 5 ～ 11 は、塩ビ管をその穴に差し込んで、直接リッターで模擬燃料へと放電が届くように実験した。

実験 12 以降では、穴の中でリッターの挙動が明確でないため塩ビ板上にリッターを模擬燃料として置いて実験した。

これらの結果から、生木の実験でも放電経路は、樹皮と胴の間の比較的水分の多いところであった。(文末連続写真 1 参照)

ほとんどの実験で炎や煙が観測され、電流値が 4 KA でも炎は確認された。

4 KA の炎は 18 KA の炎よりも小さく感じられた。

また、実験 12 では、放電の衝撃によってから松などが巻き上げられたが、放電直後から 0.83 秒まで炎が確認され、燃料となるから松の葉が途切れたことから消滅してしまった。(文末連続写真 2 参照)

5 結 論

今回は、塩ビ板の上において実験したことから、実際の林床に比べて大きな衝撃波が発生し、燃料を巻き上げたことや実際の雷に比べて電流の継続時間が短かったために着火しなかったものと考えられる。しかし、実際にはリッター層内での有炎燃焼やくん焼が発生する可能性が高いものと考えられる。

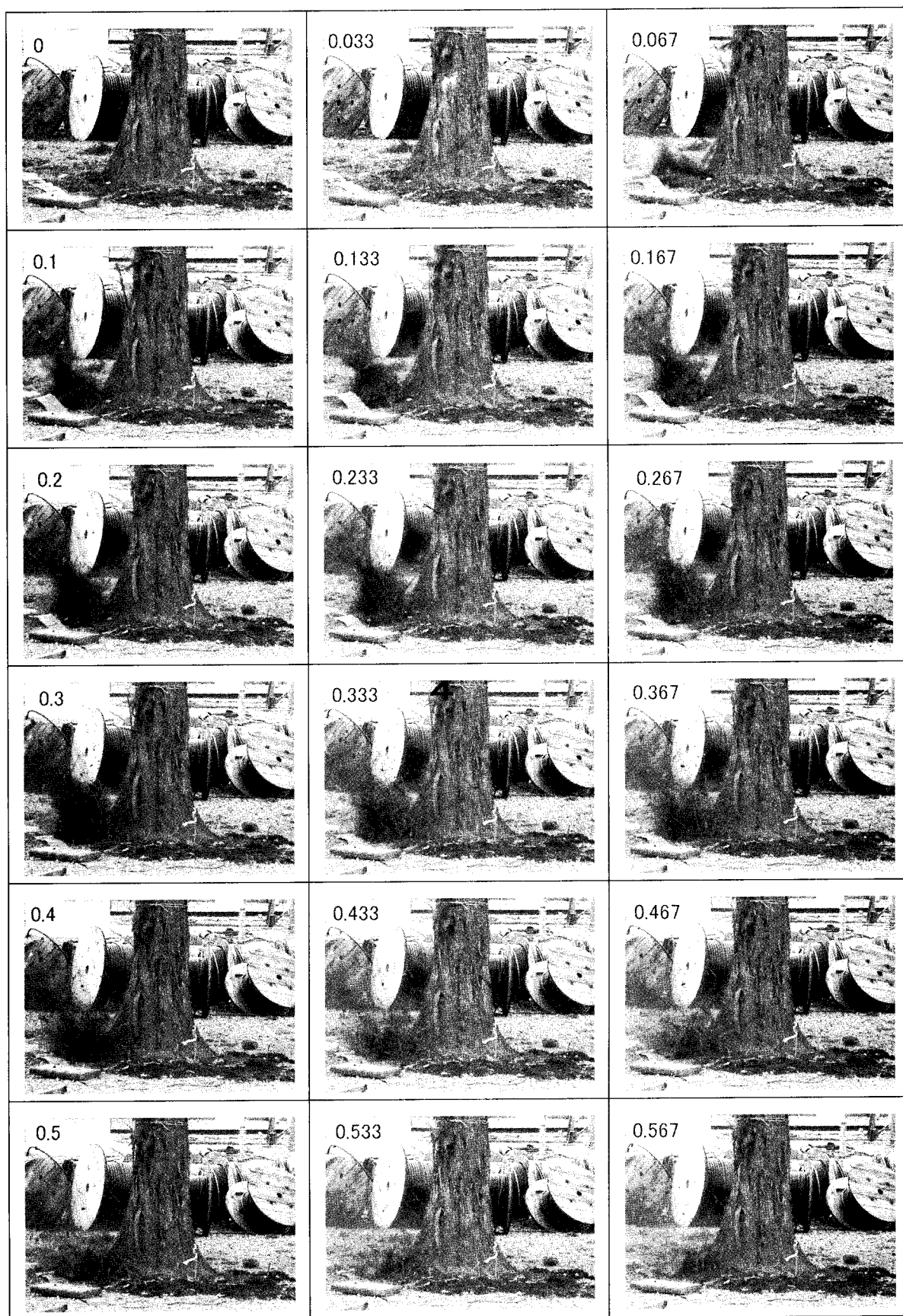
雷による森林の着火は、木の上部や木の根元の樹皮内部で起こる着火よりも、細かく分解されたリッターが存在する林床部で、細かなリッターのくん焼や有炎燃焼から生じる可能性が高いと言える。

今後は、燃焼物として北方林にある実際のリッターを使用することや電流継続時間を延ばした実験を実施し、さらに着火機構を明確に解明していく予定である。

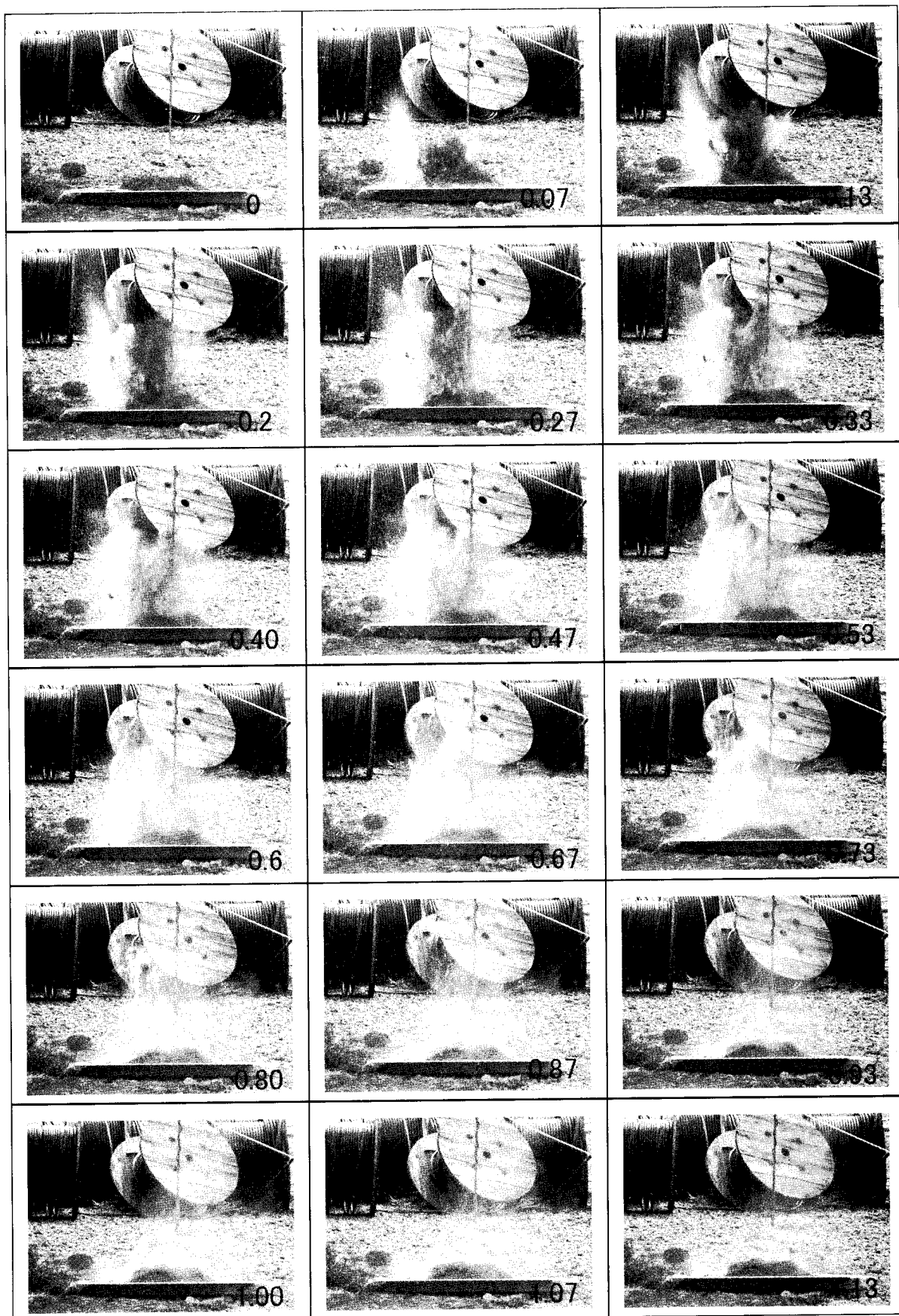
本研究は、平成 14 年度科学研究費補助金(基盤 A(1) No. 13309001) の支援を受けている。付記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 早坂, 橋本他, 平成 14 年度研究発表概要集, 日本火災学会
- 2) 早坂, 橋本他, 平成 15 年度研究発表概要集, 日本火災学会



文末 連続写真 1 立木への放電実験



文末 連続写真2 から松の葉等への放電

節水型消火薬剤（界面活性剤系）の実験的研究

菅原 法之※

花蘭 一正※

概 要

近年、消火薬剤を使用した水による効果的な消火により消火水量の節減や消火時間の短縮、再燃火災の防止効果などをうたった消火薬剤が販売され、すでに導入している消防本部も見受けられる。本研究では、消火薬剤を混入した水を用いて消火実験を行い寒冷地における効果を確認し、導入に向けた問題点などを考察した。

その結果、消火薬剤の消火効果は大きく、寒冷時にあっても水のみと比較すると1/3から1/2の水量で同じ燃焼物を消火することができ、水損防止、消火水の節約などに寄与するものと考えられること、寒冷時にあっては、薬剤の粘度が増すためラインプロポーショナーより、自動混合方式のような薬剤混合方式が望ましいことなどがわかった。

1 はじめに

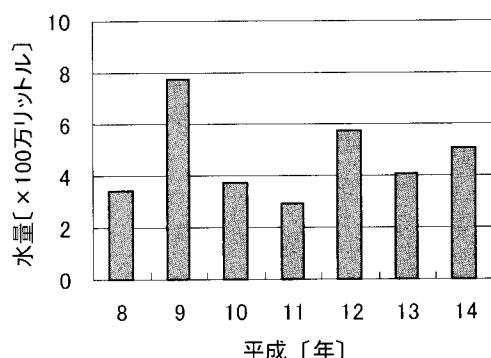


図-1 火災に使用した水の量

最近7年間の消火用水の使用量は図-1のとおりであり、年間平均4,679,900ℓで2,500ℓの水槽車1,900台分、火災1件当たり概ね8,000ℓを使用していることになる。

近年、消火用水を画期的に節水するという消火薬剤が開発され、既にいくつかの消防本部でも導入されている。

薬剤としては台所用洗剤にも使われている界面活性剤を主成分としたもので、これを0.1から0.5%混合すると、効果が得られるというものである。

今回の実験においては、特に寒冷時におけるこの消火薬剤の有効性などについて検証した。

2 界面活性剤で節水できる理由

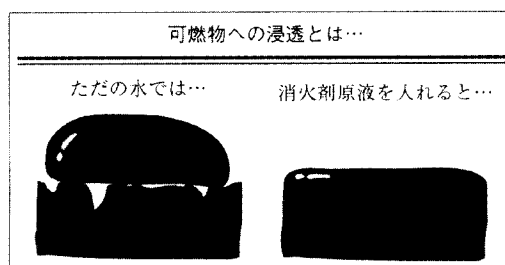


図-2 表面張力について

界面活性剤は、液体に溶かしたとき、その液体の表面張力（液体の表面が、自ら収縮して、できるだけ小さな面積をとろうとする力。表面に沿って働く。）を著しく低下させる働きをする。

この消火薬剤を水に混合することにより、水の表面張力を減少させることができ、水は図-2のように丸くならず、可燃物の表面に広がり、さらに、小さな穴等に浸透しやすくなる。このため、消火にあたっては、水を有効に使うことができ、無駄な水（可燃物から流れ落ちてしまう水）を少なくすることができる。

また、このことから鎮火後の再燃の可能性も少なくなると言われている。

※ 札幌市消防科学研究所

3 消火実験概要

(1) 使用薬剤

界面活性剤系消火薬剤のA及びBの2種類で行った。

なお、Aは最低使用温度が6℃となっており、それ以下では薬剤が分離するなどし、性能が保障されていない。Bについては寒冷地対応型で最低使用温度

-13℃までとなっている。

寒冷時と比較するため、夏期に予備実験をAとBを使用して行ったが、冬期の実験においてはBのみ使用した。外見について、Aは黄色味がかっており、Bは無色透明である。

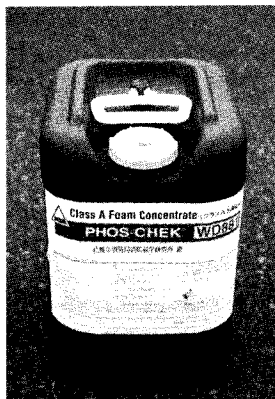


写真1 Aの容器外観

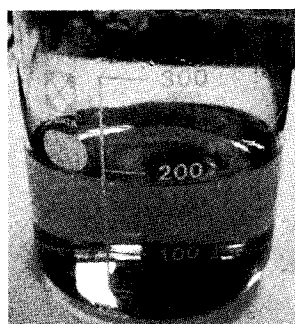


写真1-2 Aの原液



写真2 Bの容器外観

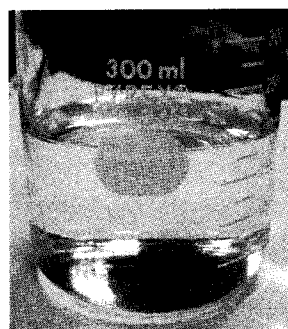


写真2-2 Bの原液

(2) 使用車両の設定など

消防学校走行訓練場において、訓練車（水槽車）を使用し、ポンプ圧0.5MPa、50mmホース2本、MNノズルを結合、ホースの中間に1/200の精度の流量計を接続した。薬剤の混合には専用のラインプロポーショナーを使用し、訓練車の放口に接続した。

消火水の薬剤濃度を測定するため、薬剤の重量をその都度測定し、消費量を算出した。

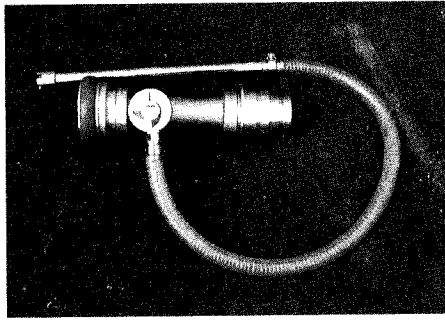


写真3 ラインプロポーションナー

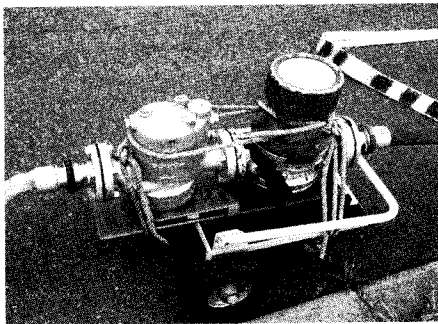


写真4 流量計

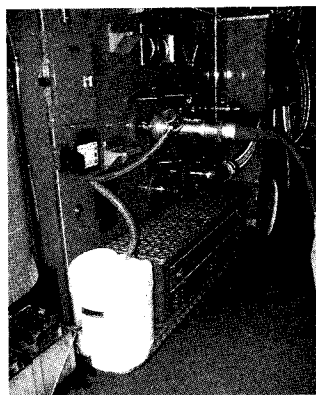


写真5 ラインプロポーションナーの
取り付け状況

(3) 燃焼物

3 cm × 3 cm × 90 cmの松製材144本を26段に積み（質量：約51kg）、直下に、ス

テンレスバットを設置し、イソプロピルアルコールを2ℓ入れ助燃材とした。～以下「クリブ」という。



写真6 クリブ

(4) 実験方法

クリブ下のイソプロピルアルコールに点火後、3分30秒間（夏期の実験状況から冬期は3分間とした。）燃焼させ、その後消火し、流量計で使用水量を計測、薬剤の重量を測定した。

4 夏期の消火実験

(1) 実験日時

平成14年8月12日（月）9時45分～17時00分 天気 晴れ 気温17.5℃

(2) 消火薬剤濃度など

ラインプロポーションナーの設定濃度を0%（水のみ）、0.25%、0.5%の3種類とし、各3回実施した。0.25%は設定できる最低濃度であり、0.5%はメーカー推奨濃度である。薬剤はA、Bを使用した。

(3) 実験結果

表-1 のとおり

表-1 夏期消火実験結果

放水種類 設定薬剤濃度		放水量 (ℓ)	平均 (ℓ)	薬剤量 (ℓ)	平均 (ℓ)	濃度 (%)	平均 (%)
水のみ	1回目	52.6	51.9				
	2回目	72.6					
	3回目	30.5					
A 0.25%	1回目	26.4	26.2	0.065	0.059	0.246	0.225
	2回目	21.0		0.040		0.190	
	3回目	31.3		0.073		0.233	
A 0.5%	1回目	30.8	24.1	0.171	0.142	0.555	0.589
	2回目	19.7		0.067		0.340	
	3回目	21.9		0.187		0.854	
B 0.25%	1回目	22.4	21.7	0.082	0.062	0.366	0.286
	2回目	17.5		0.047		0.269	
	3回目	25.3		0.057		0.225	
B 0.5%	1回目	20.0	16.9	0.012	0.072	0.060	計算外
	2回目	18.7		0.041		0.219	0.426
	3回目	15.1		0.102		0.675	

水のみで消火すると52ℓほど要したが、消火薬剤を混合すると20ℓ程度で消火することができた。

放水時間が短く、定常状態での放水が難しかったため、ラインプロポーションーでの薬剤の混合では薬剤濃度にばらつきが出てしまった。特にBの0.5%1回目の実験では、薬剤量が少量しか吸引混合されず、平均値の算定については計算外とした(表中網掛け部分)。しかし、少量でも薬剤が混合していると効果が

表れる状況であった。

また、設定濃度0.25%、0.5%の薬剤濃度による消火効果の違いは特に認めることはできなかった。

(4) 温度測定結果

燃焼、消火する際に温度測定を実施した。測定点は上から見てクリブの中心部に、3点(高さを上、中、下とした。)を測定したが、水、消火薬剤などによる温度変化(冷却状況などについて)違いは見出せなかった。(図-3 参照)

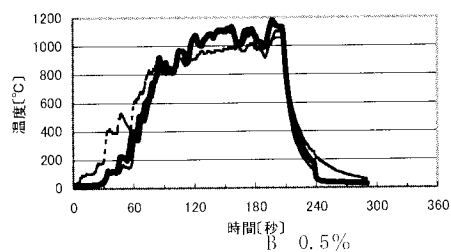
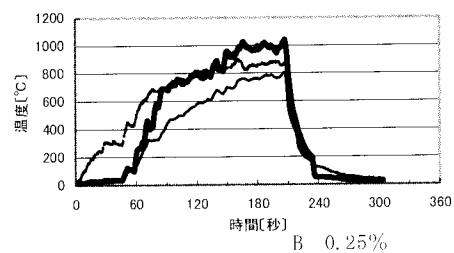
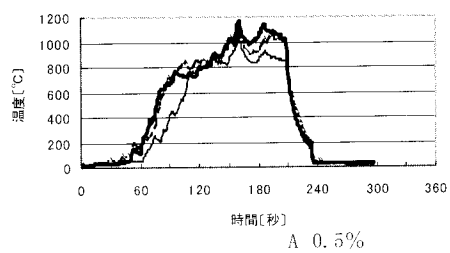
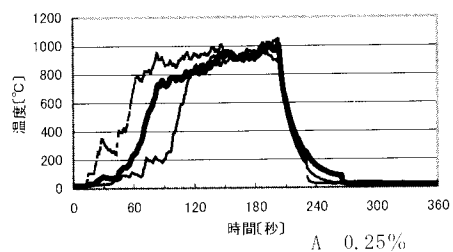
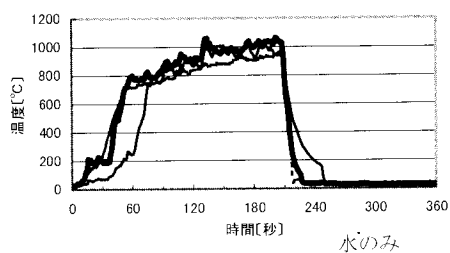


図-3 クリブ温度変化（夏期実験）



写真7 クリブ点火直後

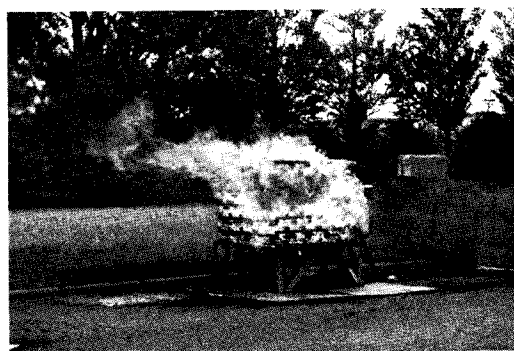


写真8 クリブ燃焼最盛期

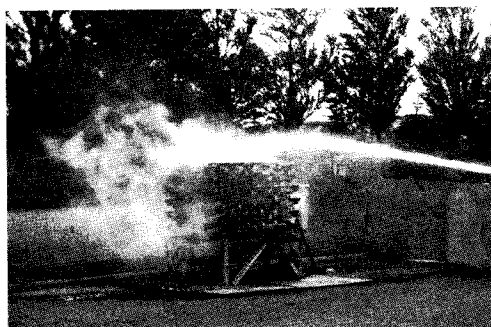


写真9 クリブ消火中

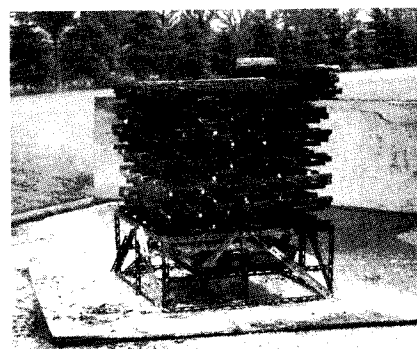


写真10 消火後のクリブ

5 冬期の消火実験

寒冷時の薬剤の有効性を確認するために
冬期に消火実験を行った。

(1) 実験日時

平成15年 1月29日 10時30分～12時
30分 天気 曇り 気温 -1.8℃

(2) 実験方法

夏期と同じであるが、使用薬剤は全天候型のBで行った。

(3) 冬期の実験結果

表-2のとおり

表-2 冬期消火実験結果

放水種類 設定薬剤濃度		放水量 (ℓ)	平均 (ℓ)	薬剤量 (ℓ)	平均 (ℓ)	濃度 (%)	平均 (%)
水のみ	1回目	45.5	59.1				
	2回目	58.8					
	3回目	73.0					
B 0.25%	1回目	21.4	20.5	0.045	0.039	0.210	0.189
	2回目	19.4		0.040		0.207	
	3回目	20.6		0.031		0.152	
B 0.5%	1回目	21.7	23.7	0.059	0.073	0.272	0.308
	2回目	22.3		0.067		0.300	
	3回目	27.0		0.093		0.344	

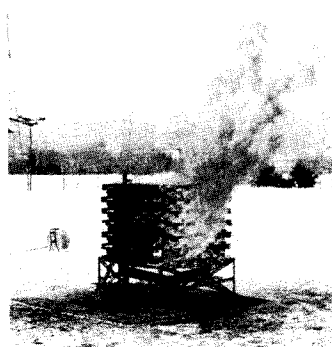


写真11 冬期実験

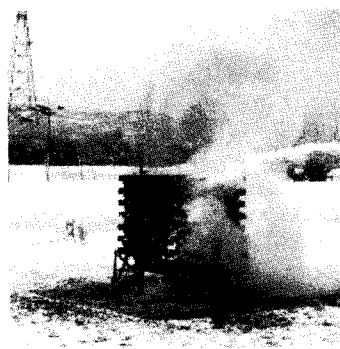


写真12 冬期実験消火中

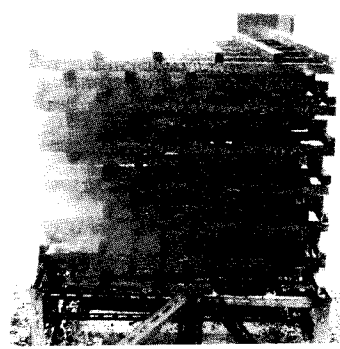


写真13 冬期消火後

冬期においても、水だけの場合は59ℓ
ほどで消火できたが、消火薬剤を混入さ
せると、1/3～1/2の水量で消火すること
ができた。

問題点として、消火薬剤の温度が下が
ると粘度が増し、ラインプロポーショナ

ーで一定濃度での混合が容易ではなく、
吸引される薬剤の量が減り、設定濃度よ
り薄くなる傾向がみられた。

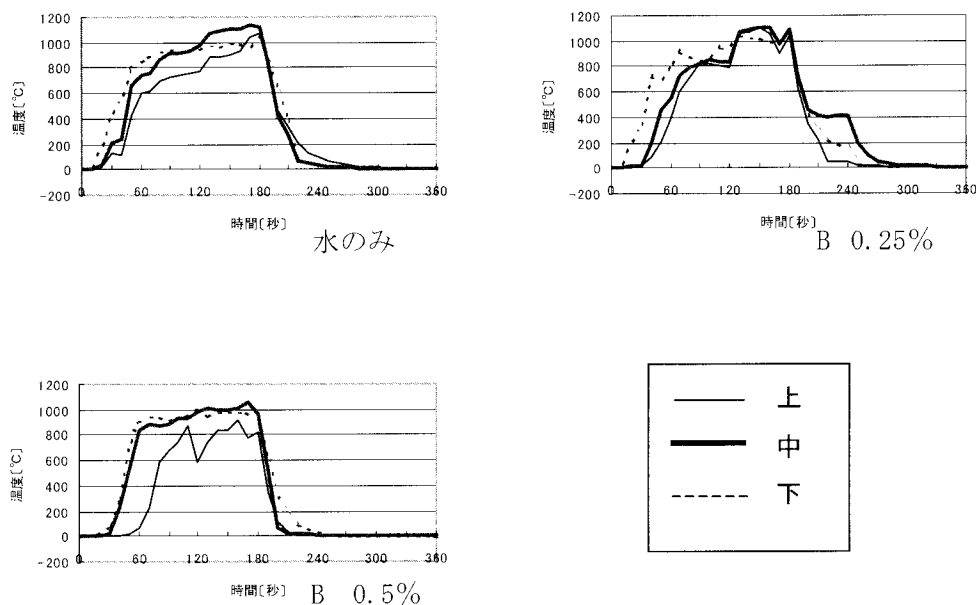


図-4 クリブ温度変化（冬期実験）

混合方法については、ラインプロポーションナーでは薬剤の温度が摂氏数度程度であれば、設定より低い濃度ではあるが混合されることから、ラインプロポーションナーでも使用は可能である。

燃焼、消火時の温度の測定結果は図-4のとおりとなり、夏期と同じく薬剤濃度などによる違いは確認できなかった。しかし、わずかでも消火薬剤が混合されていれば消火効果が水のみより大きく、薬剤濃度が高くてもその効果に大きな違いは認められなかった。

5 金属の腐食実験

水槽車のポンプ及びタンク等に使用されている主な金属材料に対する消火薬剤の腐食の影響について調査した。

(1) 薬剤濃度

消火薬剤等の濃度は次のとおりとした。

- ア 0%（水道水）
- イ 0.5%（メーカー推奨濃度）
- ウ 100%（原液）

(2) 金属

消防ポンプに使用されている次の6種の金属を使用した。

- ア 青銅BC2
- イ アルミニウム
- ウ ねずみ鋳鉄FC250
- エ ニッケルクロム鋼SNC631
- オ 黄銅（真鍮）
- カ 炭素鋼SS400

(3) 実験方法など

300ccのビーカーに(1)の液を入れ、(2)の金属を浸漬し、38℃の恒温槽に3週間(平成14年7月24日から)置き、開始前と終了時の金属の重量を測定した。

(4) 参考

泡消火薬剤に係る技術上の規格を定める省令第11条(鋼等の腐食による質量損失)及び日本消防検定協会の「泡消火薬剤の検定細目」の規定(38℃の消火剤の原液及び使用濃度水溶液に21日間浸漬した後の鋼等の質量損失は、1日につき20cm²当り3mg以下でなければならない。)を参考とした。

(5) 結果及び考察

水及び100%原液での質量損失量はほとんどが基準値以下であったが、0.5%

ではねずみ鋳鉄、ニッケルクロム鋼、炭素鋼に対する腐食の影響が高くなる傾向が確認できた。

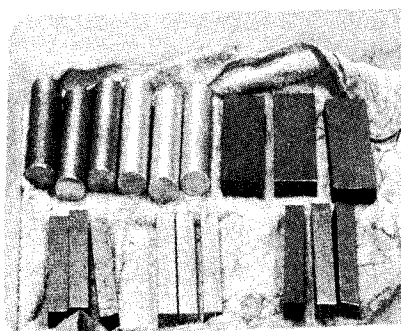


写真-14 実験に使用した金属



写真-15 1週間水に
浸漬した FC-250

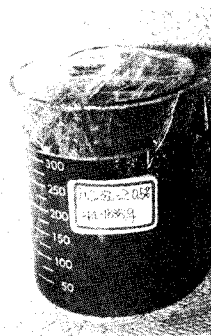


写真-16 2週間水に
浸漬した FC-250

表-3 消火薬剤による金属の腐食実験結果

金属名 表面積cm ²	主用途	薬剤 濃度	開始時重量 (g)	終了時重量 (g)	質量損失量 (mg/20cm ² /day)
青銅BC2 41.23	ポンプ、インペ ラ、ガイドベー ン	0.0%	170.7946	170.7907	0.09
		0.5%	166.4125	166.4089	0.08
		100%	170.4446	170.4112	0.77
アルミニウム 72.65	カップリング等	0.0%	106.7462	106.7414	0.06
		0.5%	104.0620	104.0601	0.02
		100%	104.9274	104.9178	0.13
ねずみ鋳鉄 FC250 56.3	ポンプカバー	0.0%	142.8686	142.6919	2.99
		0.5%	142.7196	142.4118	<u>5.21</u>
		100%	140.6031	140.5283	1.27
ニッケルクロ ム鋼SNC631 50.6	ポンプシャフト	0.0%	143.7893	143.6225	<u>3.14</u>
		0.5%	138.2288	138.0210	<u>3.91</u>
		100%	137.5129	137.3667	2.75
黄銅 52.5	カップリング等	0.0%	152.1780	152.1741	0.07
		0.5%	152.8746	152.8715	0.06
		100%	151.5525	151.5313	0.38
炭素鋼 SS400 54.4	配管、タンク	0.0%	146.8992	146.7129	<u>3.26</u>
		0.5%	144.7584	144.5531	<u>3.59</u>
		100%	145.2675	145.1219	2.55

7 低温状態の影響

A及びBの原液約200ccをビーカーに入れ、3℃の冷蔵庫内に放置した。

24時間では双方とも外観上変化なかったが、45時間ほどでAの下部が白濁してきた。その後、常温に戻すと沈殿物は消滅したが、

薬剤の効果に対する影響が懸念される。

Bは外観上変化なかった。

また、双方とも粘度がやや高くなる状況であった。

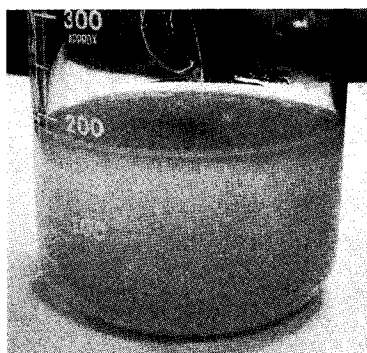


写真-17 白濁した消火薬剤A

8 まとめ

本実験で使用したような消火薬剤を使用すると、消火水として大幅に少なくすることが出来、水損防止、水資源の有効活用などの観点からは非常に有効であると考えられる。

本実験では、専用のラインプロポーションナーを使用し0.25～0.5%の濃度の消火用水を調整したが、消火薬剤の粘度や流量(放水量,放水時間),ポンプ圧などの関係で正確な濃度の放水は出来なかったと考えられる。しかしながら、非常に薄い薬剤濃度でも消火能力は大きかった。反面、0.5%近い濃度でも消火効果が大きく変わるということとはなかった。

また、発泡状況についても観察したが、0.25%ではほとんど目立たず、0.5%では若干の泡がクリブや消火水上に残ったが程なく(15分～20分程度)消滅した。

消火薬剤の混合方法についての問題点として、寒冷地の本市において寒冷時期(概ね氷点下の気温)の状態でラインプロポーションナーを使用して薬剤を適正に混合することは、薬剤の粘度が高くなり困難である。したがって、消防車両に自動混合装置を装着して消火水を作成する方法、または消防車のタンクに適量投入する方法(バッチ処理)が良いと思われる。バッチ処理につい

ては、安価に対応できるが、薬剤量や水量に制限があり(自己保有水のみとなる)、さらに投入後の車両の洗浄、残った消火水の処理などの問題が発生する。

再燃火災は、あつてはならないが、消火活動に伴う水損の防止や消火水の節水を考慮した消火活動に、この種の消火薬剤を活用することも有効と思われる。

本市下水道局の下水処理担当者に確認したところ、現在の放水量がそのまま消火薬剤を含有するものとなっても、環境汚染としては微量であり、クリティカルユース(緊急使用)の状況では問題ないのではないかとのことであった。しかし、環境への負荷の増加があることは間違いなく、薬剤使用による放水量の減少(水損防止、水資源の節約)と、薬剤による環境負荷増大との兼ね合いの検討が今後の問題となると考えられる。

【参考文献】

- (1) 消防科学研究所報 2001年版 東京消防庁消防科学研究所
- (2) 京消研究レポート集 2002年版 京都市消防局
- (3) 日本火災学会誌「火災」 No.254
2001.10 日本火災学会

RDF（ゴミ固形燃料）の性状について

川瀬 信※

花崗 一正※

橋本 好弘※

要 約

昨年、三重県で起きたRDF貯蔵サイロ火災における爆発事故をきっかけに、札幌市でも製造されているRDF（ゴミ固形燃料）について、自然発火や爆発の危険性を調べることにした。その結果、測定条件下における燃焼現象は緩慢で、発生する煙の毒性や発火点温度（330℃以上）からも通常のもの（木、紙、プラスチックの混合物）と比べ、特異性は見られなかった。また、自己発熱性がなく、消防法上の可燃性固体にも該当しないことから火災への危険性は低いものと考えられる。

1 はじめに

RDFとは、Refuse Derived Fuelの略で、「廃棄物からできた燃料」という意味がある。発端は、80年代後半から騒がれ始めたダイオキシン問題で、90年代に入り、廃棄物処理法が大改正されたことをきっかけに本格的なスタートを切り、現在では、全国62カ所の製造所や発電所があり、道内にも3つの製造施設がある。

記憶に新しいところでは、平成15年8月19日に爆発事故を起こした「三重県ゴミ固形燃料発電所」がこれに該当する。

三重県では、事故調査専門委員会が設置され、平成15年11月22日には、最終報告書が出されたところである。事故原因については、発熱・発火原因が、有機物の発酵及び化学的酸化、爆発原因が、熱分解で発生した可燃性ガス及び水分を含むRDFの嫌気性菌による発酵で発生した可燃性ガスによるものであると結論付けられている。

札幌市においても、90年に「札幌市ゴミ資源化工場」が生産を開始し、貯蔵サイロ内には、多量のRDFが貯蔵されている。また、昨年、RDF自体が起因するものではないが、火災が発生している。

これらのことから、札幌市ゴミ資源化工場やそこで製造されているRDFについても、多くの職員が関心を抱いているところではないだろうか。そこで本報では、RDFの性状等を調査し、検証を行った。

2 調査項目

- (1) 札幌市と三重県で作られているRDFの違いについて
- (2) 自然発火の危険性について
- (3) 粉塵等による爆発の危険性について
- (4) 工場内の加熱成形ラインにおける火災の危険性について
- (5) 燃焼時に発生する煙の毒性について
- (6) 危険物確認試験（第2類可燃性固体）

3 分析条件

(1) 質量分析装置及び加熱脱着システム

ア 測定条件

(ア) 使用機器

- a アジレントテクノロジー製
ガスクロマトグラフ型式6890
- b アジレントテクノロジー製
質量分析装置-5973N
- c アジレントテクノロジー製
ゲステル-テナックスTA

(イ) 分析条件

- a 試料量 50 gas)
- b HP-5MS 5%PhenylMethyl
Siloxane30m×0.25mm
- c キャリアーガス He 1.5mℓ/min
- d 昇温速度
 - 1 段目 1℃/min(40℃~65℃)
 - 2 段目 5℃/min(65℃~100℃)
 - 3 段目 60℃/min(100℃~280℃)
- e 昇温範囲 40℃~ 280℃
- f 注入口温度 250℃
- g 注入口圧力 14.0psi
- h 検出器 EMD

イ 測定サンプル

- (ア) サイロ天井付近空気
- (イ) サイロ床付近空気
- (ウ) R D F の燃焼生成ガス
- (エ) 比較サンプルの燃焼生成ガス
「木+紙+プラスチック」

(2) 熱分析装置

ア 測定条件

(ア) 使用機器

セイコーインスツルメンツ製
EXSTAR6000 TG/DTA

(イ) 分析条件

- a 試料量 10mg
- b キャリアーガス Air paji
300mℓ/min
- c 昇温速度 10℃/min

d 昇温範囲 50℃~600℃

イ 測定サンプル

- (ア) R D F (粉末)
- (イ) 木
- (ウ) 紙
- (エ) プラスチック

(3) 恒温槽, 温度データロガー

ア 使用機器

- (ア) ヤマト DV 4 1
- (イ) アンリツ AM-7 0 5 2 L
- (ウ) ティーアンドディー T R - 5 2

イ 測定サンプル

- (ア) サイロ内の堆積R D F
- (イ) R D F

(4) イオンクロマトグラム

ア 測定条件

(ア) 使用機器

日本ダイオネクス LC30

(イ) 分析条件

- a 試料量 25 μℓ
[サンプル5ℓ NaOH水溶液に溶解
したもの]
- b カラム

(a) アニオン Ionpac AS12A
4mm (10-32)

(b) シアン Ionpac AS7

(5) 小ガス炎確認試験

ア 測定条件

- (ア) 危険物確認試験に準ずる。
- (イ) サンプル形態 (表面部, 断面部,
粉末)
- (ウ) 試料量 1 ~ 2 cm³

イ 測定サンプル

R D F

(6) パーソナル粒子サンプル

ア 測定条件

- (ア) 使用機器 カノマックス レスピ
コン

(イ) 分析条件

- a 試料量 サイロ内空気180
中の粉塵
- b 採取速度 300mℓ/min
- c 採取時間 60min

イ 測定サンプル サイロ天井付近空気

(8) サーマルカメラ

ア 使用機器 AVIO TVS-8000MK II

イ 測定サンプル

(ア) サイロ内貯蔵のRDF

(イ) 成形機から排出されるRDF

3 結果及び考察

(1) 札幌市と三重県で作られているRDF
の違いについて

表1は、原料の比較表であるが、全く
違うものが原料として使われている。

表1 札幌市と三重県のRDF原料比較表

	札幌市のRDF	三重県のRDF
原料	木材 紙 プラスチック	家庭ゴミ (生ゴミ含む) 消石灰



写真1 札幌市のRDF

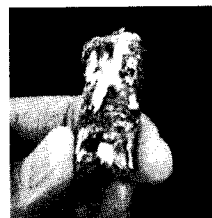


写真2 三重県のRDF

(1) 自然発火の危険性について

サイロ内に貯蔵しているRDFの頂部
から、垂直に深さ1mごとに5ヶ所の測
定点を設け(写真3参照)、16日間にわた
って温度変化を測定した。結果は図1の
とおり、局所的な温度変化は見られるが、
測定時の条件下においては、大きな変化
ではない。これについては、多点的な形
の温度監視等の対策が必要と考えられる。

また、表面温度の分布についても測定を
行ったが、周辺の温度と同じであった。

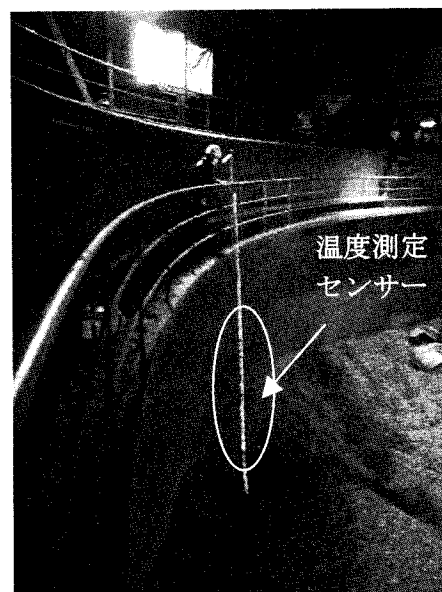


写真3 サイロ内貯蔵RDFの
内部温度測定の様子

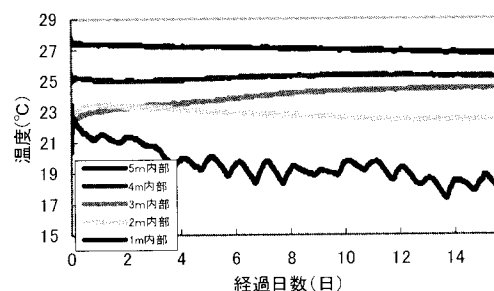


図1 サイロ内貯蔵RDFの内部温度

次に「危険物輸送に関する国連勧告」
に基づく自己発熱性試験(写真4参照)
に準ずるを実施した。図2のとおり、
140℃で24時間保持したが基準の温度
(200℃)に達することはなかった。これ
と同様の試験を熱分析装置でも実施した
が、結果は、自己発熱性試験と同様であ
った。



写真4 自己発熱性試験

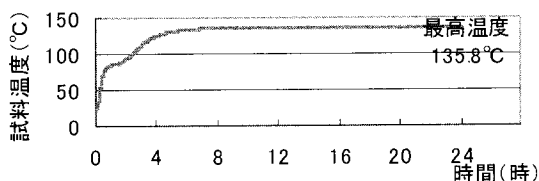


図2 自己発熱性試験における温度変化

また、自己発熱性試験と同時に発酵及び熱分解によるガス発生の有無についても測定を実施したが、別添の「サイロ内空気」のとおり、車両排ガスと思われる成分が多数検出されたが、濃度は希薄である。

これらのことから、発酵及び化学的酸化による自己発熱現象はなく、測定時の条件下における自然発火の危険性は少ないと考えられる。

(3) 粉塵等による爆発の危険性について

粉塵爆発には、2つの因子が大きな影響を与える。1つ目は、「十分に微粒子化していること(200 μ m以下)」, 2つ目は、「分散粉塵が爆発限界濃度以上(20mg/ℓ以上)であること」である。サイロ内の分散粉塵は微粒子化していたが、分散粉塵濃度は、0.2mg/ℓく下回っている。したがって、測定時の

条件下における粉塵爆発の危険性は低いと考えられる。

(4) 工場内の成形ラインにおける火災の危険性について

製造ラインには、加熱や摩擦により最も温度が上がる成形部と呼ばれる個所がある。ここでは、木や紙、プラスチックに熱を加え、圧縮成形しており、その成形機及びRDFの温度を測定し、火災の危険性について検証した。結果、成形機上部の温度は191°Cであったが、RDF自体は80°C～120°Cと低い温度であった。このことから、測定条件下における危険性は低いと考えられる。

(5) 火災時に発生する煙の毒性について

RDFが燃焼することによってどのような成分のガスが発生するのか。また、その濃度と毒性についても測定した。結果は別添の「燃焼生成ガス」のとおり、比較サンプル「木+紙+プラスチック」に比べて、燃焼が緩慢であるため、違う成分も検出されたが、濃度ともに特異性はない。

さらに、有毒ガス成分6種類（シアン化水素、フッ化水素、塩化水素、亜硝酸、臭化水素、硝酸）の含有の有無についても調査したが、特異性は見られず、測定時の条件下において、火災時に発生する煙の危険性は一般火災の煙と同等である。

(7) 物性試験について

第二類危険物可燃性固体に該当する物質であるか、危険物確認試験に基づき小ガス炎確認試験を実施した。通常であれば、均一な状態のサンプルを用いて試験を行うところだが、RDFは、均一なものではないため、試験サンプルの抽出方法により結果は大きく左右される。そこで3種類（表面部、断面部、粉末）の抽出条件により行うこととした。

結果は、RDF断面部（ささくれ立った部分）では、プラスチック部分に接炎した場合のみ着火するが、表面部や粉末状のものに接炎した場合は着火せず、可燃性固体に該当するとは言えない。

また、図3はRDFの熱分析結果を示したものであるが、含有水分は約5%程度であったことがわかる。また、発熱ピークが約330℃に表れていることから、これらの温度付近で、発火あるいは燃焼反応があったことがわかる。このことから、測定条件下における熱的特性は、一般の可燃物と同等の結果と言える。

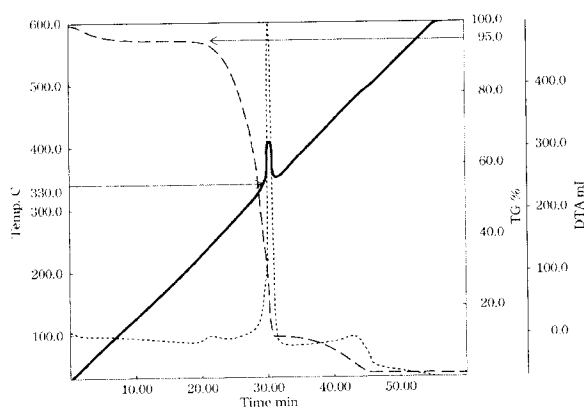


図3 RDFの熱分析

4 まとめ

今回、調査した結果、札幌市のRDFは、不純物の比較的少ない事業系ゴミ固形燃料であることから、三重県のRDFと性質が大きく異なり、測定時の条件下においては、自然発火や爆発の危険性も低いことがわかった。また、燃焼現象は緩慢で、消防法上の危険物第2種可燃性固体にも該当せず、発生する煙の毒性や発火点が330℃付近であることから、火災等の燃焼による危険性に特異性はない。

質量分析装置及び加熱脱着導入システムにより検出された成分表

物 質 名	サイロ内空気		燃焼生成ガス	
	天井付近	床付近	R D F	比較サンプル (木+紙+プラスチック)
エチルアセテート	○			
2 メチル 1 ペンテン	○		○	
2 メチルフラン			○	○
2 メチル 1 プロパノール			○	○
ベンゼン			○	○
1 ヒドロキシ 2 プロパノン			○	○
1 ヘプテン				○
1,5 ジメチルフラン			○	
4 メチルヘプタン			○	
トルエン	○	○	○	○
シス 1 ブチル 2 メチルシクロプロパン			○	○
オクタン			○	
ヘキサノール			○	○
2,4 ジメチル 1 ヘプテン	○		○	○
エチルベンゼン	○	○	○	○
p-ヘキセン	○	○	○	
スチレン	○	○		
1,3 ジメチルベンゼン		○		
ノナン	○	○		
1S アルファピネン	○	○	○	○
N,N ジメチルアセトアミド	○	○	○	○
1,3,5,7 シクロオクタテトラエン			○	○
ヘプタナール			○	○
N,N ジメチル 2 メチル 2 シクロペンテン			○	
(Z)2,6 ジメチル 1,6 オクタジエン			○	
(1 メチルエチル)ベンゼン			○	
4 メチル 2 ヘプタノン			○	
シクロプロピルベンゼン			○	
プロピルベンゼン			○	
ベンザルデハイド			○	○
フェノール	○	○		○
1,2,3-トリメチルベンゼン		○	○	
1 エチル 2 メチルベンゼン		○	○	
アルファメチルスチレン	○		○	
(1S) 6,6 ジメチル 2 メチレンビスシクロ[3.1.1]ヘプタン			○	
4,6 ジメチル 2 ヘプタノン	○		○	
1,3,5トリメチルベンゼン				
デカン	○	○	○	○
S[8(ジメチルホスホノ)オクチル]エステルエタンチオイックアシッド	○	○	○	○
オクタナール			○	
2,6 ジメチルノナン			○	
4 メチルウンデカン			○	
1 メチル 3(1 メチルエチル)ベンゼン			○	
D リモネン	○	○	○	
1 ペンタデテン	○		○	
ウンデカン	○	○	○	○
ノナール			○	
ドデカン	○	○	○	○
トリデカン	○	○	○	
テトラデカン	○			
トリデカノール	○			
2,5 ジフェニル 1,4 ジオン 2,5 シクロヘキサジエン		○		
ドデカメチルシクロヘキサシロキサン		○		○
テトラデカメチルシクロヘプタシロキサン	○		○	
オクタデカメチルシクロノナシロキサン			○	
エイコサメチルシクロデカシロキサン			○	

消防科学研究所報

(2003 No. 10)

市政等資料番号	01-P00-03-834
---------	---------------

平成 16 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

F A X (011) 271-0957

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

印 刷 富士プリント(株)
