

目次

【業務実績】

○消防科学研究所の業務について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

【研究・実験】

○クラスA泡消火薬剤の消火効果の確認実験について・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
○防塵・防毒マスクの一酸化炭素除去性能の確認実験（最終報告）・・・・・・・・ 12
○有酸素運動・無酸素運動に関する実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 22
○筋活動に関する実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40

【情報提供】

○炎天下における駐車車両の温度測定について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 65
○硫化水素の発生除害について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 69
○高層建築物の排水溝等から硫化水素発生について・・・・・・・・・・・・・・・・ 76
○平成 19 年度職員提案制度における優秀及び秀賞受賞作品について・・・・ 79

【研究実績】

○研究実績表（平成 5 年度～平成 1 9 年度）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 86

業 務 実 績

消防科学研究所の業務について

業務実績表（平成19年度）

（単位：件）

研究		燃焼実験	成分鑑定	危険物確認試験	緊急出動現場活動支援	職員提案		広報活動と情報発信					その他	
防塵防毒マスク	体力維持・向上					提案審査	技術支援	出前講座等	施設見学等	報道取材	研究結果発表 (学会等)	所報等の発行	消防学校初任・ 専科教育等	道消防学校 専科教育等
1 ※1	1 ※1	42 ※2	54	7	8 ※3	21 ※4	2 ※5	25 (1699)	20 (950)	7	0	14	5 (200)	1 (61)

（ ）内は、対象者の人数である。

※1から※5の概要・内訳については表1から表5のとおり

※研究・分析・鑑定等における測定機器を含めた主な研究装置・機器一覧は表6のとおり

1 はじめに

消防科学研究所では、「札幌市消防局消防科学研究所事務処理要綱」（平成11年11月8日）に基づき、各種研究業務をはじめ、燃焼実験、成分鑑定、職員提案支援及び危険物確認試験等の業務のほか、災害現場への緊急出動体制を確保し、迅速な分析などによる現場活動支援を実施している。

2 研究業務

数年に渡るテーマや年度ごとに策定したテーマについて、研究を行っている。

3 燃焼実験

市民が安全・安心に暮らせるために必要な燃焼実験を実施しているほか、「札幌市火災調査規程」（昭和43年消防長訓令第1号）による依頼等に基づく火災原因究明のための再現実験、或いは、特異な燃焼現象解明のための実験を行なっている。

4 成分鑑定

「札幌市火災調査規程」（昭和43年消防長訓令第1号）による依頼等に基づき、或いは、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 緊急出動体制

「消防科学研究所の緊急出動体制について」（平成18年4月24日付札幌消教第87号 消防局長通知）により、24時間体制での緊急車両の運用、出動時の業務内容等について整備した。また、「特殊災害救助体制の強化に伴う剤捕集容器（キャニスター）の配置について」（平成19年3月30日付札幌消教第956号 消防学校長通知）により、消防科学研究所に配置した自動濃縮装置付ガスクロマトグラフ質量分析装置の剤捕集容器を研究所の他、特別高度救助隊と高度救助隊2隊の計3隊に配置し、更なる支援体制及び現場との連携強化を図っている。

7 職員提案支援

「札幌市消防職員の提案に関する要綱」（平成17年消防局長決裁/平成19年改正）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。また、平成19年度消防職員提案審査会において、試験的導入が適当であると審査された2作品について、試作品を作製し、これらを各消防署に試験的に導入している。

8 日常生活に潜む危険性の広報

地域への出前講座、消防科学研究所の一般公開や施設見学等における実験展示、或いは

報道機関を通して、市民に対し、電気火災やスプレーガスの爆発等、日常生活に潜む火災等の危険性と発生メカニズムについて広報している。

9 消防科学に関する情報発信

研究結果の学会等への発表、消防科学研究所報やミニ消防科学研究所報の発行を通じ、科学的な知識や知見に関する情報を適宜発信している。

表1 研究一覧表

研究名	概要	期間
防塵防毒マスクの研究開発	火災により発生した一酸化炭素やシアン化合物等の有毒ガスは、鎮圧後においても残存することから、消防隊員の安全を確保するため、その有毒ガスを効率的に吸収できる防塵・防毒マスクや触媒等の調査研究をおこなう。	平成18・19年度
消防職員の体力維持・向上の研究	酸素摂取量や筋力等の体力要素と消火活動における活動強度との関係を明らかにすることによって、消防隊員が職務上要求される体力を求め、その体力を維持・向上させるためのトレーニング方法を開発する。	平成18・19年度

表2 燃焼実験一覧表

平成19年度

月	実験内容	回数
4	消火フラワー消火実験	6
5	バックドラフト現象	2
5	消火フラワー消火実験	3
8	電気火災実験、天ぷら鍋過熱発火実験	6
10	ポリマー消火剤燃焼実験	1
11	木粉の燃焼実験	3
12	小麦の粉塵爆発実験、スプレー缶ガスの爆発実験	3
12	電子レンジでの燃焼実験	1
12	ボルトの伝導加熱実験	1
2	新型消火薬剤消火実験	17

表3 緊急出動現場活動支援一覧

平成19年度

No.	覚知日	発生区	出動種別	支援内容
1	5月1日	南区	火災出動	成分分析
2	5月3日	手稲区	危険排除出動	成分分析
3	6月1日	中央区	特殊建物ガス漏れ警戒出動	成分分析
4	10月25日	西区	火災出動	成分分析
5	11月6日	白石区	火災出動（第2）	その他
6	1月17日	西区	危険排除出動	成分分析
7	3月25日	西区	危険排除出動	成分分析
8	3月31日	中央区	救助出動	有毒ガス除害

表4-1 職員提案一覧表（優秀・秀賞）

平成19年度

提案番号	提案名	提案内容	等級
404	「梯子車グリスアップマニュアル」の作成	梯子車の梯体整備についての考え方とグリスアップ作業方法、注意点についてわかり易く、詳細にマニュアル化した。	優秀賞
405	庁舎シャッター開放検知装置	車庫のオーバースライダー式シャッターの完全開放状態を磁気センサーにより感知し、赤色灯で表示することで出入庫時の車両とシャッターの衝突事故を防止する。	秀賞
407	オートロックドアのラッチボルト固定器具の考案について	オートロック式屋外階段ドアのドアロックが掛からないようラッチボルトを有効に固定できる器具を製作した。	秀賞
414	警戒テープ巻取り器の考案について	警戒テープを一人で容易に展張・収納ができる補助器具を作製した。	秀賞
418	消火栓レンチの改良について	双口消火栓用バタフライ弁の開閉を容易にするため、消火栓レンチを改良した。	秀賞
419	面体保護バンドの固定について	面体の揺れを最小限度に抑えるため、面体保護バンドと背負いバンドをマジックテープにより固定する。	秀賞
424	「先端屈折はしご車MLJSH5-30S」検証マニュアル	先端屈折はしご車の構造や性能、また、他のはしご車（屈折車）と比較した機能性を検証解説したマニュアルを作成した。	秀賞

表 4 - 2 職員提案一覧表（努力賞）

平成19年度

提案番号	提案名
406	NM-Vガンタイプノズルの考察
408	手とびグリップエンド タガネカバー
409	災害活動初期の連続活動時間・水分補給量ガイドライン(先着消防隊用)の作成
410	空気呼吸器装着時における指揮隊表示について
411	シールド内蔵型保安帽の考案について
412	中長とびホルダーの考案について
413	吸引チューブの固定について
415	セーフティーコーンと誘導灯を利用した安全確保について
416	三連はしごの引き綱の撚れ防止措置について
417	新型手とびケースの改良について
420	防水型警報装置付タイマー
421	救命策発射銃（M-63）収納箱の改良について
422	携帯無線機用収納板の設置
423	トップマンとびの落下防止

表 5 職員提案支援試験導入概要

提案名	提案内容	試験導入署
「梯子車グリスアップマニュアル」の作成（平成19年度秀賞／南署）	梯子車の梯体整備についての考え方とグリスアップ作業方法、注意点についてわかりやすく、詳細にマニュアル化した。	中央 北 東 厚別 豊平 清田 手稲
警戒テープ巻取り器の考案について（平成19年度秀賞／厚別署）	警戒テープを一人で容易に展張・収納ができる補助器具を作製した。	中央 豊平 白石

表6 主な研究装置・機器一覧

平成19年3月31日現在

装置・機器名	数量	装置・機器名	数量
フーリエ変換赤外分光分析装置	1式	多点式温度測定装置	1式
質量分析装置	1式	多点風速測定装置	1式
熱画像装置	1式	圧力測定器	1台
熱分析装置	1式	X線透過装置	1台
ガスクロマトグラフ	1式	熱流束計	4台
低温実験ユニット	1式	呼気代謝測定装置	1式
燃焼試験装置	1式	デジタルスコープ	1台
落球式打撃感度試験装置	1式	恒温恒湿ユニット	1式
クリーブランド開放式自動引火点測定器	1台	脳波計	1式
タグ密閉式自動引火点測定器	1台	ホルター心電計	4台
セタ密閉式自動引火点測定器	1台	粉塵カウンター	2台
B型（ブルックフィールド）粘度計	1台	温度計測器	6台
オシロスコープ	1台	風向風速計	2台
液体成分分析装置	1式	騒音計	2台
蛍光X線分析装置	1式	エンテック式自動濃縮装置	1式
発火点測定器	1台	放射線検出器	2台
カールフィッシャー水分測定器	1台	データレコーダ	1台
圧力容器試験装置	1式		

研究・実験

クラスA泡消火薬剤の消火効果の確認実験について

札幌市消防科学研究所 高橋 渉

【概要】

実験は、1単位クリブに5秒間の放水を行い、消火に至らなければ、さらに5秒間の放水を繰り返し消火に至るまでの水量を計測し、放水形状（ストレート、展開噴霧）及び泡消火剤混合の有無による比較を行った。また、消火実験後のクリブに対して、一定時間の接炎による再着火の有無を観察した。

結果、泡消火薬剤を混合した消火は、水のみでの消火に比較して放水量が約70%に削減された。また、泡消火剤を使用して消火したクリブについては、水のみで消火したクリブよりも再着火性が低く再燃火災防止の観点で優れていることが確認できた。

1 はじめに

過去10年間の建物火災における消火に要した水量は図1のとおりであり、年平均3,221,800ℓ、焼損床面積1㎡当たり約400ℓを使用している。¹⁾

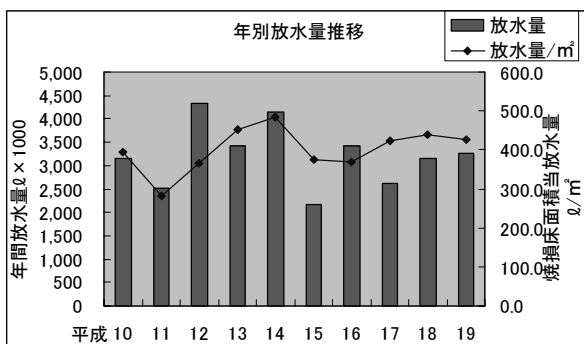


図1 建物火災による消火水量

近年では、一般火災に対応したクラスA泡消火薬剤を使用するの消火は、水のみによる消火に比較して消火水量の節減や消火時間の短縮、環境負荷への軽減、さらには再燃火災の防止効果が高いとして、すでに導入を始めた消防本部も見受けられる。しかしながら当市と同様な積雪寒冷の環境にある都市での導入実績はなく、さらに、これら環境における消火効果に関するデータもない状況であることから、低温環境下における消火効果を確認

するための基礎実験を実施した。

2 消火実験概要

(1) 使用薬剤

植物性界面活性剤（石けん成分）系消火薬剤M（以下、「M」という。）と合成界面活性剤系消火薬剤S（以下、「S」という。）の2種類で行った。



写真1 M容器外観



写真2 S容器外観

札幌市消防学校走行訓練場において、水槽車を使用しポンプ圧0.7MPa、65mmホース1本、50mmホース1本にガンタイプノズル（NM-Vノズル）を結合しノズル流量128ℓ/minに設定。また、ホースの中間点に1/200精度の流量計を接続した。薬剤の混合については、簡易型ポンププロポーションナー（T社製）を使

用し、水槽車の放口及び中継口に接続して薬剤をピックアップにより吸引した。



図2 放水系統



写真3 ポンププロポーションャー設定状況



写真4 流量計の設定状況



写真5 ガンタイプノズル

(3) 燃焼物

3.5 cm × 3 cm × 73 cmの松製材90本を20段に積み(質量:約30kg)その直下にステンレス製バットを設置し、ヘプタン 500mlを入れ助燃材料とした。(以下、「クリブ」という。)

なお、クリブについては、屋外の風による影響を避けるため、燃焼実験ユニット内に設置して行った。

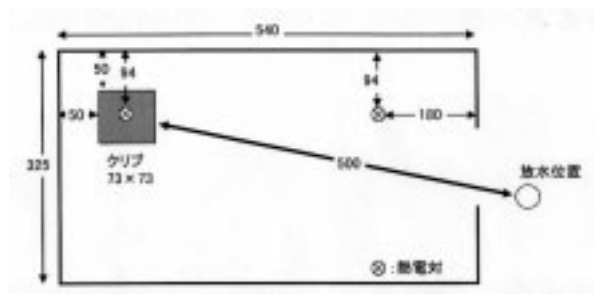


図3 平面図

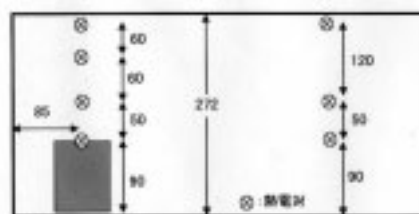


図4 側面図

単位: cm



写真6 燃焼実験ユニットの状況

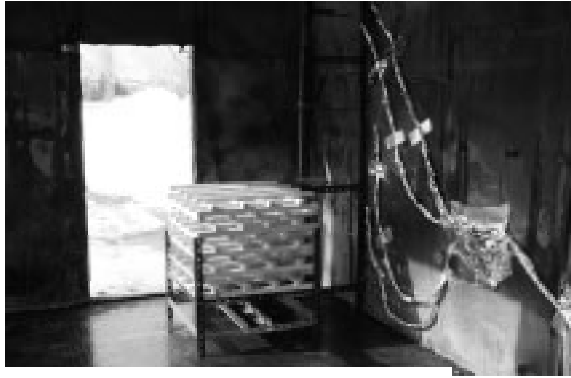


写真7 クリブの状況

(4) 実験方法

クリブ直下のヘプタンに点火後、3分間燃焼を継続させ、5秒間の放水を行い、消火に至らなければ、さらに5秒間の放水を繰り返し、消火に至るまでの水量を計測した。

3 消火実験

(1) 実験日時

平成20年2月20日(水)

10時～16時30分

天気 晴れ 気温 $-0.9 \sim 0.9^{\circ}\text{C}$

(2) 消火薬剤濃度など

ポンププロポーションナーの設定ダイヤルを0% (水のみ)、0.3%の2種類とし各2回実施した。薬剤についてはMとSの2種類を使用した。



写真8 消火実験全景

(3) 消火水量測定

ガンタイプノズルの放水は、実験当初クリブを包む程度に展開した噴霧として行ったが、クリブ裏面(放水と反対方向)に消火水が到達しにくいことが判明したため、途中からストレート注水に変更して行った。水量測定結果は表1のとおりであった。

表1 消火実験結果

放水種類 薬剤濃度		放水量 (ℓ)	平均水量 (ℓ)
水のみ 噴霧注水	1回目	177	175
	2回目	173	
M0.3% 噴霧注水	1回目	135	135
S0.3% 噴霧注水	1回目	94	94
水のみ ストレート	1回目	35	38.5
	2回目	42	
M0.3% ストレート	1回目	29	28
	2回目	27	
S0.3% ストレート	1回目	24	25.5
	2回目	27	



写真9 クリブ燃焼最盛期



写真10 クリブ消火中

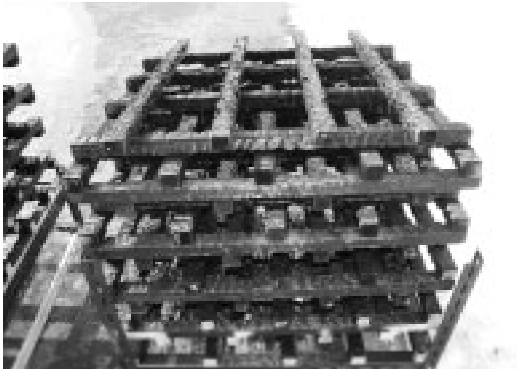


写真11 消火後のクリブ

(4) 温度測定

温度測定（図3・4参照）については、クリブ上方の4点と出入口から180cmの位置で3点の計7点について測定したが、出入口側については外気による冷気の影響が大きく評価から外した。また、クリブ上方4点のうち、天井際及びクリブ直上の2点については、天井からの輻射熱の影響と注水による影響が大きいことから、評価から除外することとし、クリブ上方50cmと110cmの温度を評価の基準

とした。

その結果については、図5、図6のとおりであった。

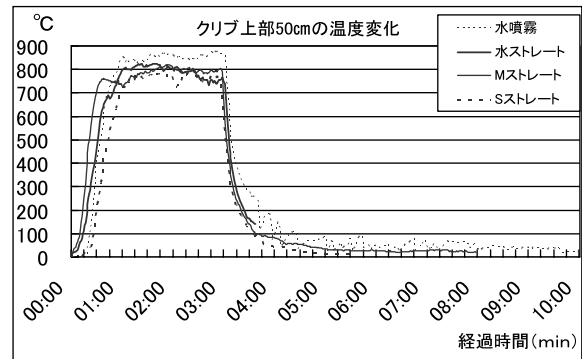


図5 クリブ上方50cm温度変化

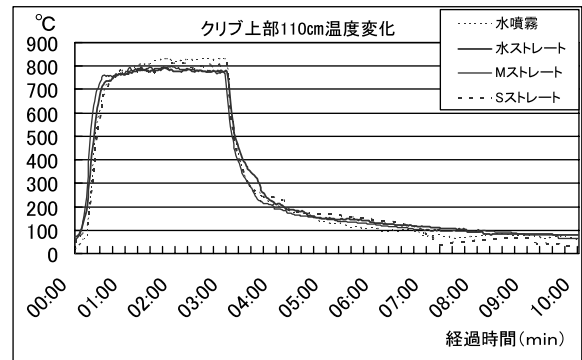


図6 クリブ上方110cm温度変化

(5) 再着火性の確認

消火から概ね1時間経過したクリブの下にステンレス製バットを設置し、ヘプタン500mlを入れ燃焼させた後（約1分40秒で燃え尽きる）、クリブへの再着火性について観察した。

結果は、写真12から写真15のとおり。

水のみで消火したクリブは、ヘプタンが燃え尽きた後、木材の一部が熾火状に再着火が認められたのに対して、M消火剤、S消火剤で消火したクリブについては、ともに再着火しなかった。



写真12 消火後クリブの再着火性確認
(左：水のみ、右：M消火剤)



写真13 同上ヘプタン消火後のクリブ



写真14 S消火剤によるクリブの再着火性



写真15 同上ヘプタン消火後のクリブ

4 考察

(1) クリブについて

温度測定の結果、放水開始時の温度は800℃前後に達しており、ほぼ同一条件の燃焼状況で行ったことになる。

(2) 消火水量について

噴霧注水では、水のみでの消火に1750を要したが消火剤を混合するとM消火剤で1350（水のみ77%）、S消火剤で940（水のみ54%）の水量で消火できた。

しかしながら、噴霧注水の場合、放水面と反対側の面に消火水が到達しにくく放水者の放水技術による影響が大きくなることから、影響の少ないストレート注水により実験を継続した。

ストレート注水の場合、水のみで消火すると38.50を要したが、消火剤を混合するとM消火剤で280（水のみ73%）、S消火剤で25.50（水のみ66%）で消火することができた。

(3) 温度降下による比較

ア 260℃（木材の引火温度）までの温度降下
クリブ上部50cmの位置における温度測定において、木材の引火温度である260℃まで降下する時間に着目して消火効果を評価すると、M消火剤混合とS消火剤混合が放水後12秒であった。また、水のみの場合、ストレート放水で放水後20秒、噴霧では放水後33秒の時間がかかった。

M、S消火剤とも混合したほうが水のみと比較して早く温度降下することができた。MとSの消火性能については同等であった。

また、放水形状は噴霧注水よりストレート注水の方が早く温度降下しており、クリブ中央部への放水が効果的に到達しているためと考えられる。

イ 100℃までの温度降下について

クリブ上部 110 cm の位置における温度測定において、消火後の活動環境の目安として 100℃までの降下時間で比較する。

各条件での放水については、いずれも放水後約 40 秒で 260℃まで降下した。

その後、温度降下を継続し 100℃まで温度降下に要した時間は、水のみ噴霧注水で放水後 3 分 02 秒、S 消火剤混合で 3 分 42 秒、M 消火剤混合で 3 分 57 秒、水ストレートで 4 分 48 秒となった。

放水に要した水量が多かった噴霧注水 (175ℓ) の温度降下に比較して、放水量が少なかった各ストレート放水 (25.5ℓ～38.5ℓ) ほど温度降下が緩やかになっており、消火水量の多少が室内の温度降下に影響することがうかがえる。

(4) 再着火性の確認について

消火剤を混合させて消火したクリブについては、水のみで消火したクリブに比較して再着火性が低かった。これは、界面活性剤の効果により木材の細部まで消火水が浸透しやすいためと考えられ、²⁾ 再燃火災防止の観点からは、水のみに比較して効果があることが確認できた。

5 まとめ

今回の実験に使用した植物性界面活性剤 (石けん) 系泡消火剤 M と合成界面活性剤系泡消火剤 S は、水のみでの消火に比較して放水量が約 70% に削減する効果があったことや再燃防止の観点で優れていることが確認できた。

また、植物性界面活性剤 (石けん) 系泡消火剤 M と合成界面活性剤系泡消火剤 S の消火効果は概ね同等であることも確認できた。

しかし、今回実験で使用したクリブの火面の大きさに対して放水量が適正であったか、

今後、火面の大きさによって消火効果がどの程度変化するか見極めていく必要がある。また、消火剤混合比率についてもメーカーによる推奨濃度の範囲が示されているが、火面の大きさと合わせて、最も効果的になる濃度についても検証の必要がある。

さらに、消火後の室内温度に着目すると、消火水量が少なくなると室内の温度降下が緩慢になることが確認できた。今後、消火剤により燃焼物を消火するための水量の削減と合わせて、消火活動の安全性や効率化を進める上で室内に残留する熱気について検証していく必要もあると考える。

6 実験協力

- ・消防救助課消防係
- ・施設管理課装備係
- ・西消防署西水槽隊

【参考文献】

- 1) 札幌市消防局、「消防概況」・「消防年報」、1999 年～2008 年
- 2) 札幌市消防局、「節水型消火剤 (界面活性剤系) の実験研究」、消防科学研究所報 No.10、2003 年

防塵・防毒マスクの一酸化炭素除去性能の確認実験（最終報告）

札幌市消防科学研究所 菅原 法之

【要 旨】

平成 18 年度から 2 年間の継続研究である、「防塵・防毒マスクの一酸化炭素除去性能の確認実験」について、2 年目の平成 19 年度は常温で一酸化炭素（以下「CO」という。）濃度減少に有効とされる触媒を使用し、CO 除去効果について実験を実施した。

その結果、平成 18 年度実験済みの防塵・防毒マスク等に、この触媒を取り付けてみたところ、CO はある程度除去することはできたが、実際の火災現場等で実用化の目安となる安全作業基準濃度まで CO を除去させることはできなかった。

1 実験概要

(1) 実験装置

平成18年度に作製した「CO除去性能実験装置」を使用した。

(2) 触媒

触媒とは、化学反応の前後でそれ自身は変化しないが、反応速度を変化させる物質で、例えば今回の実験では、CO を CO 以外の無害の物質に変化させる働きをする物質のことである。

今回使用した触媒は数ミリ程度の粒状であり、金属が主成分で、加熱せずに常温でCOを二酸化炭素に変換し、大気中の水分存在下でも使用可能であると、この触媒の製造会社が推奨しているものである。

なお、この触媒の実験装置への固定方法は、平成 18 年度実験に使用したフィルターの外枠（プラスチック製・写真 1 参照）を利用し、CO 通過部分にこの触媒を一列に隙間なく敷き詰めて（触媒重量約 14g）、スポンジ状のカバーで包み、それをこの外枠で固定して実験（写真 2 参照）に使用した。

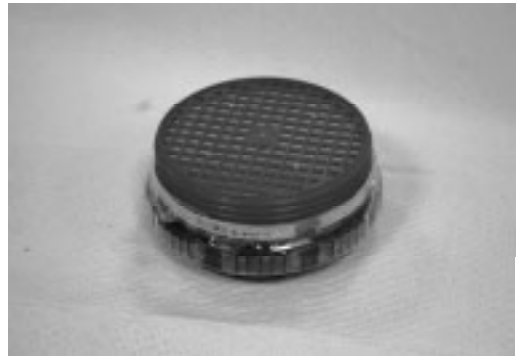


写真 1 触媒を入れたフィルター



写真 2 フィルターを取り付けたCO除去性能実験装置

(3) フィルター及びマスク

平成 18 年度の CO 除去性能確認実験の結果から、CO 除去が比較的好結果であった 3 種類のフィルターを再度選択した。

選択した 3 種類のフィルターは、平成 18 年度実験の実施一覧表中のフィルター No.4

(避難用防煙)を今年度の実験においてはフィルターA、以下同様にフィルターNo.5(防塵)をフィルターB、フィルターNo.2(防塵・防毒)をフィルターCとし、これら3種類のフィルターに触媒を取り付けて(触媒はそれぞれ14g使用し、上記(2)と同様の方法で固定した。)CO除去性能の確認実験を行った。

さらに、この他に今年度は、当局の救急隊が現場で使用している、マスク2種類(N95(Nは耐油性なしを表し、95は試験粒子0.3μmを95%以上捕集できることを表している。)微粒子マスク、ディスポ(使い捨て)マスク。以下これらのマスクを「簡易マスク」という。)についても、簡易マスク2種類の単独の場合のみと、それぞれの簡易マスクに、この触媒を取り付けて、CO除去性能確認実験を実施した。

(4) 実験方法

平成18年度と同様に、一般住宅火災の鎮火後の状況を想定することとし、CO濃度を火災現場の鎮火直後とほぼ同様の3,000ppm、吸気量を30ℓ/min、温度を25℃に設定し、湿度は30%と80%の両方を行った。

各実験結果は同じ条件で比較する必要があるため、CO測定値がある程度安定してからデータの取り込みを開始することとし、

実質の実験時間は1時間(火災鎮圧後の活動及び初期避難に使用する平成18年度実験の目的から。)で、この1時間に前後1分程度の余裕を含めて1時間03分(3,780秒)間測定した。

また、今年度の実験結果と比較するために平成18年度実験実施の3種類のフィルターA・B・Cのみ単独の場合のCO除去性能確認実験結果についても同様に、平成18年度実験結果のCO濃度測定値が、ある程度安定してからの1時間03分間のデータを使用し、比較することとした。

さらに、今年度使用した触媒は、これらの実験結果と比較のために触媒単独のみでもCO除去確認実験をすることとし、触媒のCOに対する除去性能能力を長時間観察するため、湿度30%の条件下(実験1)では8時間15分(29,700秒)間測定した。

なお、湿度80%の条件下(実験2)では他の実験と同様に1時間03分間測定した。

2 使用フィルター及びマスク一覧

表1 使用フィルター及びマスク一覧

No.	防塵・防毒等	種別	備考	平成18年度フィルター番号
1	避難用防煙	フィルター	フィルターA	No.4
2	防塵	フィルター	フィルターB	No.5
3	防塵・防毒	フィルター	フィルターC	No.2
4	N95微粒子	マスク	マスクA(当局救急隊使用)	
5	ディスポ(使い捨て)	マスク	マスクB	〃

3 実験結果

(1) 実験1 (湿度 30%)

ア 触媒のCO除去性能

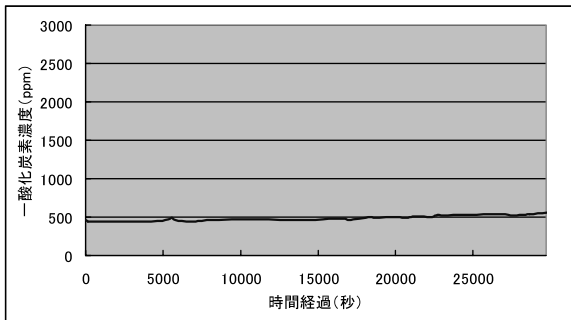


図1 触媒のCO除去性能結果 (湿度 30%)

触媒のみ単独の場合は、CO濃度が約440ppmから始まり、8時間以上経過しても約560ppmであり、実験開始時の1次側のCO濃度は3,000ppmから比較すると、80%以上のCO濃度の減少が見られ、8時間以上の長時間に渡って、ほぼ安定していた。

イ フィルターA+触媒のCO除去性能

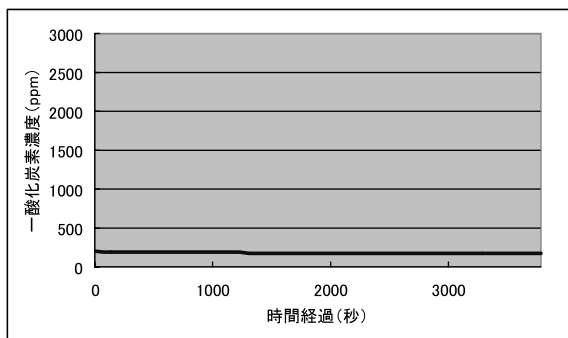


図2 フィルターA+触媒のCO除去性能結果 (湿度 30%)

フィルターAに触媒を取り付けた場合は、CO濃度が約170ppmから約210ppmまでの範囲であり、CO濃度は90%以上の減少が見られ、最もCO減少率が高かった。

ウ フィルターB+触媒のCO除去性能

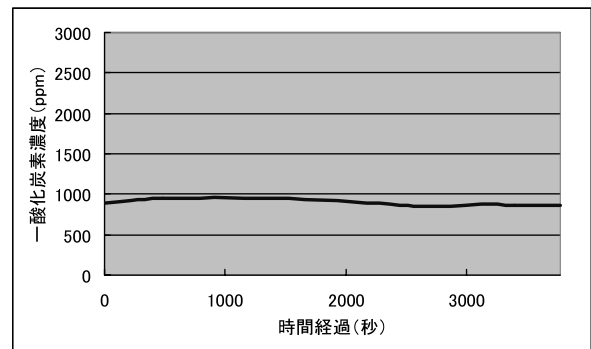


図3 フィルターB+触媒のCO除去性能結果 (湿度 30%)

フィルターBに触媒を取り付けた場合は、CO濃度が約840ppmから約950ppmまでの範囲であり3,780秒間に渡って、ほぼ安定していた。

エ フィルターC+触媒のCO除去性能

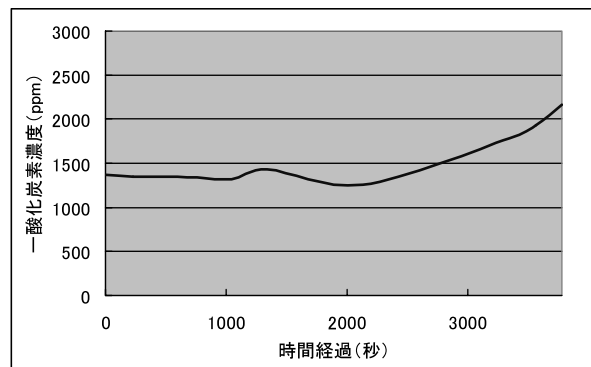


図4 フィルターC+触媒のCO除去性能結果 (湿度 30%)

フィルターCに触媒を取り付けた場合は、CO濃度が約1,300ppmから始まり約2,500秒経過までは1,500ppm以下までの範囲であったが、その後CO濃度は上昇し3,780秒後では約2,200ppmまで上昇した。

オ N95 微粒子マスク+触媒のCO除去性能

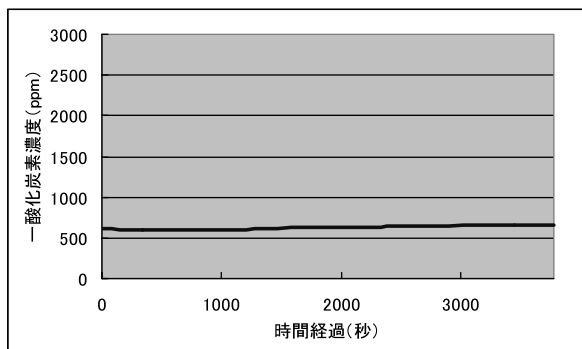


図5 N95 微粒子マスク+触媒のCO除去性能結果(湿度30%)

N95 微粒子マスクに触媒を取り付けた場合は、CO濃度が約 530ppm から約 620ppmまでの範囲であり3,780秒間に渡って、ほぼ安定していた。

(2) 実験2 (湿度80%)

ア 触媒のCO除去性能

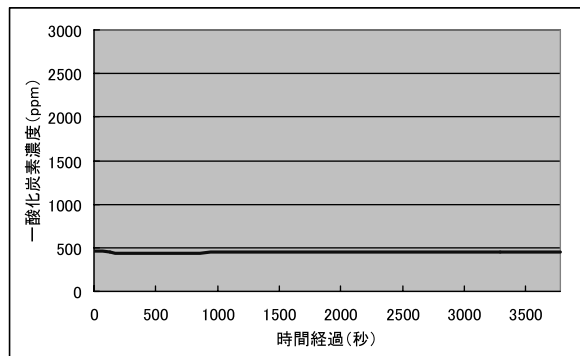


図7 触媒のCO除去性能結果(湿度80%)

触媒のみで、湿度が80%の場合はCO濃度が約 450ppm から約 490ppmまでの範囲であり、湿度30%の場合と比較しても、湿度の影響はほとんど受けずに3,780秒間に渡って、ほぼ安定していた。

カ ディスポマスク+触媒のCO除去性能

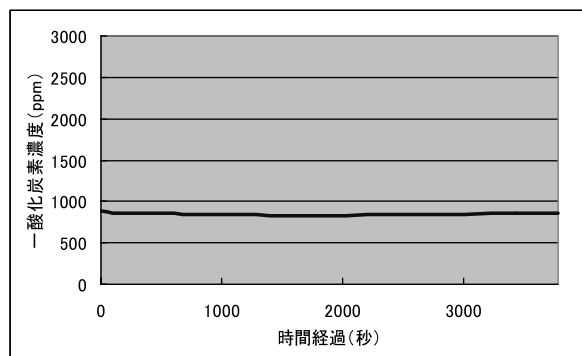


図6 ディスポマスク+触媒のCO除去性能結果(湿度30%)

ディスポマスクに触媒を取り付けた場合は、CO濃度が約 830ppm から約 900ppmまでの範囲であり3,780秒間に渡って、ほぼ安定していた。

イ フィルターA+触媒のCO除去性能

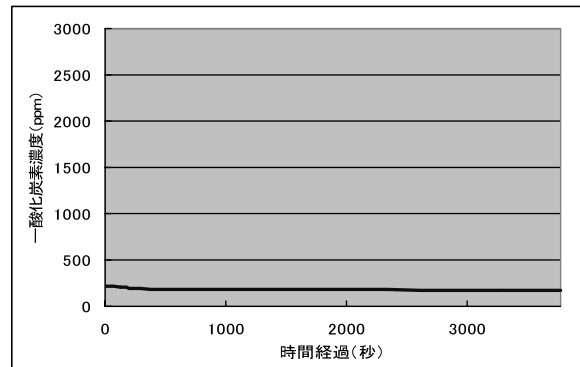


図8 フィルターA+触媒のCO除去性能結果(湿度80%)

フィルターAに触媒を取り付け、湿度80%の場合はCO濃度が約 170ppm から約 220ppmまでの範囲であり、湿度30%の場合と比較しても湿度の影響はほとんど受けずに減少率が高く、3,780秒間に渡って、ほぼ安定していた。

ウ フィルターB+触媒のCO除去性能

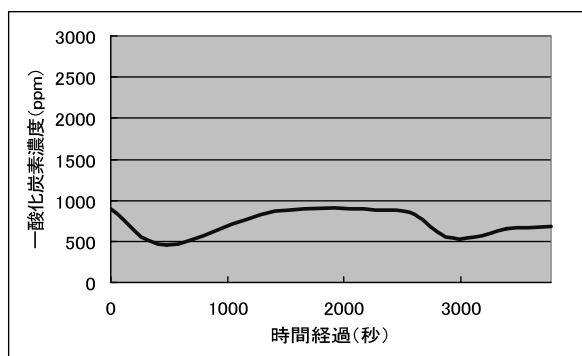


図 9 フィルターB+触媒のCO除去性能結果 (湿度 80%)

フィルターBに触媒を取り付け湿度80%の場合は、CO濃度が実験開始直後と1,500秒経過から2,500秒位までの間に約900ppmと高くなり、500秒経過付近と3,000秒経過付近に約500ppmと低くなり、時間経過に関係なくCO濃度が増減した。

この実験の3,780秒間のCO濃度平均値が約750ppmであり、実験1ウのフィルターBに触媒を取り付け、湿度30%の場合は3,780秒間の平均値が約900ppmであった。

湿度が80%の実験の中で、このフィルターBに触媒を取り付けた場合のみ、湿度が30%の場合と比較して、CO濃度減少率が高い結果(約16%)が得られた。

エ フィルターC+触媒のCO除去性能

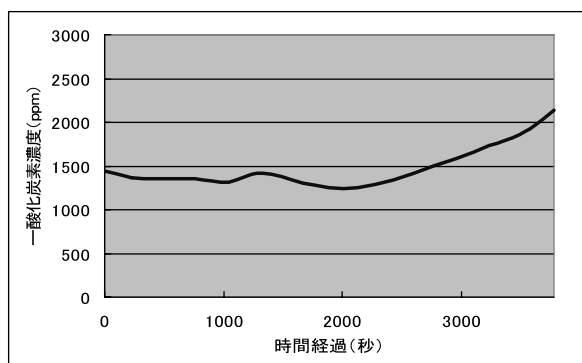


図 10 フィルターC+触媒のCO除去性能結果 (湿度 80%)

フィルターCに触媒を取り付け、湿度80%の場合はCO濃度が約1,500ppmから始まり、2,500秒過ぎまでは1,200ppmから1,500ppmの範囲であったが、2,800秒経過頃から1,500ppmを超え、3,780秒では約2,200ppm前後へ上昇した。

オ N95 微粒子マスク+触媒のCO除去性能

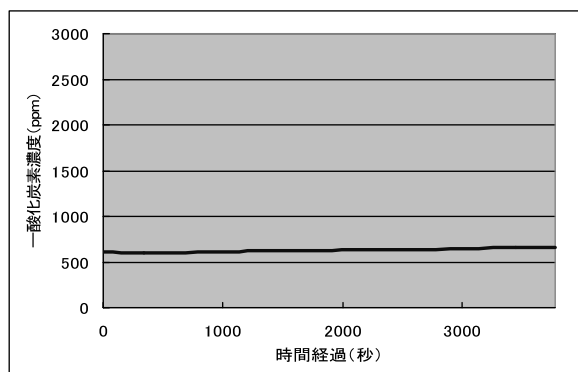


図 11 N95 微粒子マスク+触媒のCO除去性能結果 (湿度 80%)

N95 微粒子マスクに触媒を取り付け、湿度80%の場合はCO濃度が約560ppmから約670ppmの範囲であり3,780秒間に渡って、ほぼ安定していた。

カ ディスポマスク+触媒のCO除去性能

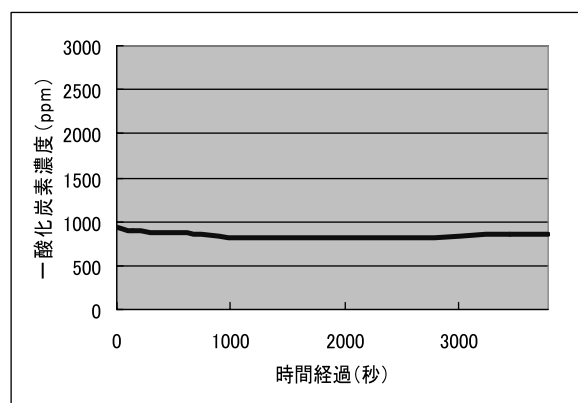


図 12 ディスポマスク+触媒のCO除去性能結果 (湿度 80%)

ディスポマスクに触媒を取り付け、湿度80%の場合はCO濃度が約810ppmか

ら約 940ppm の範囲であり 3,780 秒間に渡って、ほぼ安定していた。

であるにもかかわらず、CO 濃度減少率は N95 微粒子マスクより減少率が約 6% 高かった。

(3) 実験 3 (湿度 30%)

ア N95 微粒子マスクのみの CO 除去性能

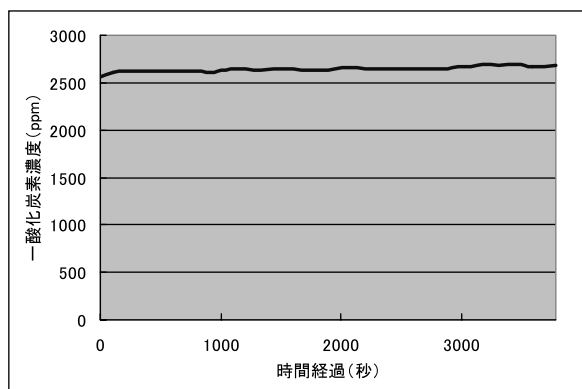


図 13 N95 微粒子マスクのみの CO 除去性能結果 (湿度 30%)

N95 微粒子マスクのみで、湿度 30% の場合は CO 濃度が約 2,560ppm から約 2,700ppm の範囲 (平均 2,645ppm) であり、CO 除去効果はほとんど得られなかった。

イ ディスポマスクのみの CO 除去性能

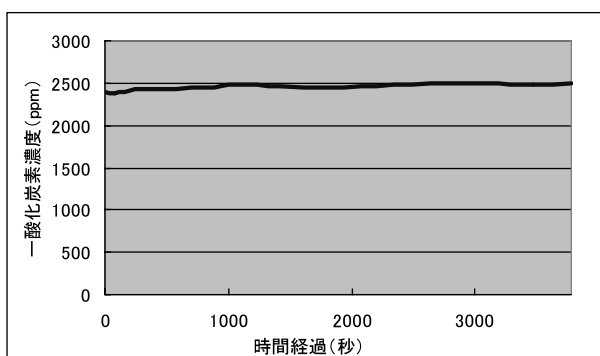


図 14 ディスポマスクのみの CO 除去性能結果 (湿度 30%)

ディスポマスクのみで、湿度 30% の場合は CO 濃度が約 2,380ppm から約 2,510ppm の範囲 (平均 2,468ppm) であり、CO 除去効果はほとんど得られなかった。

なお、このディスポマスクは実験 3 のアの N95 微粒子マスクよりかなり廉価

ウ フィルター A のみの CO 除去性能 (平成 18 年度実施)

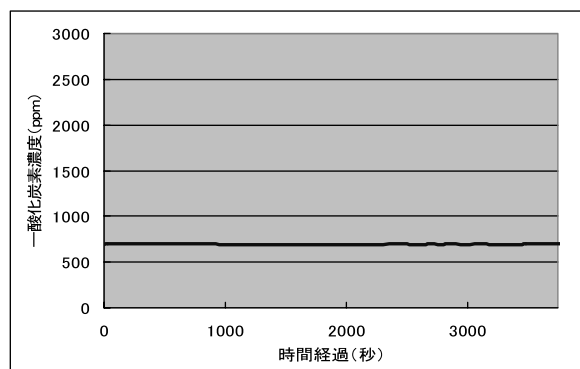


図 15 フィルター A のみの CO 除去性能結果 (湿度 30%)

これは、フィルター A のみで、湿度 30% の場合の平成 18 年度実施の実験結果で、CO 濃度がある程度安定してからの、実験開始後 450 秒から 4,330 秒までの間 (3,780 秒間) のデータである。

これを見ると、CO 濃度が約 690ppm から約 710ppm の範囲であり、ほぼ安定していた。

エ フィルター B のみの CO 除去性能 (平成 18 年度実施)

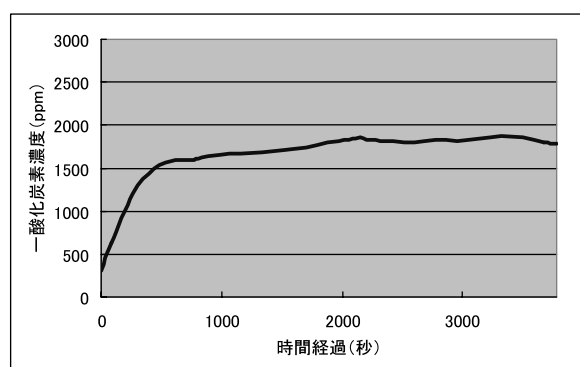


図 16 フィルター B のみの CO 除去性能結果 (湿度 30%)

これは、フィルターBのみで、湿度30%の場合の平成18年度実施の実験結果で、CO濃度がある程度安定してからの、実験開始後102秒から3,882秒までの間(3,780秒間)のデータである。

これを見ると、CO濃度が約320ppmから始まり、500秒経過後には1,500ppmを超え、その後は、さらに少しずつ上昇し、3,780秒では約1,900ppmへと増加していた。

オ フィルターCのみのCO除去性能(平成18年度実施)

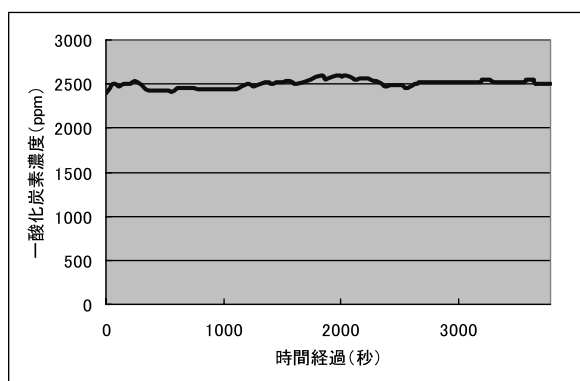


図17 フィルターCのみのCO除去性能結果(湿度30%)

これは、フィルターCのみで、湿度30%の場合の平成18年度実施の実験結果で、CO濃度がある程度安定してからの、実験開始後240秒から4,020秒までの間(3,780秒間)のデータである。

これを見ると、CO濃度は約2,400ppmから約2,600ppmの範囲であり、細かい増減が見られたが、CO除去効果はほとんど得られなかった。

(4) 実験4(湿度80%)

ア N95微粒子マスクのみのCO除去性能

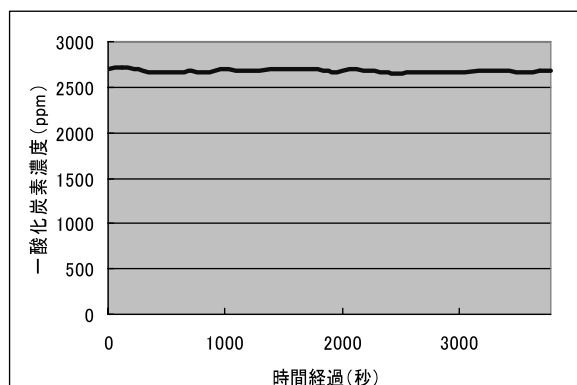


図18 N95微粒子マスクのみのCO除去性能結果(湿度80%)

N95微粒子マスクのみで、湿度80%の場合にはCO濃度が約2,650ppmから約2,720ppmの範囲であり、湿度30%と同様にCO除去効果はほとんど得られなかった。

イ ディスポマスクのみのCO除去性能



図19 ディスポマスクのみのCO除去性能結果(湿度80%)

ディスポマスクのみで、湿度80%の場合には、CO濃度が約2,400ppmから約2,500ppmの範囲であり、CO除去効果はほとんど得られなかった。

ウ フィルターAのみのCO除去性能（平成18年度実施）

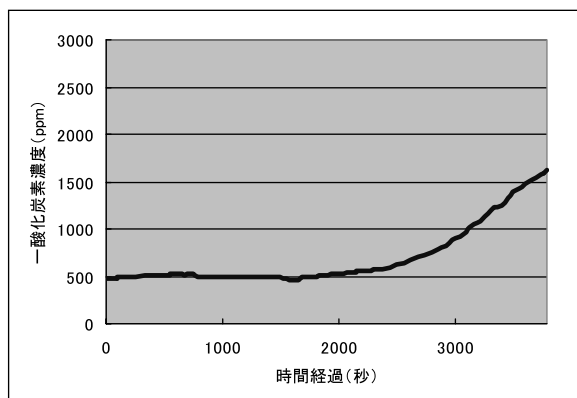


図 20 フィルターAのみのCO除去性能結果（湿度 80%）

これは、フィルターAのみで、湿度80%の場合の平成18年度実施の実験結果で、CO濃度がある程度安定してからの、実験開始後300秒から4,080秒までの間（3,780秒間）のデータである。

これを見ると、CO濃度は2,000秒位までは約500ppmで安定しているが、2,000秒を経過してから右上がりにCO濃度が上昇し、3,780秒では約1,600ppmになった。

エ フィルターBのみのCO除去性能（平成18年度実施）

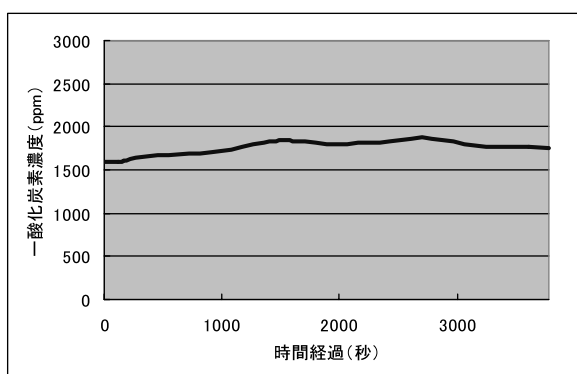


図 21 フィルターBのみのCO除去性能結果（湿度 80%）

これは、フィルターBのみで、湿度80%

の場合の平成18年度実施の実験結果で、CO濃度がある程度安定してからの、実験開始後720秒から4,500秒までの間（3,780秒間）のデータである。

これを見ると、CO濃度が約1,600ppmから約1,900ppmの範囲であり、3,780秒が経過してもほぼ同じような状況であった。

オ フィルターCのみのCO除去性能（平成18年度実施）

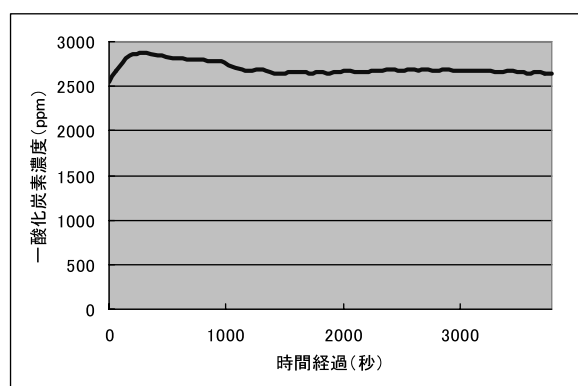


図 22 フィルターCのみのCO除去性能結果（湿度 80%）

フィルターCのみで、湿度80%の場合の平成18年度実施の実験結果で、CO濃度がある程度安定してからの、実験開始後290秒から4,070秒までの間（3,780秒間）のデータである。

これを見ると、CO濃度が約2,550ppmから約2,870ppmの範囲で増減しており、1,500秒経過後から3,780秒までは2,700ppm前後であった。

(5) 実験結果まとめ (平成 19 年度実験)

表 2 平成 19 年度実験結果まとめ

使用フィルター等	実験時間 (秒)	実験結果 (ppm)			
		湿度 30%		湿度 80%	
触媒のみ	3,780	440~460	平均 446	450~490	平均 479
触媒のみ	28,800	440~560	平均 488		
フィルターA+触媒	3,780	170~210	平均 175	170~220	平均 176
フィルターB+触媒	3,780	850~950	平均 900	500~900	平均 750
フィルターC+触媒	3,780	1,260~2,200	平均 1,560	1,300~2,200	平均 1,550
N95 微粒子マスクのみ	3,780	2,560~2,700	平均 2,645	2,660~2,720	平均 2,682
ディスポマスクのみ	3,780	2,380~2,510	平均 2,468	2,410~2,500	平均 2,456
N95 微粒子マスク+触媒	3,780	530~620	平均 586	560~670	平均 634
ディスポマスク+触媒	3,780	830~900	平均 845	810~940	平均 836

※ 実験結果の平均は、ひとつの測定値Aの測定時刻から次の測定値Bの測定時刻までの時間を測定値Aに乗じた値を全て合計し、得られた全体の合計値を各実験ごとの測定実施時間 (秒) で除して得られた 1 秒あたりの数値を、CO濃度の平均とした。

4 考察

実験 1 の湿度 30% の条件下で、触媒のみ単独の場合、約 8 時間と長時間の測定時間であっても CO 濃度は 5 時間経過位まで 500ppm 以下に減少することを継続できることが判明し、この触媒をフィルター A (平成 18 年度実験で CO 濃度減少効果が最も高かったフィルター) に取り付けた場合は CO 濃度が約 170ppm から約 210ppm までの範囲 (平均値 175ppm) に減少できることが確認できた。

また、フィルター B 及び C ともに、この触媒を取り付けた場合は CO 濃度減少が平成 18 年度実験結果よりかなり良い結果が得られたが、各フィルターとも平成 18 年度の実験結果通りの減少順位 (CO 濃度減少順位はフィルター A・B・C の順) であった。

さらに、簡易マスク 2 種類についても、触媒を取り付けることにより、いずれも CO 濃度が、1,000ppm 未満の結果が得られ、N95 微粒子マ

スクの方がディスポマスクより、CO 濃度減少に良い結果が得られた。

実験 2 は湿度 80% の条件下での実験であり、実験 1 の湿度 30% の条件下での測定結果と大きな違いは見られず、湿度が高い分、減少率がやや低い程度の違いであり、湿度 80% の条件下でもフィルター A に触媒を取り付けた場合、湿度 30% の場合と同様に、CO 濃度が最も減少する結果が得られた。

なお、湿度 80% の方が湿度 30% より CO 減少で好結果が得られたのは、フィルター B に触媒を取り付けた場合のみであった。

実験 3 は簡易マスク 2 種類の単独測定及びフィルター 3 種類単独 (フィルター 3 種類については平成 18 年度実験実施結果の再掲) 測定の湿度 30% の条件下での実験であり、簡易マスクについては廉価のディスポマスクの方が N95 微粒子マスクより CO 濃度がやや減少する結果が得られたが、簡易マスクいずれの場合も

CO濃度は2,400ppm以上であった。

実験4は実験3で使用した簡易マスク及び各フィルターの湿度80%条件下での実験であり、簡易マスクについては湿度30%の場合と比較しても大きな違いは見られなかった。

今年度の実験結果では湿度が30%と80%の違う条件の場合でも、CO濃度減少についての変化はほとんど見られなかった。

5 まとめ

今年度は既製品のフィルター3種類及び簡易マスク2種類にCO濃度減少に有効とされる触媒を取り付けて実験を行った。

CO濃度減少が最も好結果だったのが、平成18年度実験の中で最もCO除去について好結果が得られたフィルターAであり、CO濃度は約170ppmから約210ppmまでの範囲であった。

他のフィルター及び簡易マスクについては、いずれも、この数値まで減少することはできなかった。

2年間に渡って、既製品フィルター及びCO濃度減少について触媒製造会社で有効とされる触媒を使用して各種実験を行った結果、既製品フィルターに、この触媒を取り付けた場合、火災現場での鎮火後に発生している3,000ppmのCO濃度を約170ppmから約210ppmまでの範囲で減少することが確認できた。

しかしながら、加熱せずに常温下の条件でCOの安全作業基準濃度である50ppm未満まで、3,000ppmのCO濃度を減少させることは、先端技術の触媒やフィルターをもっても、現時点では困難であることがわかった。

有酸素能力・無酸素能力に関する実験

札幌市消防科学研究所 中住 斉
高橋 渉
菅原 法之
北海道大学 名誉教授 須田 力

1 はじめに

消防職員が消防活動において十分に能力を発揮するためには、基礎的な体力と消防活動特有の専門的な体力が求められ、出動から現場到着まで、そして現場到着時の初動活動における極めて高い緊張状態の中で最大の活動能力が要求される。そのために最も重要な体力要素は、有酸素能力・無酸素能力とともに筋力・筋持久力であると考えられる。

本実験では、基礎体力要素としての有酸素能力・無酸素能力と、消防活動という特殊性の中で発揮されるエネルギー系との関係について、積雪環境という地域性を考慮して実験を行った。

2 概要

「有酸素能力・無酸素能力に関する実験」では、持久性体力に関する検証を目的として、体力測定と最大酸素摂取量の測定のほか、火災出動時の服装に 300 型空気呼吸器を着装しての歩行や階段上り、消防活動モデル実施時の呼吸循環機能、代謝機能を測定した。

実施期間

平成 19 年 2 月 19 日 (月) ～3 月 19 日 (月)

場 所

札幌市消防局 消防学校 訓練所

(屋内訓練場、屋外訓練場、訓練本塔)

実験協力者

勤務	年 齢 代 別				合計
	20～ 29 歳	30～ 39 歳	40～ 49 歳	50 歳 ～	
日 勤		1	5		6
水槽隊	3	1	4	3	11
救助隊	6	4	1		11
合 計	9	6	10	3	28

インフォームド・コンセント

実験前に、実験協力者に対し研究の目的と実験内容の説明を行い、各協力者からインフォームド・コンセントを得た。

測定機器等

測定機器	型式等	測定指標
自転車エルゴメーター	エアロバイク 75XL II および エアロバイク 420	運動負荷
呼吸代謝計測装置	K4b2 および VO2000	酸素摂取量
デジタル自動血圧計	HEM-650 手首式	血 圧
乳酸測定器	ラクテート・プロ LT-1710	乳 酸
体脂肪計	BM100	体脂肪
自覚的運動強度判定表		自覚的運動強度
ストップウォッチ		所要時間

※ 呼吸代謝計測システムによる呼吸代謝量の測定は、プレスバイプレス方式（ひと呼吸毎）で計測されることから、この報告書で取り扱う測定値については、特に指定のない限り 30 秒間で平均化したものを使用している。

3 実験内容

(1) 体力測定

新体力テスト実施要領（20歳～64歳対象）〔文部科学省〕に基づき、基礎的な体力を測定するため、新体力テスト6種目のうち次の5種目を実施した。

- ・握力
- ・上体起こし
- ・長座体前屈
- ・反復横とび
- ・立ち幅とび

20mシャトルランについては、自転車エルゴメーターを用い呼気代謝計測装置により最大酸素摂取量を直接測定することから省略した。

体力測定協力者

勤務	年齢代別				合計
	20～29歳	30～39歳	40～49歳	50歳～	
日勤		1	5		6
水槽隊	3	1	4	3	11
救助隊	5	4	1		10
合計	8	6	10	3	27

(2) 最大酸素摂取量の測定

自転車エルゴメーターを用い、呼気代謝計測装置により最大酸素摂取量を直接測定した。

自転車エルゴメーターによる負荷方法

ステージ	負荷 (W)	時間 (分)	備考
1 安静		1	
2 ステップ	50	1	回転数 50～60 rpm
3 ランプ	300	15	20W/分で漸増
4 クールダウン		10	
終了時	350	27	

測定した指標

指標	
血圧、心拍数	負荷試験開始前、負荷試験終了後
乳酸値	負荷試験開始前、負荷試験終了後
呼気代謝量、心拍数	安静時～負荷試験～クールダウンの間
自覚的運動強度	負荷試験終了直後

最大酸素摂取量の測定協力者

勤務	年齢代別				合計
	20～29歳	30～39歳	40～49歳	50歳～	
日勤		1	5		6
水槽隊	3	1	4	3	11
救助隊	6	3	1		10
合計	9	5	10	3	27

(3) 基本的動作の呼気代謝量の測定

雪上歩行や階段昇り等の基本的な行動時に使われる体力を分析するため、火災出動時の服装に300型空気呼吸器を着装（装備重量約20kg）して、呼気代謝量等の測定を行った。

歩行時の酸素摂取量の測定は、積雪の有無による違いについても測定を行った。

基本的動作

ステージ	時間 (分)	備考
1 安静	1	
2 装備無雪路面歩行	6	屋外（アスファルト）または屋内
3 装備積雪路面歩行	6	屋外（積雪5～10cm）
4 階段昇り（10階）	2	訓練本塔
5 クールダウン	10	
終了時	25	

※ 歩行用コースは、一周60mの矩形コース（短辺10m、長辺20m）とした。

※ 歩行速度は各自の平常時の歩行速度、階段昇りの速度については各自の最大努力下で登坂するよう被験者へ説明し実施した。

測定した指標

指 標	
血圧、心拍数	安静時、各行動終了時
乳酸値	安静時、各行動終了時
呼気代謝量、心拍数	安静時～行動～クールダウンの間
自覚的運動強度	各行動終了1分前（階段昇りについては終了直後）

基本動作の測定協力者

勤務	年 齢 代 別				合 計
	20～ 29 歳	30～ 39 歳	40～ 49 歳	50 歳 ～	
日 勤			1		1
水槽隊	2	1	2		5
救助隊	5	2	1		8
合 計	7	3	4		14

(4) 消防活動モデルの呼気代謝量の測定

消防活動に求められる体力を分析するため、火災出動時の服装に300型空気呼吸器を着装（装備重量約20kg）して消防活動モデル（表1）によるテストを実施し、呼気代謝量等の測定を行った。

表1 消防活動モデル

活動順	活動項目	活 動 内 容
1	安静（1分）	スタート地点
2	折りたたみホース搬送	スタート地点（屋内訓練場前）から訓練本塔までの50m 65mmホース×2本（約20kg）を折りたたんで固定（ホースの延長はしない）
3	資機材搬送（1回目）	訓練本塔1階入口にあるホースバック（11kg）を3階の階段室（ドア前）まで搬送
4	検索救出	開放状態のドアから室内に侵入 床を這う姿勢で室内を進み（U字で約10m）、ダミーを検索 ダミー（40kg）を3階階段室（ドア前）まで低い姿勢で引きずり救出
5	移動	1階入り口へ降りる
6	資機材搬送（2回目）	訓練本塔1階入り口の指定場所にある資機材（ポリタンク11kg）を3階の階段室（ドア前）まで搬送
7	クールダウン（10分間）	回復時の呼気代謝を継続して計測

※ 各自の最大努力下で実施するよう研究協力者へ説明し実施した。

※ 訓練本塔（地上10階建）を使用し、通過するドアはすべて開放状態とした。

※ 火災出動時の服装に、300型空気呼吸器を着装した。装備重量約20kgであった。

※ K4システムを装着し呼気代謝を計測するため、空気呼吸器の面体は装着しなかった。

測定した指標

指 標	
血圧、心拍数	安静時、活動モデル終了後
乳酸値	訓練開始準備前 活動モデル終了後、7分後
呼気代謝量、心拍数	安静時～訓練実施中～クールダウンの間
自覚的運動強度	活動モデル終了直後

消防活動モデルの測定協力者

勤務	年 齢 代 別				合 計
	20～ 29 歳	30～ 39 歳	40～ 49 歳	50 歳 ～	
日 勤			1		1
水槽隊	3	1	2		6
救助隊	4	2	1		7
合 計	7	3	4		14

4 実験結果

(1) 最大酸素摂取量の測定

最大酸素摂取量は、自転車エルゴメーターを用い呼気代謝計測装置で直接測定した。

この方法は、トレッドミル法に比べて安全ではあるが心肺系よりも脚に早く疲労が現れテスト中に用いられる筋群が少ないため、得られた最大酸素摂取量がトレッドミル法に比べて低めになる傾向がある。また、研究協力者が自転車エルゴメーターによる測定方法に不慣れであったり、運動強度が最大負荷に達しない場合に測定結果が低くなることから、自覚的運動強度や心拍数を参考として分析・検討をおこなった。

研究協力者は男性消防職員 27 名で、平均年齢は 37.9 歳であった。



写真 1 心肺運動負荷試験による最大酸素摂取量の測定

負荷方法は、自転車エルゴメーター上で座位姿勢 1 分間の安静を保った後、負荷強度 50 W で回転数 50~60 回転/分を 1 分間維持した

後、20W/分ずつ負荷強度が増加する漸増負荷法を用いた。

研究協力者 27 名の平均値は、38.2ml/kg/分 (10.9 METs) であった。年代別の平均値は、20 歳代 (9 名) が 43.4ml/kg/分、30 歳代 (5 名) が 36.6ml/kg/分、40 歳代 (10 名) が 34.4ml/kg/分と加齢とともに低下する傾向があった。

20m シャトルランを実施したことがある 4 名の者について、20m シャトルランの折り返し回数から推定される最大酸素摂取量と比較したところ、本測定による値より高かった者が 3 名いることから、20m シャトルランや 12 分間走から推定される値も参考にする必要があると思われる。

表 2 は、本測定において最大酸素摂取量が基準値以下の群と基準値以上の群を比較したもので、「基準値以下の群」の最大酸素摂取量は 30.6ml/kg/分、「基準値以上の群」は 45.3ml/kg/分であった。年齢は前者が 41.5 歳、後者が 34.6 歳と前者が 7 年高齢であるが、この差は有意な差ではなく基準値も年齢が上ると低くなることから、年齢が要因であるとはいえない。

最大酸素摂取量が基準値に達しない群の BMI の平均値は、基準値以上の群に比べて有意に高く、体重過多による体力低下の影響が考えられる。

表 2 最大酸素摂取量が基準値以下の群と基準値以上の群の比較 (平均値±標準偏差)

	N	年齢 (歳)	BMI (kg/m ²)	最大酸素摂取量 (ml/kg/分)
基準値以下の群	13	41.5±9.8	26.0±3.6 **	30.6±4.3
基準値以上の群	14	34.6±11.2	22.6±1.4	45.3±5.9 **

** : p < 0.01

表2において、基準値以下の群の最大酸素摂取量の平均値が 30.6ml/kg/分と低いのは、自転車エルゴメーターによる測定という運動様式を考慮する必要がある。

近年、国内外の数多くの研究からメタボリックシンドロームによる死亡リスクを高める要因として運動不足と低体力が指摘され、心疾患、がん、糖尿病、脳溢血などのリスクを低減させるために、一定量以上の運動と最大酸素摂取量を高める必要性が明らかにされている。わが国においても、1989年の「健康づくりのための運動所要量」に代わって厚生労働省から2006年「健康づくりのための運動基準2006」(エクササイズガイド2006)により、メタボリックシンドローム予防のための運動量および性別、年齢代別に健康づくりのため

の最大酸素摂取量の新たな基準値が公表されている。

(2) 装備階段上りおよび消防活動モデルの所要時間

装備階段上りおよび消防活動モデルの所要時間の測定では、火災出動時の服装に300型空気呼吸器を着装(装備重量約20kg)して、階段上り(写真2、訓練塔10階建168階段、段高0.19m)と消防活動モデル(写真3、表1)を行い、呼気代謝計測装置による呼気代謝量の直接測定と所要時間を計測した。

なお、ペースは、各自の最大努力下で行うよう研究協力者へ説明し実施した。

研究協力者は14名で、平均年齢は32.9歳であった。



写真2 階段上り



写真3 消防活動モデル (ホース搬送→資機材搬送→検索・救助)

装備をして訓練塔10階までの階段上り所要時間の年代別平均は、20歳代が82秒、30歳代が93秒、40歳代が103秒であり、それぞれ約10秒の差がみられ、加齢とともに所要時間が長くなる傾向があった。

消防活動モデルの所要時間の年代別平均についても、20歳代が107秒、30歳代が121秒、40歳代が129秒であり、20歳代と30歳

代で14秒の差、30歳代と40歳代で8秒の差がみられ、加齢とともに所要時間が長くなる傾向があった。

装備をした階段上りおよび消防活動モデルでは、有酸素能力とともに無酸素能力が総動員されるが、有酸素能力と無酸素能力は、いずれも加齢により低下する。これは、有酸素能力の動員源である遅筋線維よりも無酸素

能力の動員源である速筋線維が加齢により萎縮しやすいため、無酸素能力は有酸素能力

以上に年齢による低下の傾向が顕著であることが要因といえる。

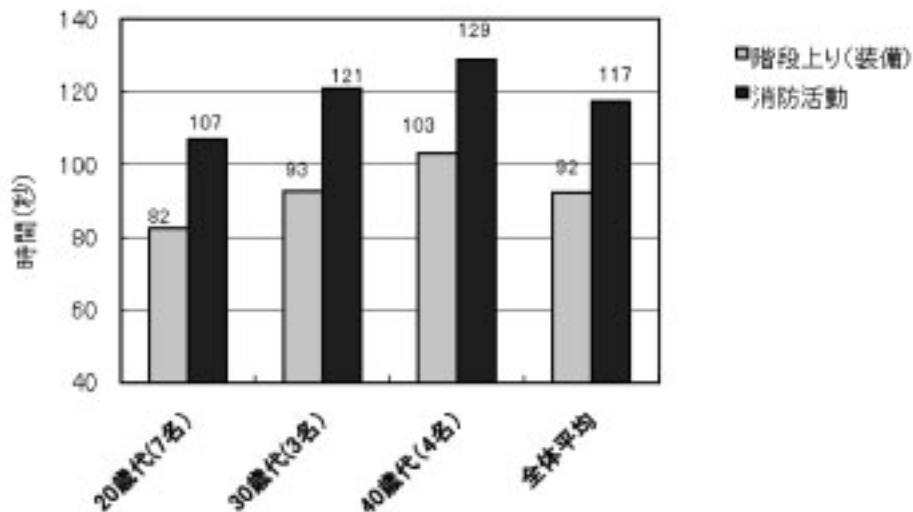


図1 階段上り(装備)と消防活動モデルの所要時間(年代別平均の比較)
装備: 火災出動時の服装に、300型空気呼吸器を装着(装備重量約20kg)

(3) 装備階段上りにおける無酸素能力

火災出動時の服装に300型空気呼吸器を装着(装備重量約20kg)しての階段上り(訓練塔10階建168階段、段高0.19m)に要した時間から、アメリカスポーツ医学会(ACSM)の計算式により酸素需要量を推定すると、14名の推定値の平均値は、70.0ml/kg/分(19.3 METs)となった。

14名の最大酸素摂取量の平均値は41.1ml/kg/分(11.7 METs)であり、最大酸素摂取量の1.71倍の超最大運動(supramaximal work)、すなわち有酸素性エネルギーだけではまかなえきれず無酸素性エネルギーも動員される活動であることが明らかとなった。

ランニングに換算すると、12分間走の走速度188m/分で走れる人が333m/分のダッシュを2分近く続ける激しい活動に相当する。ただし、14名の最大酸素摂取量は自転車エル

ゴメーターにより測定していることから、トレッドミルを使用したランニングよりも低めの酸素摂取量になることを勧告する必要がある。

カナダの消防隊員たちの消防活動時の生理的負担度を測定したGledhill & Jamnik(1992)も、血中乳酸値は6~13.2mmol/lと有酸素レベルを越える値が記録され、無酸素性エネルギーが相当な割合で動員されたと報告している。

装備をした状況では呼吸循環機能の効率が低下することを考慮すると、酸素供給が制限された状態で無酸素能力を発揮しなければならない消防活動では、その能力の重要性がクローズアップされる。

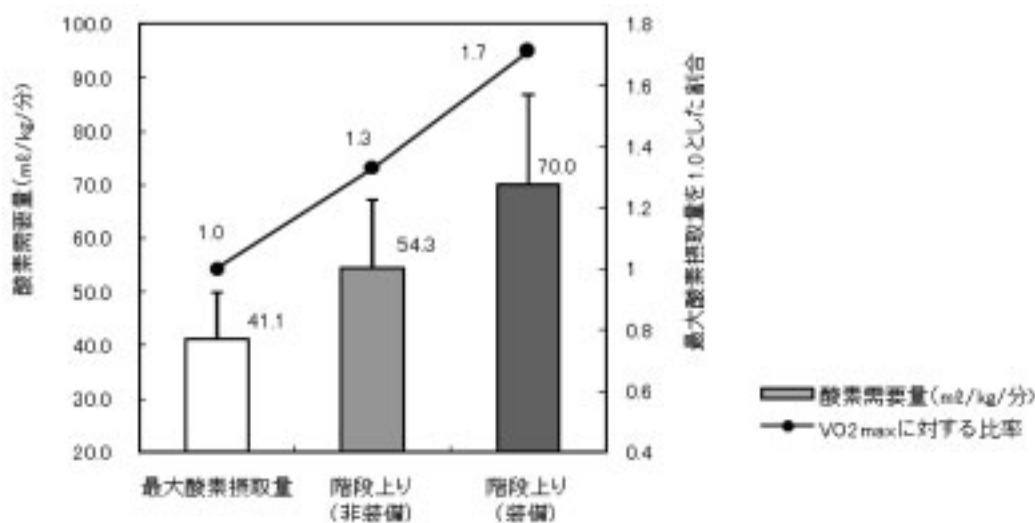


図2 階段上りの酸素需要量 (M±SD)
 装 備：火災出動時の服装に、300型空気呼吸器を着装 (装備重量約20kg)
 非装備：活動着、現場用長靴

スポーツや消防活動における身体活動において筋活動のエネルギー源はアデノシン三リン酸 (ATP) の分解と分解されて失った ATP を速やかに再合成するためのエネルギー機構によって支えられている。

このエネルギー産生機構は、大きく「無酸素性機構」と「有酸素性機構」に大別される。「無酸素性機構」には、陸上競技のスプリントのように短時間で爆発的に大きなエネルギーを発揮する「非乳酸性機構 (ATP-CP系)」と、中距離種目のように運動に必要なエネルギーをグリコーゲン (グルコース) がピルビン酸を経由して乳酸にまで分解する時に生ずるエネルギー機構である「乳酸性 (解糖系) 機構」がある。「有酸素性機構」は、運動に必要なエネルギーを有酸素性代謝によって長時間の運動を持続させるために必要な場面で働く。

消防活動においては、一瞬の遅速が被災者

の生死を決定する場面や、大規模災害時にように長時間にわたり激しい消火、救出活動が要求される場面があり、これら3つのエネルギー産生機構のいずれも重要であると思われる。

(4) 最大酸素摂取量と装備階段上り・消防活動モデル所要時間の関係

自転車エルゴメーターを用いた最大酸素摂取量の測定では有酸素能力が、火災出動時の装備をしての階段上りと消防活動モデルでは無酸素能力が発揮されており、最大酸素摂取量と装備階段上り・消防活動モデルにおける所要時間の間にはいずれも有意な相関が見られる。

最大酸素摂取量と装備階段上り所要時間との間には、図3に示すように-0.779と負の有意な相関 ($p < 0.001$)、最大酸素摂取量と消防活動モデル所要時間との間には、図4

に示すように -0.645 と負の有意な相関 ($p < 0.05$) がみられた。

さらには、階段上りの所要時間と消防活動

モデルの所要時間との間には、ピアソンの検定で相関係数 0.830 と有意な正の相関 ($p < 0.01$) がみられた。

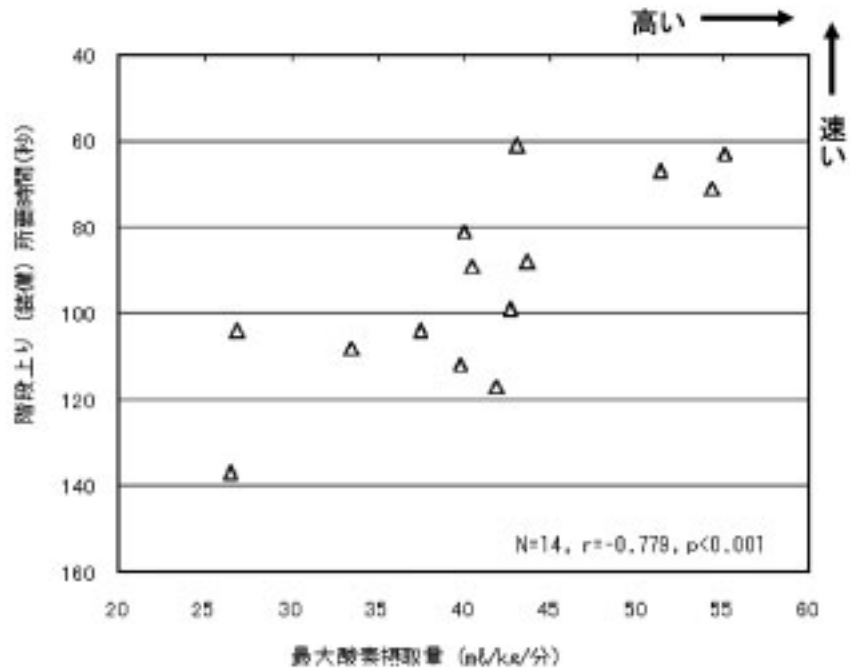


図3 最大酸素摂取量と階段上り（装備）所要時間の関係

装備：火災出動時の服装に、300型空気呼吸器を着装（装備重量約20kg）

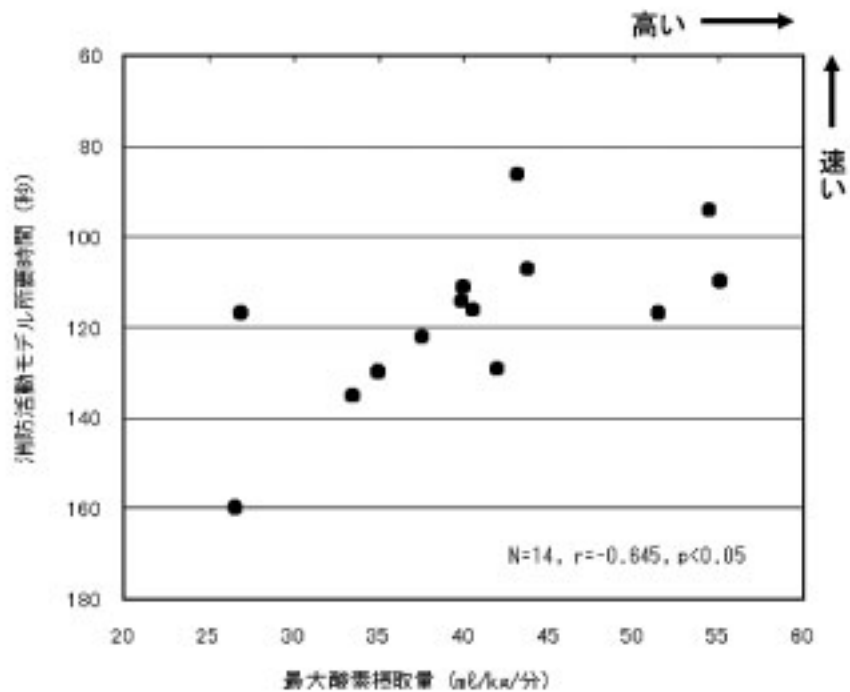


図4 最大酸素摂取量と消防活動モデル所要時間の関係

装備：火災出動時の服装に、300型空気呼吸器を着装（装備重量約20kg）

アメリカの消防隊員について本研究と同様の実験を行なった Sothmann たち(1991)も、被験者達が各自の強度で実施し、活動強度の平均は最大酸素摂取量の73%であったが、最大酸素摂取量の相対値と消防活動モデルの時間との間に負の相関があり、体力が優れている者ほど、活動を早く遂行できることを認めている。

これらのことから、階段上りや消防活動モデルのような無酸素能力が発揮される場面においても、最大酸素摂取量が高い者は、活動に要する時間が短い傾向にあることが認められ、最大酸素摂取量は消防活動で要求される体力要素として重要な要素であることが裏付

けされた。

(5) 消防活動時の心拍数、酸素摂取量、血中乳酸値等

研究協力者13名について、火災出動時の服装に300型空気呼吸器を装着して、階段上りと消防活動モデルのほか、無雪路面と積雪路面の歩行時についても呼気代謝量を測定した。

図5から7では、それぞれの活動時の心拍数、酸素摂取量、活動終了直後の血中乳酸値の平均値を比較した。また、それぞれの活動時の強度及び最大酸素摂取量に対する割合を図8で比較した。

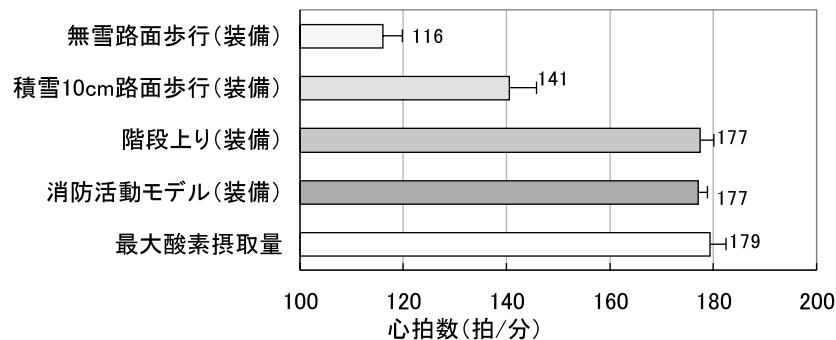


図5 活動時の心拍数 (13名の平均値及び標準誤差)
 装備：火災出動時の服装に、300型空気呼吸器を装着 (装備重量約20kg)

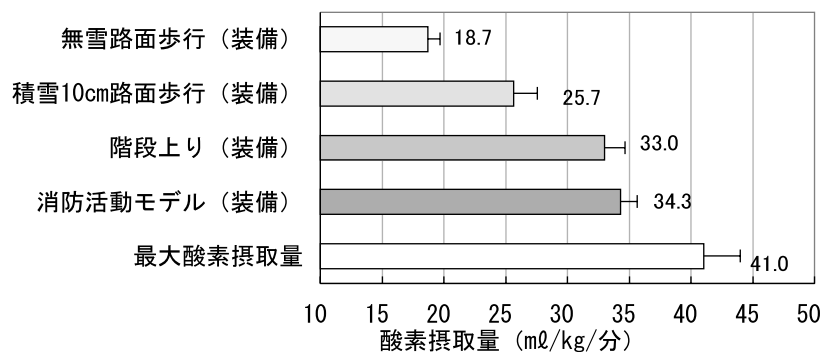


図6 活動時の酸素摂取量 (13名の平均値及び標準誤差)
 装備：火災出動時の服装に、300型空気呼吸器を装着 (装備重量約20kg)

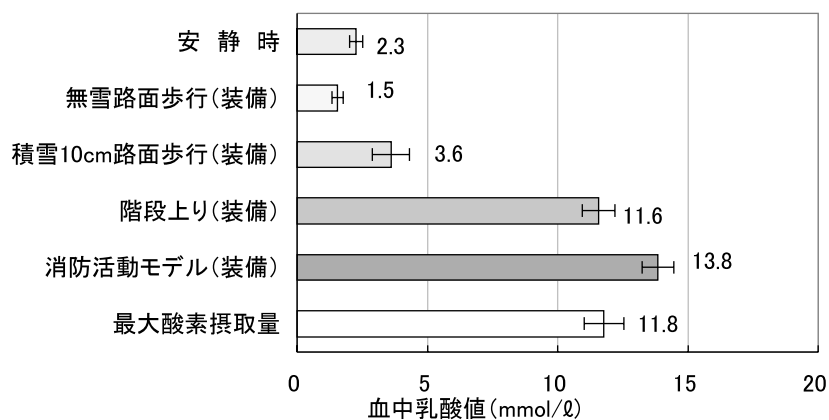


図7 活動直後の血中乳酸値（13名の平均値及び標準誤差）
 装備：火災出動時の服装に、300型空気呼吸器を着装（装備重量約20kg）

酸素摂取量（図6）では、装備をしての階段上りと消防活動モデルは最大酸素摂取量の80～84%程度の強度であるが、血中乳酸値（図7）については階段上りで最大酸素摂取量測定時とほぼ同じレベル、消防活動モデルでは著しい上昇がみられた。

本研究における階段昇り、消防活動モデルの酸素摂取量の平均値は、それぞれ33および34ml/kg/分であった。欧米における研究と比較すると、消防活動モデルの活動内容、活動時間、空気呼吸器着装の有無、環境温などの違いがあり生理的負担度に差が生じるため、

一概に比較できないが、Sothmann たち（1991）による、本研究とほぼ同じ年齢、最大酸素摂取量レベル（トレッドミル法）の消防隊員20名を被験者として実施した9分間の消防活動モデルにおいては、心拍数が176拍/分、酸素摂取量は31ml/kg/分で最大酸素摂取量の76%であった。本研究における強度がやや高かったのは活動時間が短かったためと考えられる。

このことから、消防活動モデルでは、無酸素性能力がほぼ極限レベルまで要求される活動であることがわかる。

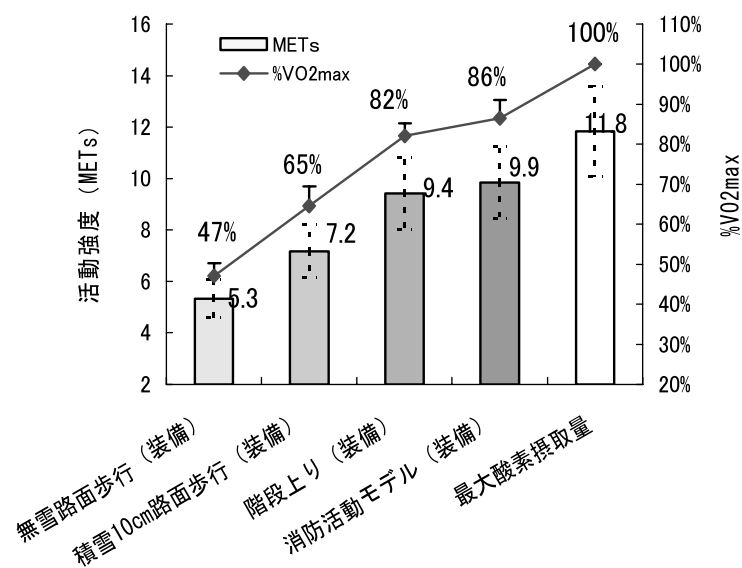


図8 活動強度と最大酸素摂取量に対する割合 (13名の平均値及び標準誤差)
 装備：火災出動時の服装に、300型空気呼吸器を着装 (装備重量約20kg)

装備をしての歩行は、無雪路面では非装備での歩行とほぼ同じレベルである。積雪路面では上昇しているが、血中乳酸値は4mmol/lを超えておらず有酸素能力で活動していることがわかる。

有酸素性エネルギー代謝は、活動開始と同時に高い水準になるわけではなく、最大値に達するまで最低3分以上を要する。本実験における装備をしての階段上り及び消防活動モデルでは、最大酸素摂取量を越える強度であっても、その所要時間が1分30秒～2分30秒程度であるため、酸素摂取量が最大に達する前に活動が終了する。したがって、エネルギー代謝の多くは無酸素能力に依存するため多量の乳酸が発生し、不足した酸素(酸素負債)を活動終了後に償還するため、激しい呼吸が持続することとなる。この不足した酸素を速やかに償還するためにも、有酸素能力が優れていることが望まれる。

本実験では、実際の火災現場で遭遇する煙

の充満、炎暑暴露、心理的ストレスなどの条件設定がない状況であり、欧米における他の研究に比べて活動時間が短かったことから、より厳しい条件における検証も必要と思われる。

(6) 積雪環境による作業負担度の増加

当市のような積雪寒冷地における消防活動では、凍結路面でのバランス確保や深雪の中での職務遂行が要求されることから、装備をした条件での歩行について、無雪条件と積雪条件での生理的負担度の測定を行なった。

火災出動時の服装に300型空気呼吸器を装着した条件での心拍数の平均値(図5)は、無雪路面での歩行が116拍/分であるのに対して、積雪10cmの路面では141拍/分と25拍/分上昇している。

酸素摂取量(図6)は約7.0ml/kg/分増加し、血中乳酸値(図7)は2.1mmol/l増加した。

これらの結果から、積雪期における消火活動は屋外での移動や資機材搬送などで活動負担度が増加することが予想され、積雪地の消防職員は無雪地の消防職員以上に高い有酸素能力を備えておくことが望まれる。また、凍結路面、深雪などの悪条件で安全に職務を遂行するためには、バランス能力も重要であると考えられる。

(7) 消防活動時の呼吸循環機能の特徴

図9は、研究協力者11名による、装備をしての階段上り、消防活動モデル時の呼吸循環応答を、自転車エルゴメーターを用いた漸増負荷法により最大酸素摂取量を直接測定したときの換気効率(VE/VO₂)と比較したものである。

自転車エルゴメーターの運動では1ℓ/分の酸素を取り入れるために約35ℓ/分の呼吸量であったのが、装備をしての階段上りでは約42ℓ/分、消防活動モデル時では44ℓ/分の呼吸量を要していることがわかる。心臓が一

回の拍動で送り出すことのできる血液の量を間接的に表わす指標である酸素脈(oxygen pulse、=酸素摂取量÷心拍数)も低く、装備をしての階段上りと消防活動モデル時では呼吸循環機能の効率が低いことが分かる。

心拍数については、図5から階段上り(装備)時177拍/分、消防活動モデル時177拍/分、最大酸素摂取量測定時で179拍/分と3種類の活動の間で有意な差は認められず、運動直後の血液中乳酸値については、図7から階段上り時11.6mmol/ℓ、消防活動モデル時13.8mmol/ℓ、最大酸素摂取量測定時で11.8mmol/ℓと、いずれの活動も全力で無酸素エネルギーが動員された最大努力の運動といえる。

酸素摂取量については、図6から階段上り(装備)時33.0ml/kg/分、消防活動モデル時34.3ml/kg/分で、最大酸素摂取量測定時の41.0ml/kg/分と比べ低い値となっている。

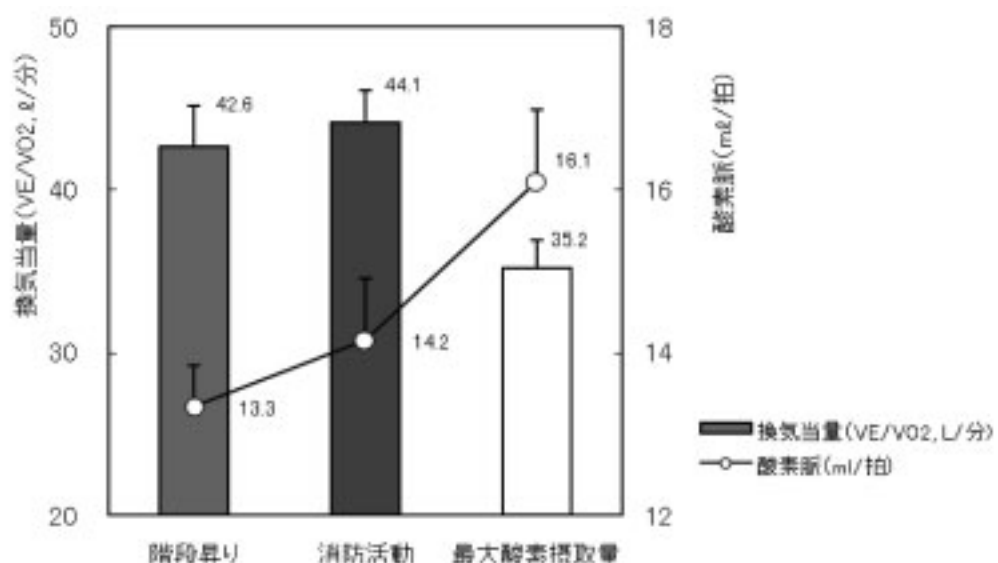


図9 階段上り、消防活動モデル、最大酸素摂取量測定時の換気当量と酸素脈

階段上り	: 火災出動時の服装に、300 型空気呼吸器を着装(装備重量約 20kg)し、10 階まで
消防活動モデル	: 火災出動時の服装に、300 型空気呼吸器を着装(装備重量約 20kg)し、ホース搬送(駆け足)、資材搬送(階段上り)、検索・救出、資材搬送(階段下り・上り)
最大酸素摂取量	: 自転車エルゴメーターによる漸増負荷法の最大値
換気当量	: 酸素 1 l を摂取するために要した換気量 呼吸効率の指標であり、少ない方が呼吸の効率が良い。
酸素脈	: 酸素摂取量を心拍数で割った値 「一回拍出量」(心臓が一回の拍動で送り出す血液の量)を間接的に表わす。多いほど循環の効率が良い。

これらのことから、装備をしての階段上りと消防活動モデルでは最大努力の活動を行っても、酸素摂取量については最大酸素摂取量レベルに達しないことがわかる。

これは、装備をしての階段上りや消防活動モデルにおける呼吸循環機能の効率が、トレッドミルや自転車エルゴメーターなどによる運動よりも低下するため、原因としては装備による重量負荷と圧迫や前屈の活動姿勢があげられる。

すなわち、軽装で十分な呼吸が確保できるランニングや球技スポーツなどとは酸素摂取条件が異なり、消防活動には、重量負荷による呼吸筋群の活動抑制や前屈による胸郭の圧迫などの呼吸抑制に抗して酸素を摂取し、活動に必要な心拍出量を維持することができる体力が要求されると考えられる。

5 有酸素能力および無酸素能力の重要性

男性消防職員 27 名を被験者として、最大酸素摂取量の測定と装備をしての階段上りおよび一連の消防活動モデルにおける呼吸循環機能、代謝機能を測定した結果、心拍数はほぼ最大値に達し、酸素摂取量は 9 METs を越え、最大酸素摂取量の 85% と高い水準を示した。無装備、直立姿勢で呼吸機能が最大限の効率で働く最大酸素摂取量の測定に対し、消防活動時の酸素摂取量は、装備の重量や空気呼吸

器のハーネスによる締め付けによって呼吸のための筋活動が抑制されるとともに、胸郭が圧迫される前屈姿勢により換気能率が低下する。これにより、酸素摂取効率が低下することが、先行研究および本実験の結果からも確認されている。このように不利な条件下でも高い活動能力を発揮するためには、有酸素能力そのものに余裕が必要であるといえる。

本実験において、最大酸素摂取量が高い者ほど、階段上りが速く、消防活動モデルの所要時間が短いことが明らかとなった。また、これらの活動終了時の血中乳酸値を最大酸素摂取量測定時と比較すると高い値となったことから、無酸素能力が極限まで動員されると考えられる。

消防活動モデルでは、活動開始後 2～3 分間で最大のパフォーマンスが要求されることから、高いパフォーマンスを発揮するためには、有酸素能力とともに無酸素能力が重要な体力要素であることが明らかとなった。

6 有酸素性運動によるトレーニング効果の検証

平成 18 年度に実施した実験の結果、有酸素能力が重要であると結論づけられたことから、有酸素性運動によるトレーニングの効果を確認するため、40 歳代の被験者 3 名による検証を行った。

トレーニング方法については、開始から5ヶ月間は、速度、距離を特に定めず各自が継続できる速さでのランニングを実施し、心拍数と乳酸値を測定した。

6か月目には、心拍数を最高心拍数の約70%に維持してのランニングを実施した。

図10の酸素摂取量の値は、走行開始後12～13分後の平均速度から算定したものであり、ランニングのスピード・距離を各自の設定

で行っていることから、最大酸素摂取量は、この値を上回ることが推測される。

この結果から、最大酸素摂取量は加齢にともない逡減するが、40歳代以降の有酸素能力が比較的低い者であっても、適度なトレーニングによって短期間で改善されることが検証された。

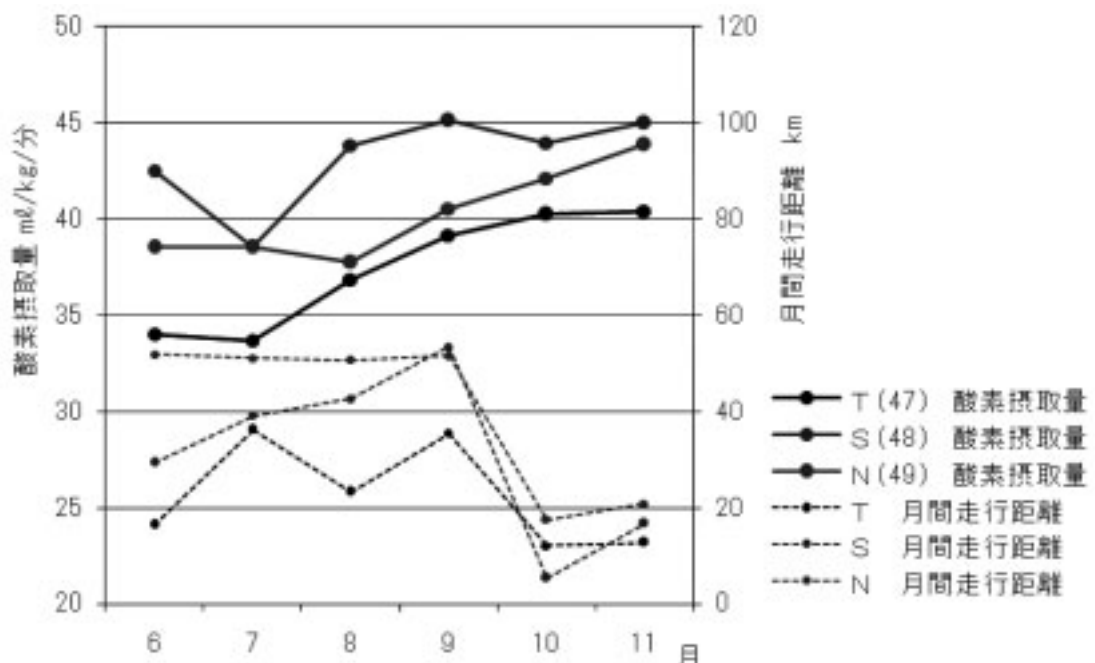


図10 有酸素性運動によるトレーニングと酸素摂取量

(1) 被験者T (47歳)は、トレーニング開始当初における酸素摂取量が34ml/kg/分であったが5か月目には40ml/kg/分を超えた。

また、生活習慣病検査の血液指標の結果は前年度と比較し改善していた。

(2) 被験者S (48歳)は、開始当初において年齢的には高い酸素摂取量であり、トレーニングにより緩やかな向上が認められた。

(3) 被験者N (49歳)は、開始当初において年

齢的にはやや高い酸素摂取量であり、2か月経過後から酸素摂取量が向上し、体重の低減が認められた。

また、生活習慣病検査における血液指標の結果は、Tと同様に前年度と比較し改善していた。

(4) 6か月目に行った、心拍数を最高心拍数の約70%に維持してのランニングでは、3名のランニング終了時の乳酸値は1.2～5.6mmol/l

0と、自由走行時（9～14mmol/l）に比較して低い値を示した。

また、自覚的運動強度（RPE）も低いことから、翌日に疲労が残りづらい運動強度であり、継続的なトレーニングが可能であると考えられる。

- (5) 10月から11月にかけて、屋外でのランニング環境の不利や執務等によって月間走行距離が減少すると、酸素摂取量の増加が頭打ちになる傾向が認められた。
- (6) 40歳代の職員でも、6ヶ月の適度な有酸素トレーニングにより酸素摂取量の推定値が平均約5ml向上した。

7 まとめ

基礎体力要素としての有酸素能力・無酸素能力と、消防活動という特殊性の中で発揮されるエネルギー系との関係について検討するため、心肺運動負荷試験による最大酸素摂取量の測定と、火災出動時の服装に300型空気呼吸器を着装しての階段上りや一連の消防活動モデルのほか、積雪環境における歩行時の呼吸循環機能と代謝機能について測定した結果、以下の点が明らかになった。

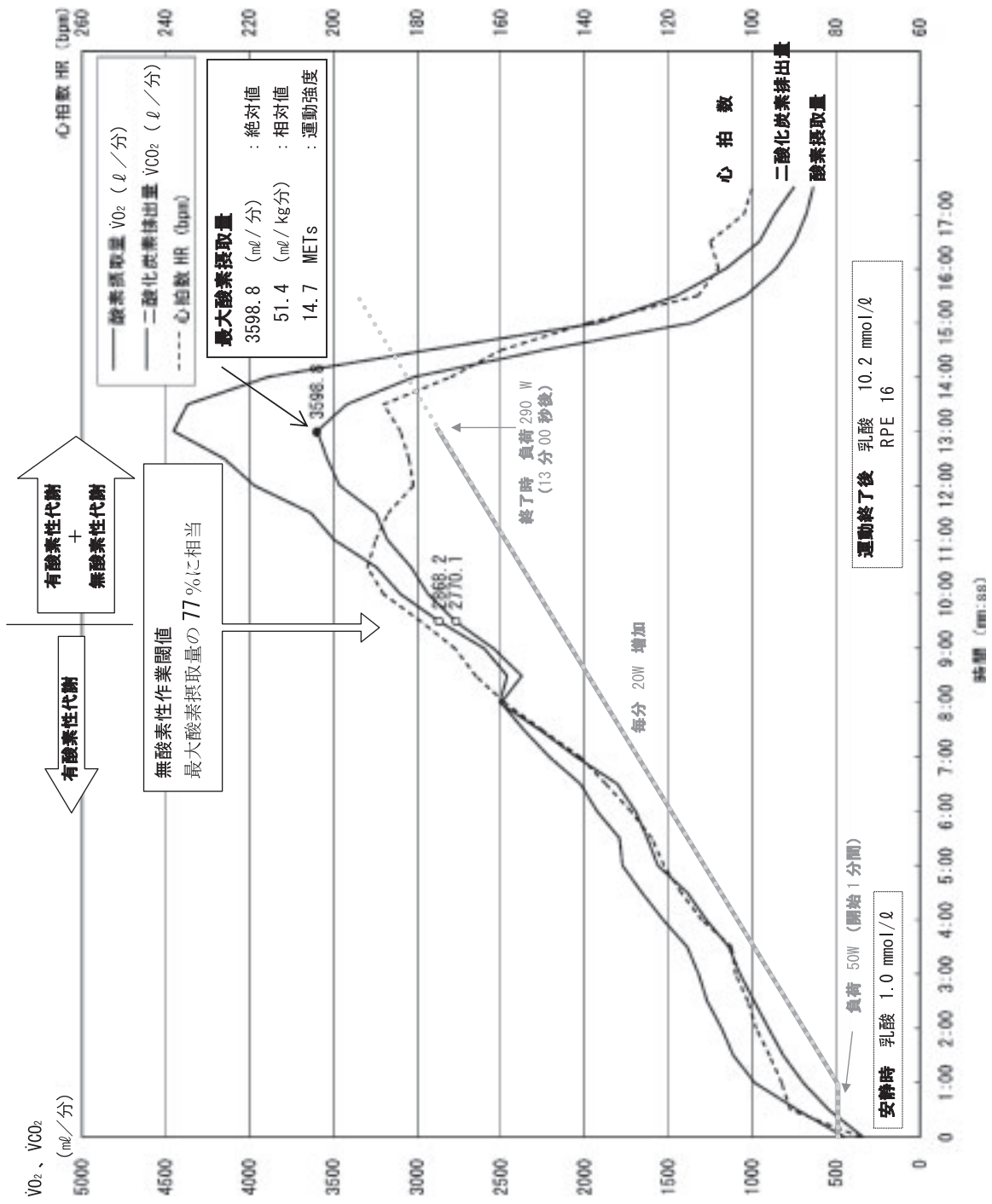
- (1) 男性消防職員27名を被験者として、最大酸素摂取量の測定を行うとともに、火災出動時の装備をしての階段上りと消防活動モデルにおける呼吸循環機能と代謝機能を測定した結果、装備をしての階段上りと消防活動モデル時の心拍数はほぼ最大値に達した。
また、装備をしての階段上りと消防活動モデル時の酸素摂取量の平均値は33ml/kg/分を越え、最大酸素摂取量の80%を超える高い水準を示した。
- (2) 一般的な最大酸素摂取量の測定は、呼吸機能が最大効率で働く状態で測定を行うが、火災出動時の装備をした状態では、装備の重量

や空気呼吸器のハーネスによる締め付けによって体幹の筋活動が抑制されるとともに、活動時の前屈姿勢で胸郭が圧迫されることによって、換気能率が低下することが確認された。

このような酸素摂取効率の低下については、先行研究でも確認されており、消防活動という不利な条件下において高い活動能力を発揮するためには、有酸素能力そのものに余裕が必要である。

- (3) 本実験において、最大酸素摂取量が高いほど、階段上りが速く、消防活動モデルの所要時間が短いことが明らかとなった。また、これらの活動終了時の血中乳酸値を最大酸素摂取量測定時と比較すると高い値となったことから、無酸素能力が極限まで動員されていると考えられる。
- (4) 本実験の消防活動モデルは、活動所要時間を2～3分間程度に設定したが、このモデルにおいて高い活動能力を発揮するためには、有酸素能力とともに無酸素能力が重要な体力要素であることが明らかとなった。

有酸素能力・無酸素能力に関する実験 (最大酸素摂取量の測定)



屋内訓練場 (トレーニング室) での測定風景

有酸素性代謝：十分な酸素の存在下で酸素分子を利用したATP合成を行う代謝

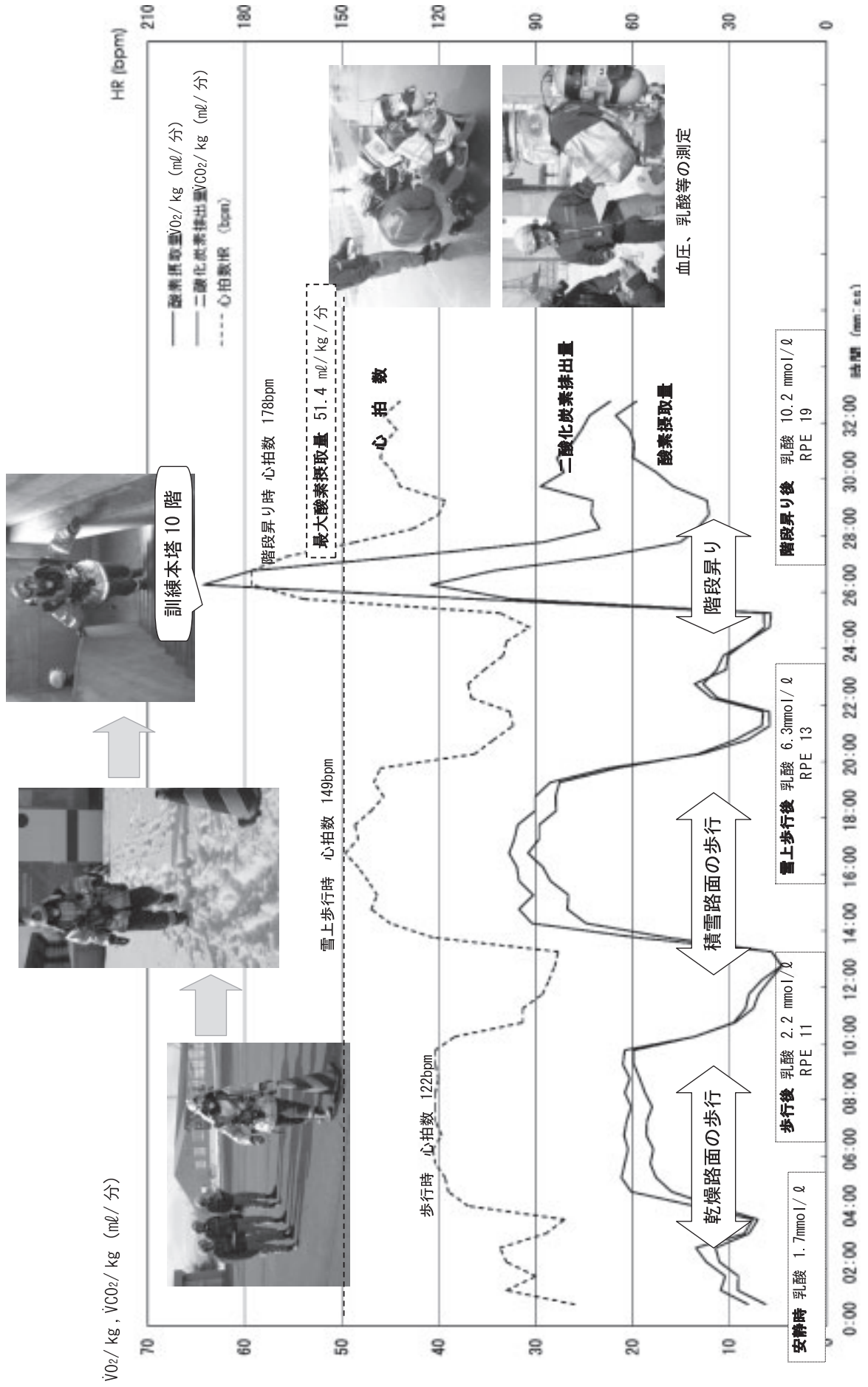
⇒ **持久力**

無酸素性代謝：酸素分子が不足した状態時に酸素分子を用いないでATP合成を行う代謝

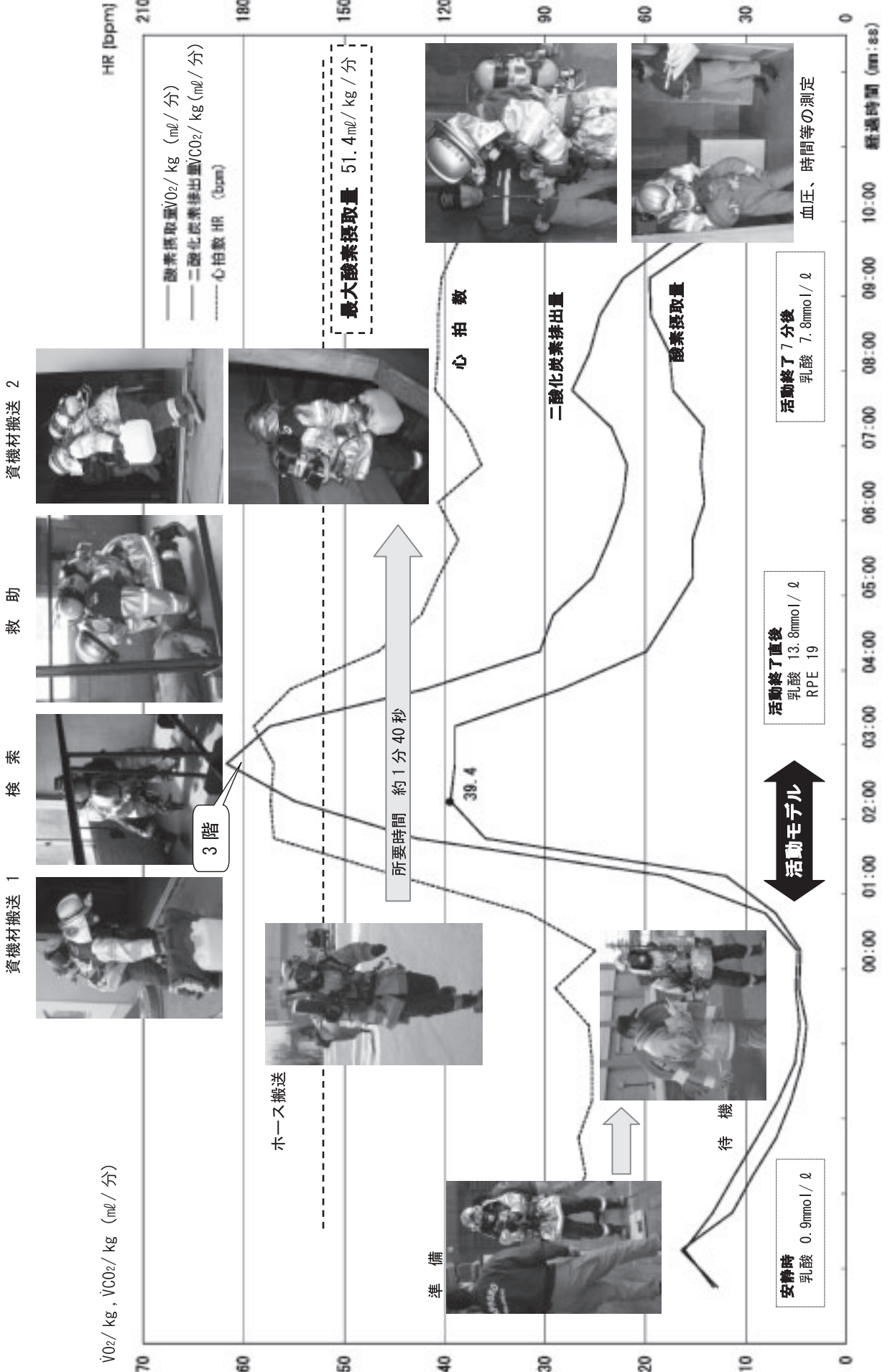
⇒ **筋力**

軽度な運動時は有酸素性代謝のみを行っているが、運動が中等度以上になると無酸素性代謝が加わり、同時に運動筋での乳酸産生が増加する。

有酸素能力・無酸素能力に関する実験 (歩行、階段上り時の呼吸代謝量の測定)



有酸素能力・無酸素能力に関する実験 (消防活動モデルの呼気代謝量の測定)



筋活動に関する実験

札幌市消防科学研究所 中住 斉
高橋 渉
菅原 法之
北海道大学 名誉教授 須田 力

1 はじめに

消防職員が消防活動において十分に能力を発揮するためには、基礎的な体力と消防活動特有の専門的な体力が求められ、出動から現場到着まで、そして現場到着時の初動活動における極めて高い緊張状態の中で最大の活動能力が要求される。そのために最も重要な体力要素は、有酸素能力・無酸素能力とともに筋力・筋持久力であると考えられる。

本実験では、基礎的な筋力トレーニングにおける筋活動と消防活動における筋活動の特徴を比較し、その違いについて分析・検討するため、積雪環境という地域性を考慮して実験を行った。

2 概要

高い運動能力を獲得するためには、筋力を高めることが重要であり、スポーツにおける競技においては競技種目特有の専門的筋力が優れていることが求められるように、消防活動についても、その活動の独自性により求められる専門的な筋力と、その土台となる一般的筋力があると考えられる。

本実験では、消防活動における筋活動の特徴を明らかにし、筋力トレーニングの参考となる基礎データを得るため、実験協力者（被験者および測定者）の男性消防職員6名につ

いて、消防活動時と筋力トレーニング時の筋活動を測定した。

実施期間

平成19年9月27日（木）～11月6日（火）

場 所

札幌市消防局 消防学校
訓練所（屋内訓練場、屋外訓練場）

表1 実験協力者

勤 務	年 齢 代 別				合 計
	20～ 29歳	30～ 39歳	40～ 49歳	50歳 ～	
日 勤			1	1	2
水槽隊	2				2
救助隊	2				2
合 計	4		1	1	6

インフォームド・コンセント

実験前に、実験協力者に対し研究の目的と実験内容の説明を行い、各協力者からインフォームド・コンセントを得た。

測定機器等

筋電図の測定及び記録は、データロガー方式の携帯型多用途生体アンプ（Polymate AP1524）を用いた。なお、チャンネル数が12チャンネルのため、測定は上半身12部位の筋肉、下半身12部位の筋肉に分けて測定を実施

した。なお、腹直筋、外腹斜筋、広背筋、脊柱起立筋は重複して測定を行ったことから、20箇所（表1、図1、2）の筋電図を導出した。

電極は19×36mmの電極（ディスプレイ電極

F-150S)を使用し、電極間距離は20mmとした。下半身の筋電図導出時には、行動の過程を同定するため足底面の親指付根と踵部分に圧力センサー（ボタンセンサー A201-25）を装着した。

測定機器等

測定機器	型式等	測定指標
携帯型多用途生体アンプ	Polymate AP1524	筋電図
汎用ミニボックス	AP-U031	
電極コード	YCE116	
ディスプレイ電極	Vitrode F-150S	行動過程の同定
ボタンセンサー用アンプ	FlexiForce amp box NS-FF-MOT-A	
ボタンセンサー	FlexiForce ボタンセンサー A201-25	
ストップウォッチ		所要時間

3 実験内容

筋電図導出実験では、消防活動時のさまざまな動作について活動中の表面筋電図を記録し、どのような動作場面で、どの筋肉が動員されるのかを分析した。

また、消防活動に動員される筋群の活動を比較・検討するため、筋力トレーニングについても表面筋電図を記録した。筋力トレーニ

ングの種目については、特別な機器を必要としない、プッシュアップ（腕立て伏せ）、シットアップ（腹筋）、ヒンズースクワットなどの自重による筋力トレーニング種目と、フィットネス施設を利用した本格的なトレーニングを想定してバーベルやトレーニング機器による種目について着目した。



写真1 筋電図導出用電極の貼付状況

(1) 消防活動時の筋活動について

消防活動時に頻出する行動について、火災

出動時の服装に300型空気呼吸器を装着（装備重量約20kg）して、次の行動について表面筋

電図を導出した。

- ① 検索・救助（ほふく、かかえ救出）
- ② 歩 行（20m）
- ③ 駈 足（20m）
- ④ ステップ昇降
- ⑤ ホース搬送（駈足）
- ⑥ 梯子昇り降り（10段）
- ⑦ 階段上り下り（2階まで）
- ⑧ 階段昇降（資機材搬送）
- ⑨ ロープによる資機材引揚げ
- ⑩ 放 水

(2) 基本的行動時の筋活動について

火災出動時の服装に300型空気呼吸器を着装(装備重量約20kg)した時と比較するため、次の行動について非装備で表面筋電図を導出した。

- ① 歩 行（20m）
- ② 駈 足（20m）
- ③ ステップ昇降
- ④ 梯子昇り降り（10段）
- ⑤ 階段上り下り（2階まで）
- ⑥ 階段上り下り（資機材搬送）

(3) トレーニング時の筋活動について

消防活動で発揮される筋力の維持・向上に効果的と思われるウェイトトレーニング（基本的フォーム）時の筋電図を導出した。

上半身

- ① ベンチプレス
- ② フロントプレス
- ③ ベントオーバーバーベルローイング
- ④ バーベルカール
- ⑤ プッシュアップ
- ⑥ シットアップ
- ⑦ 懸 垂

⑧ ラットマシンプルダウン

⑨ ラットマシンプレスダウン

下半身

- ① スタンディングカーフレイズ
- ② トウレイズ
- ③ ヒンズースクワット
- ④ スクワット
- ⑤ バックエクステンション

4 表面筋電図の導出と解析

活動時の筋電図測定では、ロガーにより記録するためモニターしながらの測定が困難であり、アーチファクト（雑音）の混入を予測できない。アーチファクトを排除するため電極やリード線の設定には十分配慮したが、動作に伴う揺れのほかに、防火衣や空気呼吸器による圧迫や引っ張りによると思われるモーション・アーチファクトが混入し、筋電位の基線が揺れている場面があった。

筋電位の低周波成分の損失を防ぐため、時定数を0.03secに設定していることから、モーション・アーチファクトの混入を完全に排除することは困難であった。定量的な比較の段階では、フィルタをかけて低周波成分を減衰させて処理されたものを考察の対象としている。

ローパスフィルタは標準的には1kHz以上が望ましいとされているが、本実験で使用した測定装置の上限が200Hzであることから、ローパスフィルタは設定していない。

また、導出電極とアース電極で心臓を挟まないように配慮しているが、0.8~1秒の間隔で基線が規則的に揺れているのは心電位の混入である。

脊柱起立筋、大腿四頭筋（外側直筋）、中

殿筋、大殿筋等の筋電位の最大振幅が低い筋については、表示感度を調整し生波形を掲載している。筋活動の評価は、筋電図の見かけの振幅の大小で筋活動を判断するのではなく、各筋における最大随意収縮時の振幅に対する相対的な割合で判断する必要があるが、被験者が不慣れな場合には無意識に抑制してしまう等、最大筋力が発揮されないなどの問題がある。本実験では、筋電図の解析に解析用プログラム (Surface EMG Analysis) を用い、各動作における筋の単位時間あたりの積分値を求め、最大筋活動時に対する割合を求めて分析・評価を行った。

表 1 筋電図導出用電極の貼付位置

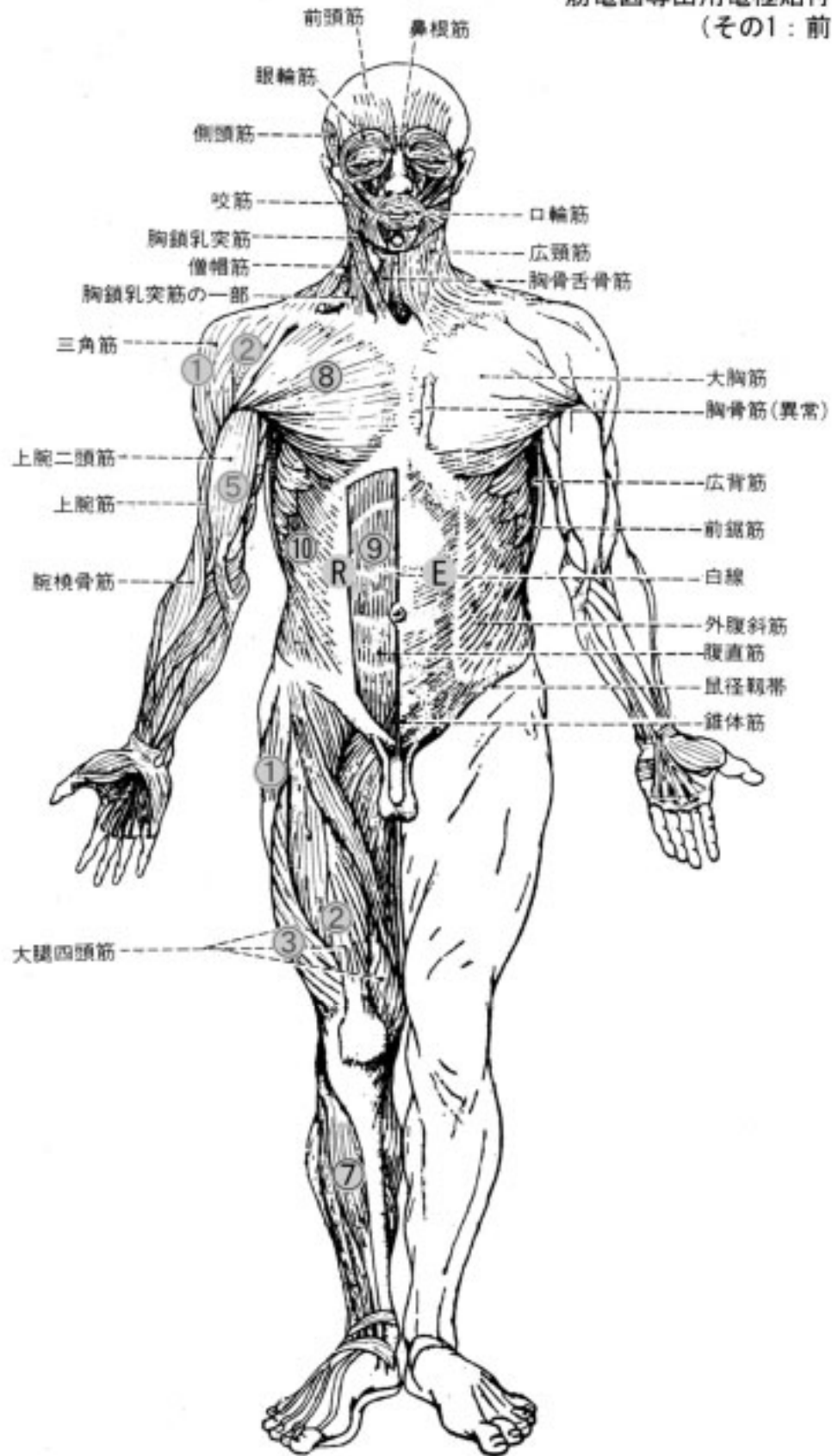
電極番号 (No.) を付した筋肉について、表面筋電図を導出した。

No.	部位	筋	肉	作用	
① ③	上腕 (伸側面)	三角筋		中部 後部	最も強力な外転筋 肩関節のあらゆる運動に関与
		棘上筋			上腕の外旋に協働する
		棘下筋			棘上筋は外転にも関与する
④		上腕三頭筋	長頭 外側頭 内側頭		肘をのばす運動 (押す、投げるなど) を行う 上腕の屈筋群と拮抗的に作用する
②	(屈側面)	三角筋		前部	最も強力な外転筋、肩関節のあらゆる運動に関与
⑤		上腕二頭筋	長頭 短頭		肘を曲げ、前腕の回外を行う
		上腕筋			肘を曲げる最強力の筋
	前腕 (伸側面)	尺側手根伸筋			手を掌屈、内転する
(屈側面)		腕橈骨筋			肘の屈曲
		橈側手根屈筋			手首を手掌側に曲げる
	体幹部 (背面)	僧帽筋		上部 中部 下部	肩甲骨の運動や位置を定める強力な筋
⑥ ⑦					
⑧ ⑨		(前面)	大胸筋		
		腹直筋		上部 下部	体幹を前にまげる 腹圧を高める
⑩		外腹斜筋			腰を側方に曲げる
		内腹斜筋			
		腸腰筋			股関節の前屈 (大腿を前挙)、外旋
⑪	(背面)	広背筋			上腕の内転・内旋また後挙
		脊柱起立筋		胸部 腰部	脊柱の運動及び姿勢保持、頸の運動
⑫					
①	大腿部 (前面)	大腿筋膜張筋			身体の平衡保持、大腿の外旋
		大内転筋			大腿の内転にはたらく
② ③		大腿四頭筋	大腿直筋 外側広筋 内側広筋 中間広筋		
④	大腿部 (背面)	中殿筋			大腿を外転、歩行の際に片足で体重を支える
		小殿筋			
⑤		大殿筋		上部 下部	直立を保持、腸腰筋と拮抗して股関節をのばす 階段を上る際は、腸腰筋と交互にはたらく
⑥		ハムストリングス	大腿二頭筋 半腱様筋 半膜様筋		大腿を後ろに引く、膝関節を屈曲・外旋する 大腿を後ろに引き、膝関節を屈曲・内旋する
⑦	下腿部 (前面)	前脛骨筋			足を背屈 (爪先を上げる) し、内側縁を上げる (回外)
		長腓骨筋			足の内側縁 (回内)、底屈をたすける 横の足底弓 (土ふまず) を支持する
⑧	下腿部 (背面)	下腿三頭筋	腓腹筋	内側 外側	足を距腿関節で足底側へ曲げる (底屈) 歩くとき踵を上げ、爪先立ちで身体を支える
			ヒラメ筋		

※ 貼付位置については別図参照

図1

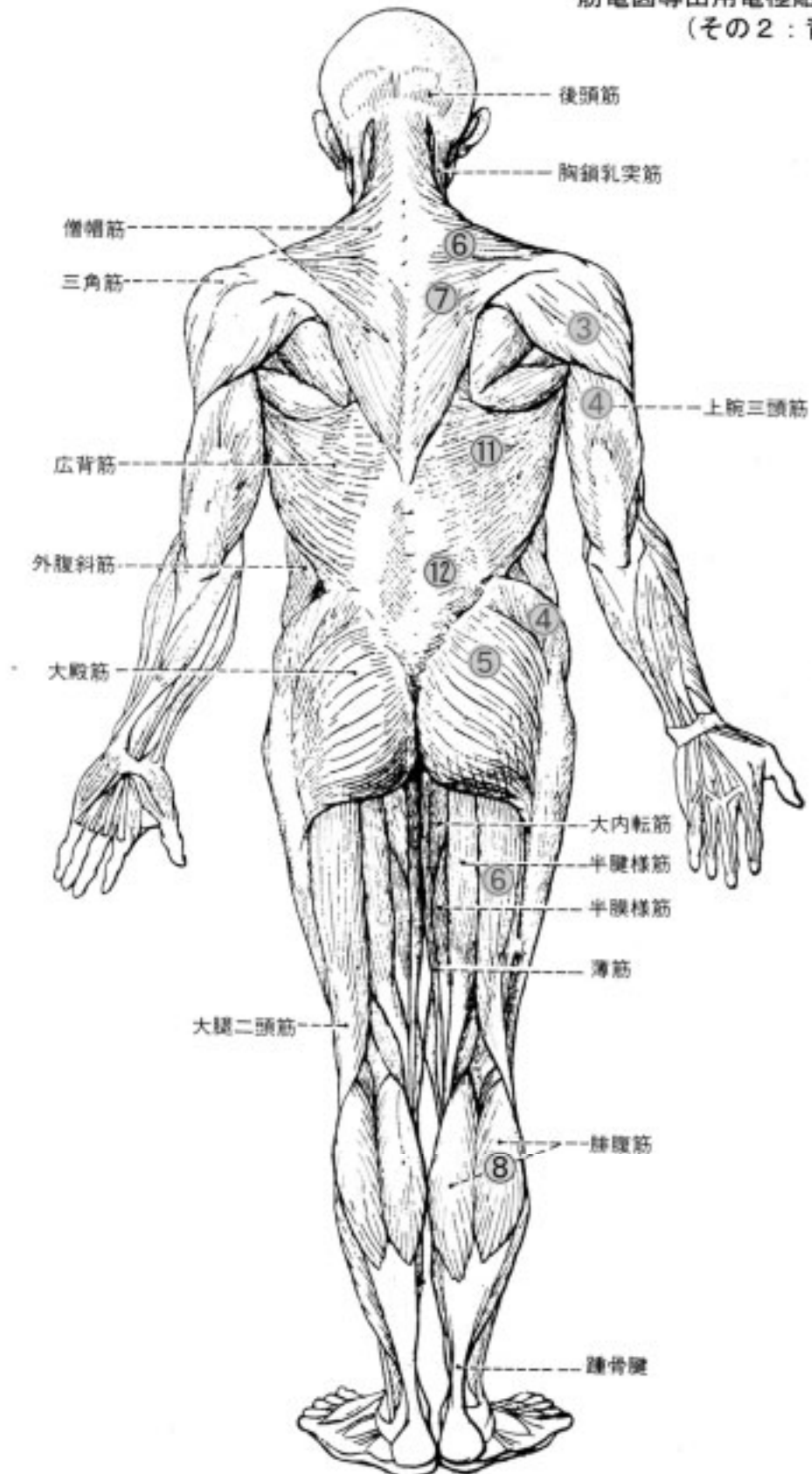
筋電図導出用電極貼付位置
(その1：前面)



図は「系統看護学講座 専門基礎1 人体の構造と機能[1]解剖生理学」(医学書院、1999)から引用

図2

筋電図導出用電極貼付位置
(その2：背面)



図は「系統看護学講座 専門基礎1 人体の構造と機能[1]解剖生理学」(医学書院、1999)から引用

5 実験結果

検索・救助の一連行動における筋活動

「ほふく」局面

「ほふく」の局面では、上肢筋群の三角筋前部および上腕三頭筋、体幹筋群の外腹斜筋および脊柱起立筋、股関節筋群の中殿筋および大殿筋、下肢筋群の大腿直筋、外側広筋、前脛骨筋などに高い筋活動が特徴的に見られた。

強い前傾を保つ姿勢では、三角筋前部と上腕三頭筋の筋活動は上体を支え前進する動作で、外側斜筋は上肢と下肢を交互に使った強いひねりを伴う推進動作において活動するものと推察される。

脊柱起立筋は、前傾による荷重につぶれないよう、上体を支えるために持続的に働いており、自重と併せて装備の荷重が体幹に加わるために筋活動はさらに高まっている。

ほふく姿勢では、立位姿勢よりも脚の外転、股関節の屈曲・伸展が強まるため、中殿筋、大腿筋膜張筋および大殿筋の筋活動が、他の移動運動に比べ一層高まるためと解釈される。

立位姿勢での歩行やランニングなどは、けり足にかかる力を筋の弾性と地面反力を利用した推進力に利用する逆振り子モデル（金子ら、2001）により前進することができるが、ほふく動作ではこのモデルを利用できないため、深い腿挙げ、股関節の強い屈曲、強い蹴りだしが要求され、大腿筋膜張筋、大腿直筋、外側広筋、大腿二頭筋が予想以上に高い筋活動を示したと考えられる。

前脛骨筋の高い活動も、体重を持続的に支えながら下腿部を強い屈曲状態で前に踏み出す動作の特徴である。

「ダミーのかかえ動作と立ち上がり」の局面

ほふく姿勢から前傾しダミーを体に引き寄せる動作では、僧帽筋（とくに下部）、広背筋が高い筋活動を示した。

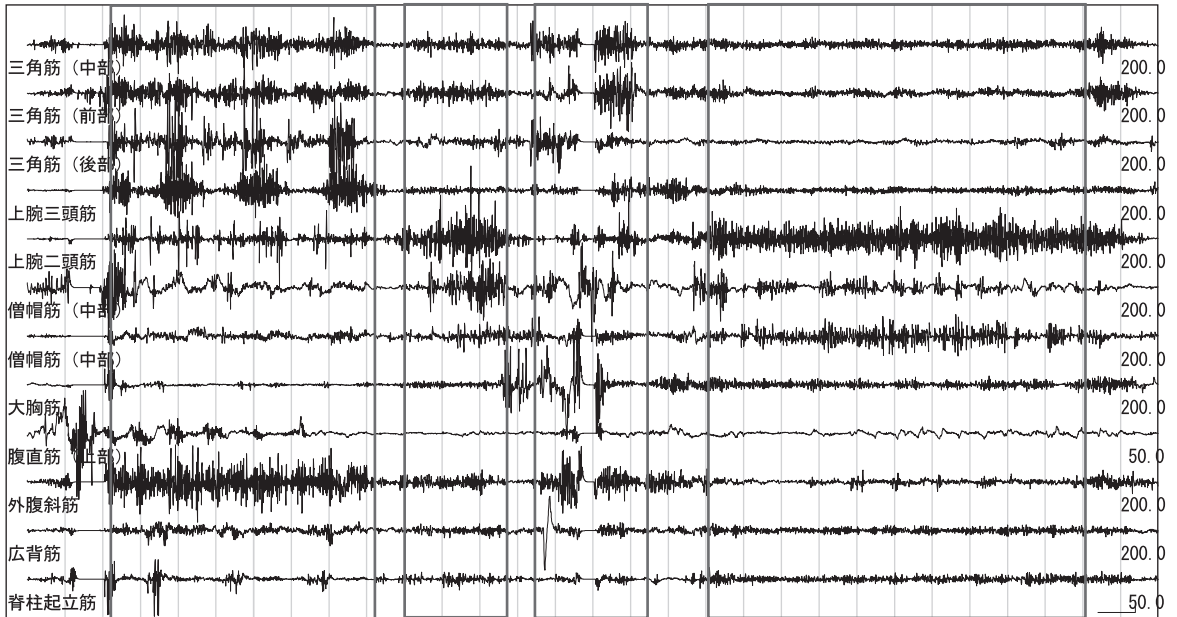
ダミーをかかえた後、上体を起こす動作では、自分の体重に加えて装備の荷重、さらにダミーの負荷が加わることにより脊柱起立筋の筋活動がさらに高まっている。

ダミーをかかえ起こす局面で上腕二頭筋が強く動員されることが予想されたが、平均振幅で見るとアームカール（写真1・6）の最も高い負荷時の50%を越えなかった。これは、ダミーをかかえる時に上腕の屈曲力だけに頼ることをせず、脚、体幹筋、上肢筋全体を利用し、ダミーを体に引き付け密着させてかかえるためと考えられる。

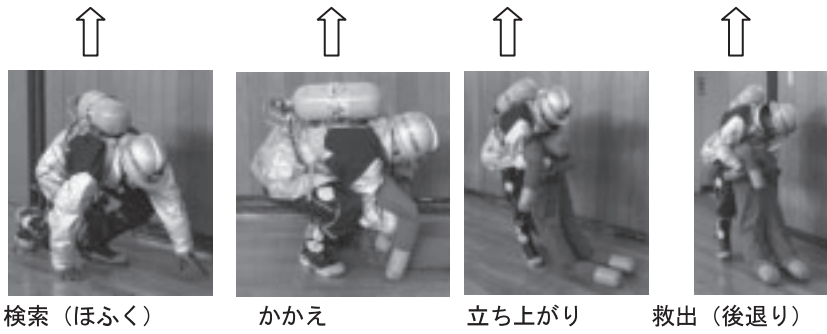


写真3

上半身



1sec/div



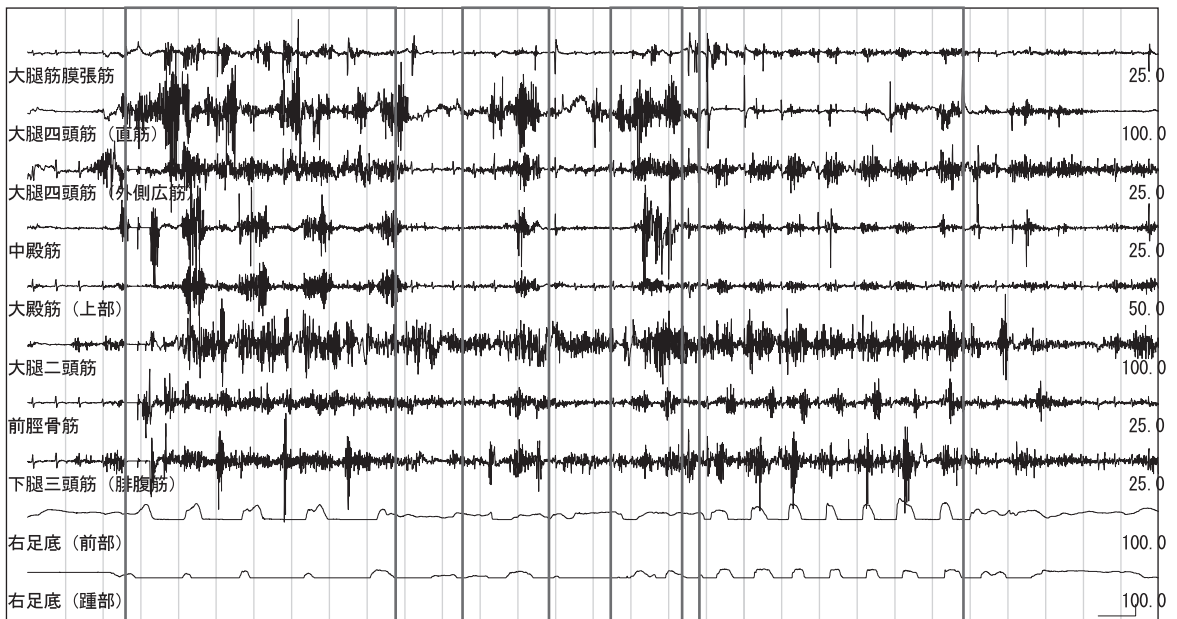
検索 (ほふく)

かかえ

立ち上がり

救出 (後退り)

下半身



1sec/div

図3 筋電図 (検索・救助の一連行動、被験者：男 49 歳)

「救出」の局面

ダミーをかかえ後退りで移動する動作では、僧帽筋（上部、下部）、広背筋、脊柱起立筋などの背筋群、持続的に強い荷重の加わった状況で脚を蹴り後進するために大腿筋群と下腿三頭筋が動員されている。大腿筋群ではとくに大腿二頭筋に高い筋活動がみられた。これは、この局面では、股関節の外旋、膝関節の屈曲、股関節の伸展などで大腿二頭筋が働くためと考えられる。

歩行、駆け足

歩行（写真1-8）、駆け足（写真1-9）の移動の動作では、装備をした場合であっても上肢筋群に高い筋活動は見られなかった。しかし、非装備時に比べ、装備による重量負荷の増加による、腹直筋、外腹斜筋、脊柱起立筋などの体幹筋群の筋活動の増加が特に顕著に見られた。下肢筋群では大殿筋および中殿筋が装備時に増加し、他の筋群では増加しなかった。

これは、非装備での歩行は、運動靴を履いているので下腿のキック、足首や膝の伸展のトルク（回転力）を有効に利用できるが、装備をした条件では重量負荷が増すため、これらのトルクに依存せず、より大きな荷重に対応したトルクを発揮する股関節等の運動系が動員されるためと考えられる。また、装備により重量負荷が増加するため速度も低下した。

歩行と駆け足を比較すると、上肢筋群、体幹筋群、下肢筋群いずれの筋においても、歩行時に比較し駆け足時には2倍以上の筋活動を示している。



写真4

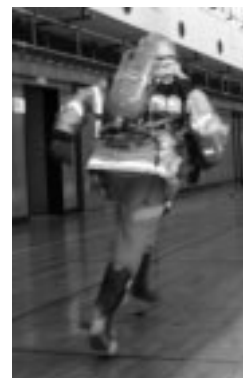


写真5

このように装備をした条件での歩行や駆け足では、上体や下肢の動きに応じて前後左右方向に加わる荷重が大きくなるため、バランスの乱れに抗して姿勢を安定させながら移動することから、体幹筋群の活動とともに左右の荷重変動に対応する中殿筋の活動が一層要求されるものと考えられる。

ホース搬送（駆け足）

装備をした条件でのホース搬送（写真6）は、ホースの荷重（約11 kg）が加わるため最も過酷な筋活動と言え、下肢筋群はいずれも高い筋活動を示した。装備をした条件での駆け足と比較すると、脊柱起立筋、大腿直筋、大腿筋膜張筋の筋活動がやや増加し、大腿二頭筋の活動の増加が特に目立っていた。



写真6

階段上り下り

階段上り下り（写真7）においては、上肢筋群は重量12kgの資材を搬送する動作により、資材を保持している腕の三角筋後部および僧帽筋中部にやや高い筋活動が見られたが、装備時も含めて全体的に上肢筋群は特記すべき活動は見られなかった。

梯子の昇り降りと同様、歩行や駆け足の水平方向の移動と比べて垂直方向の重心の移動による影響から、脊柱起立筋、下肢筋群などの抗重力筋の活動が歩行よりも一様に増加していた。

非装備時と装備時を比べると、足関節の底屈による蹴りだし動作で動員される下腿三頭筋や膝関節の伸展で動員される大腿直筋、外側広筋などの筋よりも、股関節まわりのトルク発生に動員される中殿筋や大殿筋の貢献度が高い傾向は、梯子昇降と類似した特徴であった。

資材運搬の条件が加わるにより、外腹斜筋、腹直筋の腹筋群の持続的な放電、左右のバランス維持に働いている中殿筋の活動の増加が特徴的に見られた。



写真7

梯子昇り降り

梯子昇り降り（写真8）においては、非装備と比較すると、装備時には装備の重量が垂直方向の加重として増加するが、懸垂のような運動とは異なり脚の蹴りだしが使える条件のため、上腕二頭筋をはじめとする上肢筋群の筋活動は特に大きなものではなかった。



写真8

しかし、梯子の昇り降り動作は、歩行や駆け足が水平方向の体重移動であるのに対して、垂直方向への体重移動であることから、上腕二頭筋、僧帽筋、広背筋など上体を引き上げる動作で動員される筋群とともに脊柱起立筋や下肢筋群の抗重力筋の活動が見られ、すべての筋において装備時の筋活動が無装備時よりも増加していた。

踏み台昇降

踏み台昇降（写真9）においては、前後・左右の運動方向にかかわらず大腿筋膜張筋、大腿直筋、外側広筋に高い筋活動が見られるのは、階段の上り下りと類似している。

非装備と装備時を比較すると、装備時には、中殿筋に高い筋活動があるとともに、前脛骨筋、腓腹筋にも筋活動の増加が見られた。



写真9

ロープによる資材引揚げ

ロープによる資材の引揚（写真10）では、僧帽筋（中部、下部）、上腕二頭筋、広背筋に顕著な筋活動がみられた。

筋力トレーニング種目のベントオーバーローイング（写真11）の筋活動と類似しており、僧帽筋、外腹斜筋、脊柱起立筋の筋活動では、ベントオーバーローイングよりも高い筋電図波形を示した。これは、ロープによる資材（重量11kg）引揚げは、ベントオーバーローイング（ウェイト30～50kg）より負荷は軽いが、引揚げの速さを要求されることから、単位時間当たりの筋放電量が上回ったためと予想される。



写真10 ロープによる資材引揚げ

身体重心から離れた位置で引揚げる作業となるため、脊柱起立筋に強いストレスがかかる。



写真11 ベント オーバー ローイング

身体重心の直下から引揚げるため、脊柱起立筋に強いストレスがかかる。

外腹斜筋の筋活動の違いは、ベントオーバーローイングでは両足を広く開いて左右の安定性が確保しやすい条件であり、負荷の引揚げが左右同時であるのに対し、ロープでの資材引揚げでは、手すりの高さに制約されスタンス（足の開き方）を広くとれない条件で、左右交互の引っ張り動作を繰り返すためと考えられる。

脊柱起立筋の筋活動は、ベントオーバーローイングが装備なしで重量物を身体重心の直下で引揚げる動作であるのに対し、ロープによる資材の引揚げでは、空気呼吸器の荷重に抗して脊柱を保持する前屈姿勢であること、上肢が手すりを越え、作用点が身体重心から前方に離れた位置で引揚げ動作を行うことから、引揚げの反動に抗するため脊柱に大きな負担がかかるためと考えられる。

放水

放水の動作の筋電図は、2名の被験者について記録した。下肢筋群については、通水の瞬間に高い筋放電が見られたが、全般的に他の身体活動と比べて筋放電は低めであった。今回の記録においては放水の動作は移動や放水方向の変化を伴わない静的（アイソメトリック）な筋収縮であるため、いずれの筋も持続的な筋放電を示した。放水圧により筋活動は変化し、送水圧の高まりに応じて筋活動も高まる様子が図20、21から観察される。

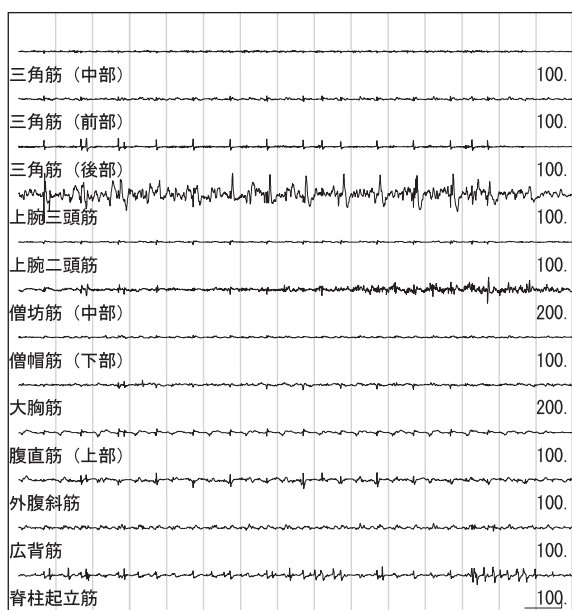


図4 筋電図（歩行、装備・上半身）

被験者：男 26 歳、表示区間 15sec

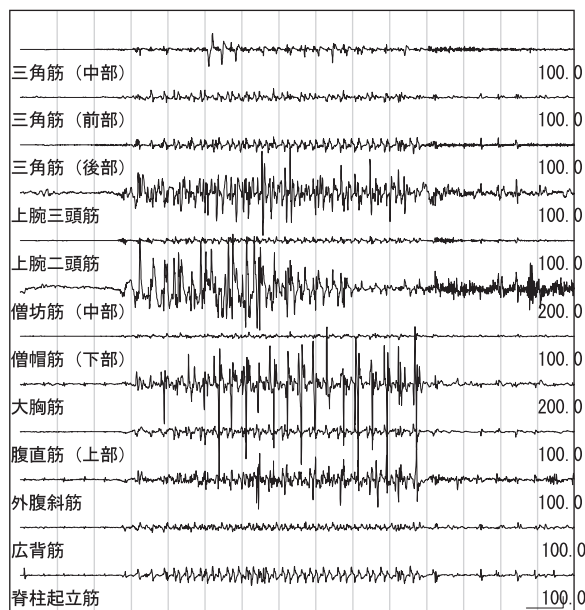


図6 筋電図（駢け足、装備・上半身）

被験者：男 26 歳、表示区間 15sec

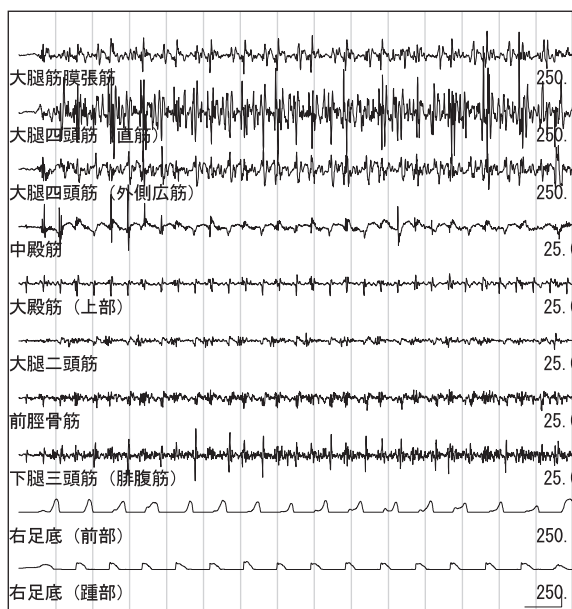


図5 筋電図（歩行、装備・下半身）

被験者：男 26 歳、表示区間 15sec

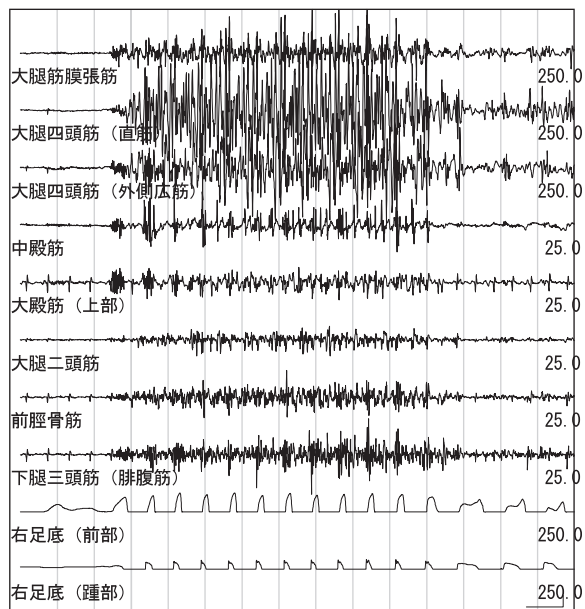


図7 筋電図（駢け足、装備・下半身）

被験者：男 26 歳、表示区間 15sec

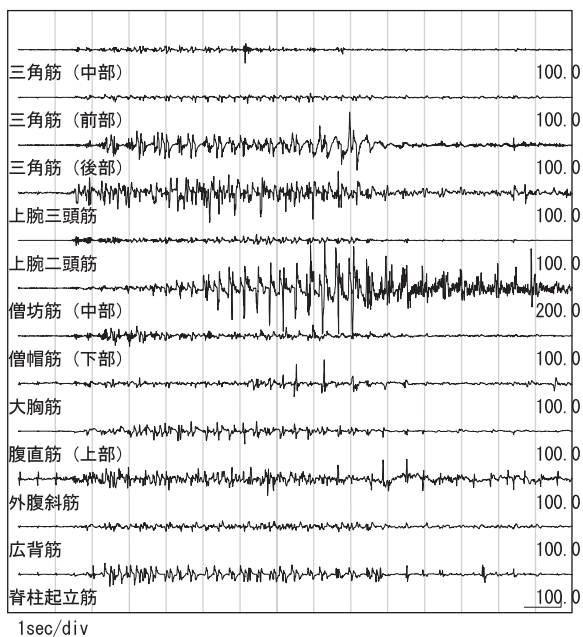


図8 筋電図 (ホース搬送 駆け足、装備・上半身)

被験者：男 26歳、表示区間 15sec

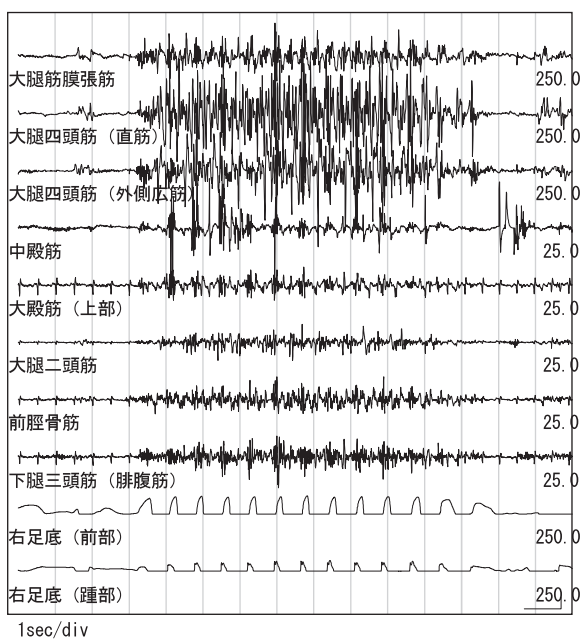


図9 筋電図 (ホース搬送 駆け足、装備・下半身)

被験者：男 26歳、表示区間 15sec

上り

下り



図 10 筋電図 (階段上り・下り、装備・上半身) 被験者：男 26 歳、表示区間 10sec

上り

下り

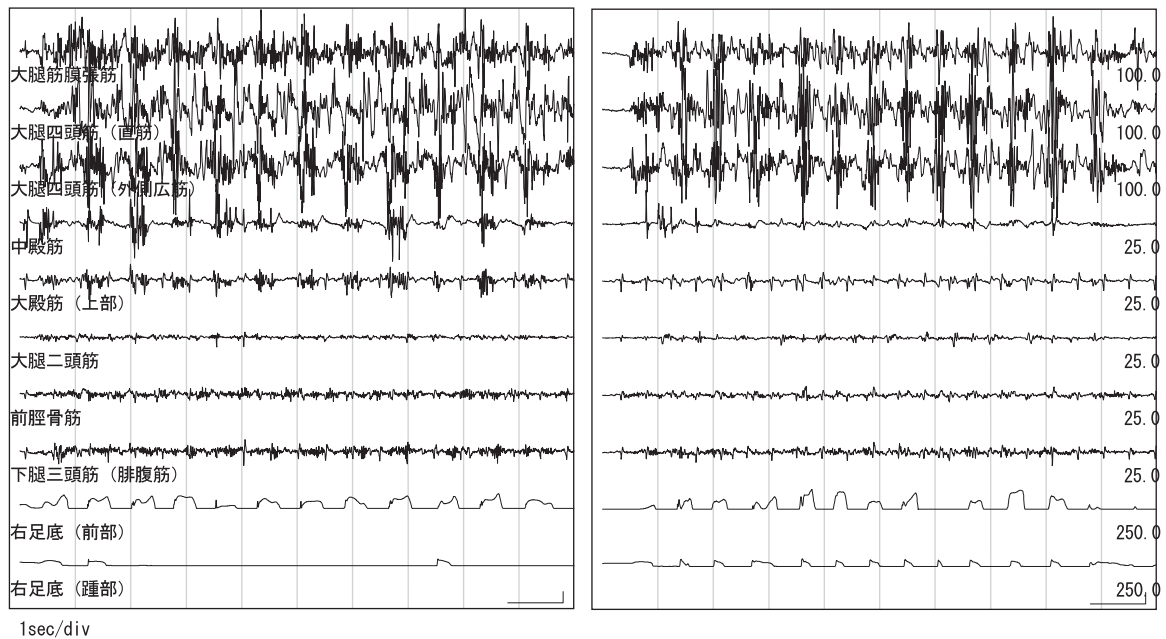


図 11 筋電図 (階段上り下り、装備・下半身)、被験者：男 26 歳、表示区間 10sec

上り

下り

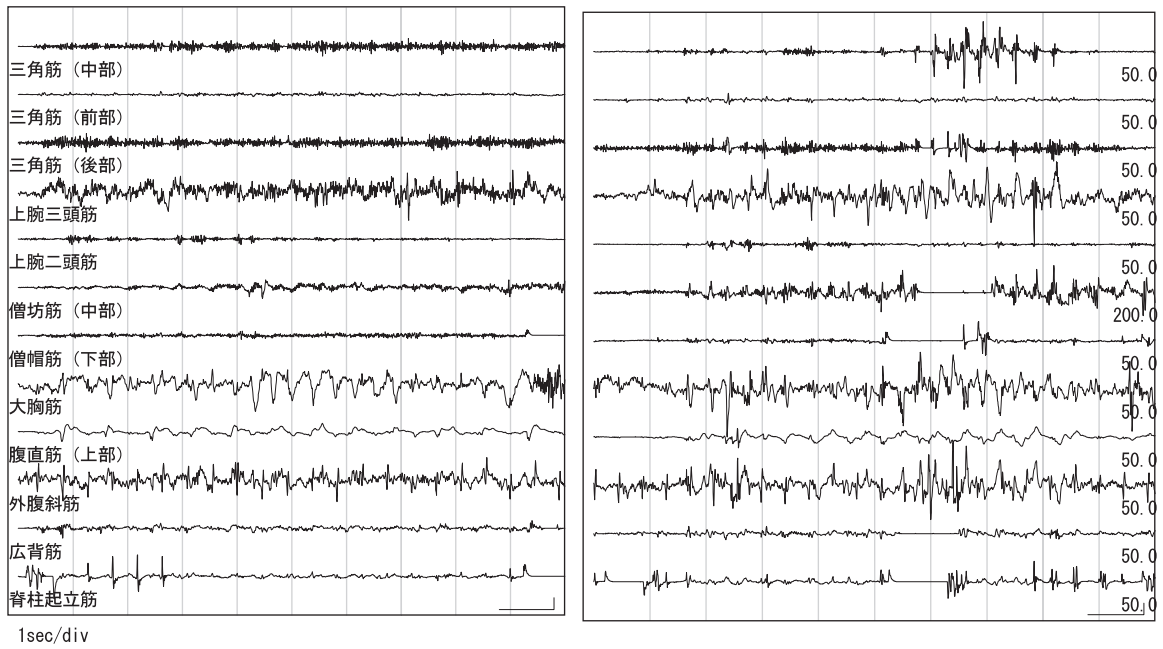


図 12 筋電図 (階段上り下り 資材搬送、装備・上半身)、被験者：男 26 歳、表示区間 10sec

上り

下り

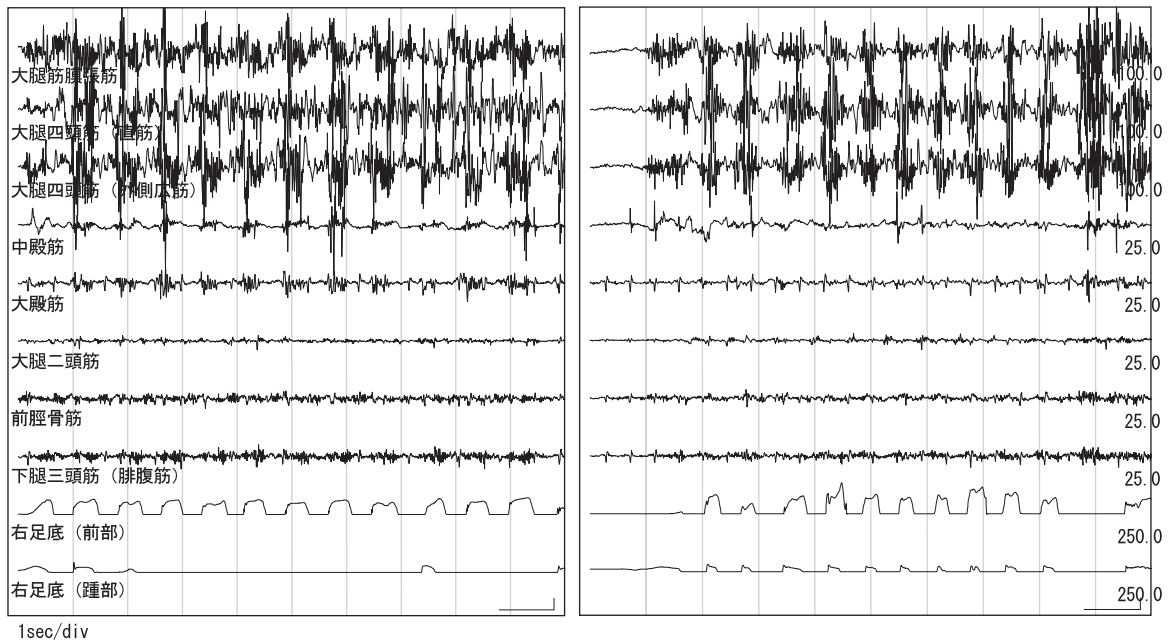


図 13 筋電図 (階段上り下り 資材搬送)、装備・下半身、被験者：男 26 歳、表示区間 10sec

昇り

降り

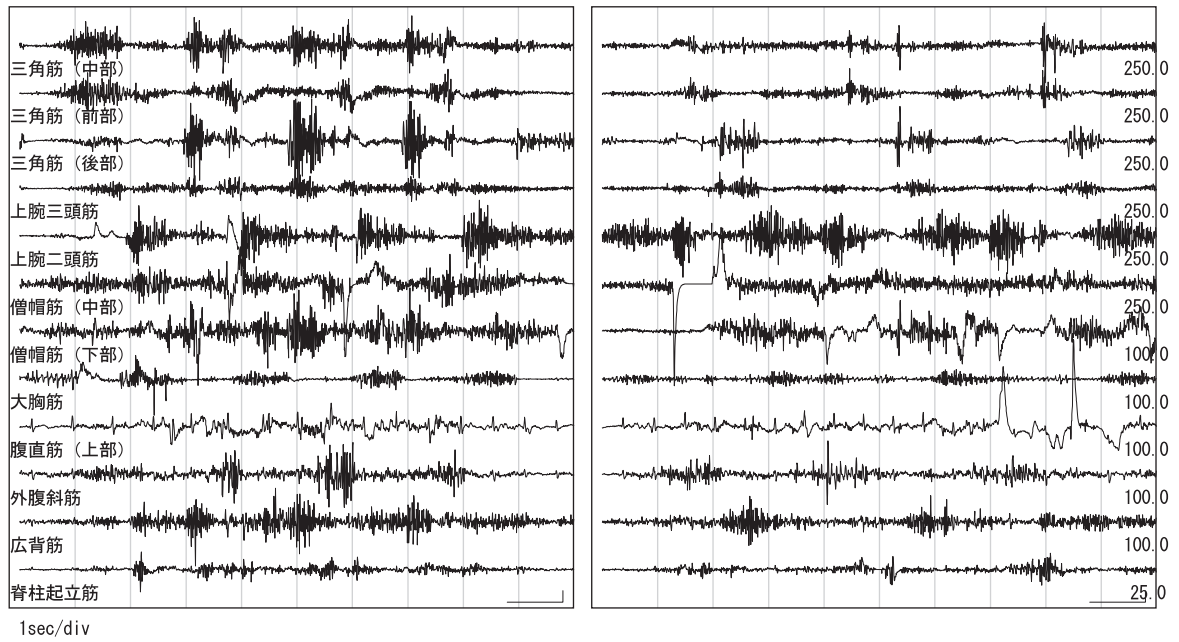


図 14 筋電図 (梯子昇り降り、装備・上半身)、被験者：男 49 歳、表示区間 10sec

昇り

降り

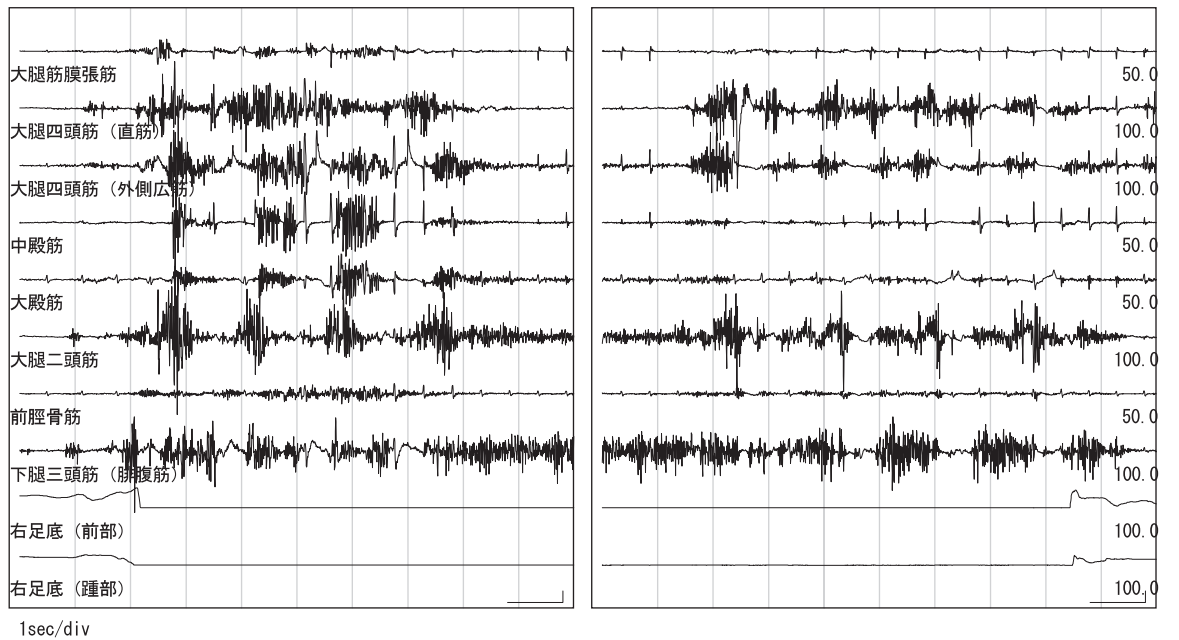


図 15 筋電図 (梯子昇り降り、装備・下半身)、被験者：男 49 歳、表示区間 10sec

前後

左右

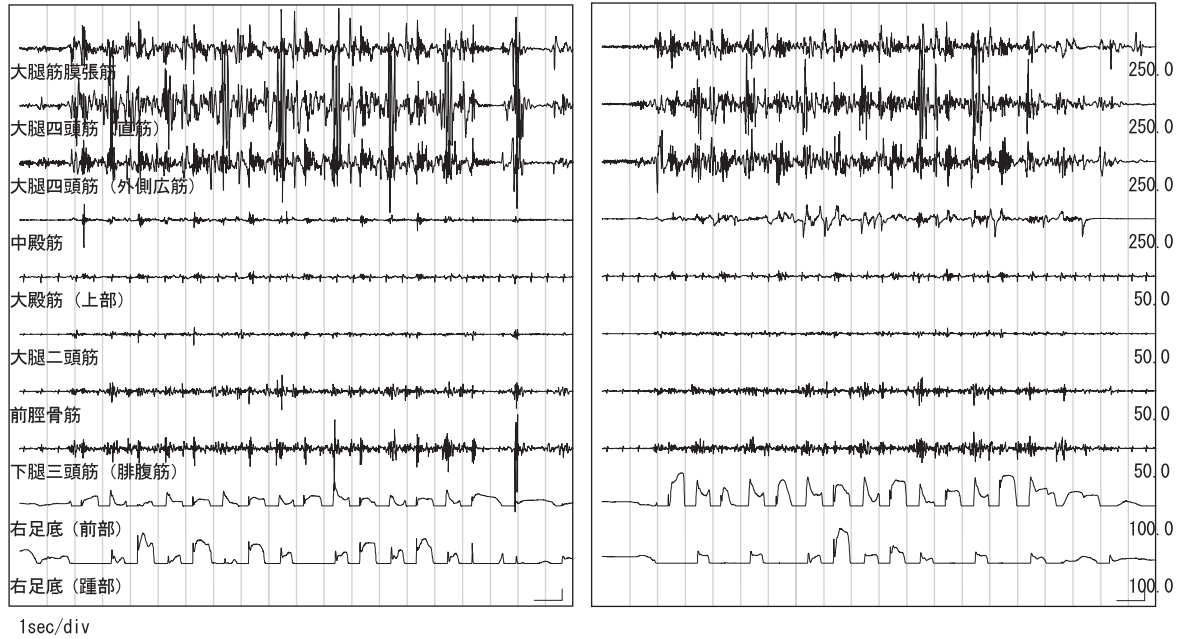


図 16 筋電図 (踏み台昇降 30cm、非装備・下半身)、被験者：男 26 歳、表示区間 20sec

前後

左右

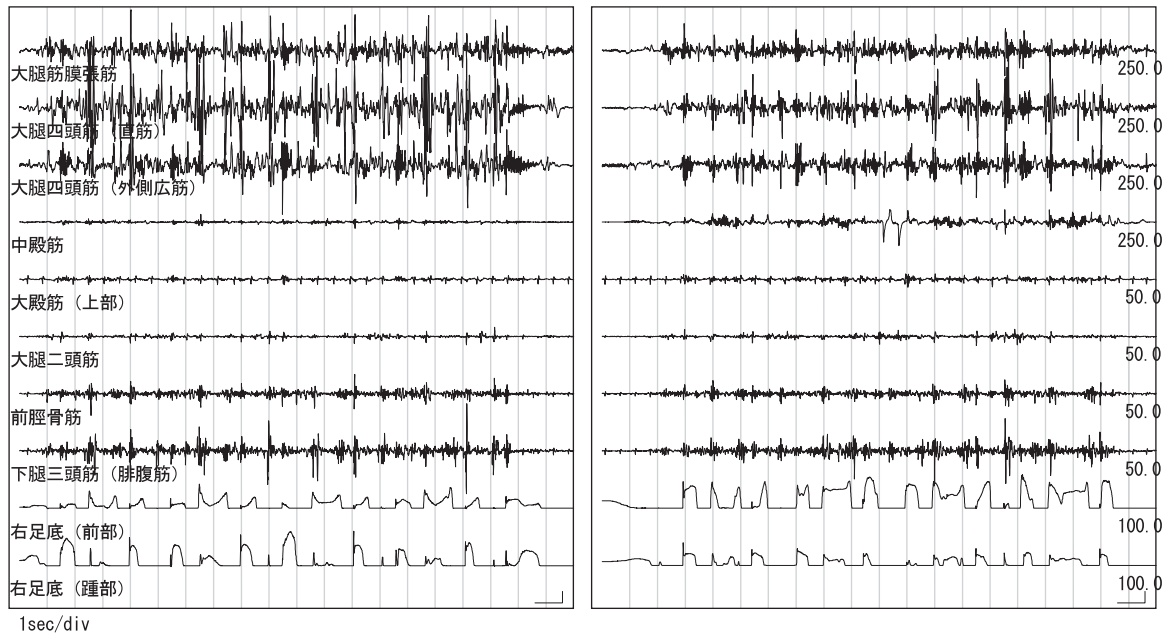


図 17 筋電図 (踏み台昇降 30cm、装備・下半身)、被験者：男 26 歳、表示区間 20sec

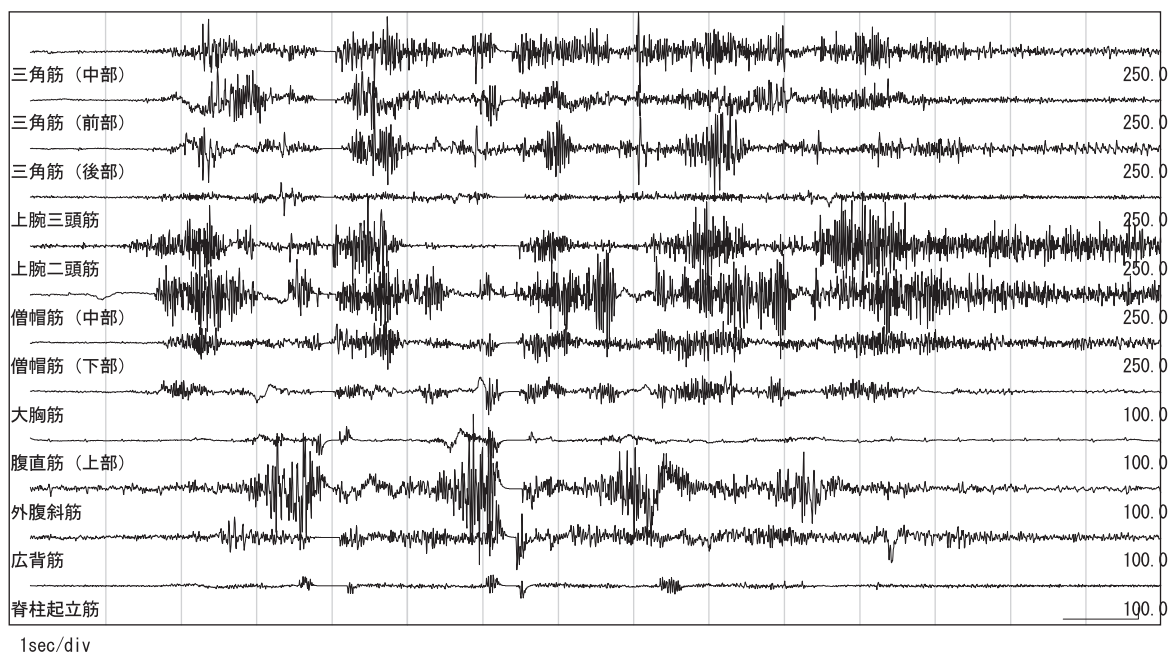


図 18 筋電図 (ロープによる資材 12kg の引き上げ、装備・上半身)

被験者 : 男 49 歳、表示区間 15sec

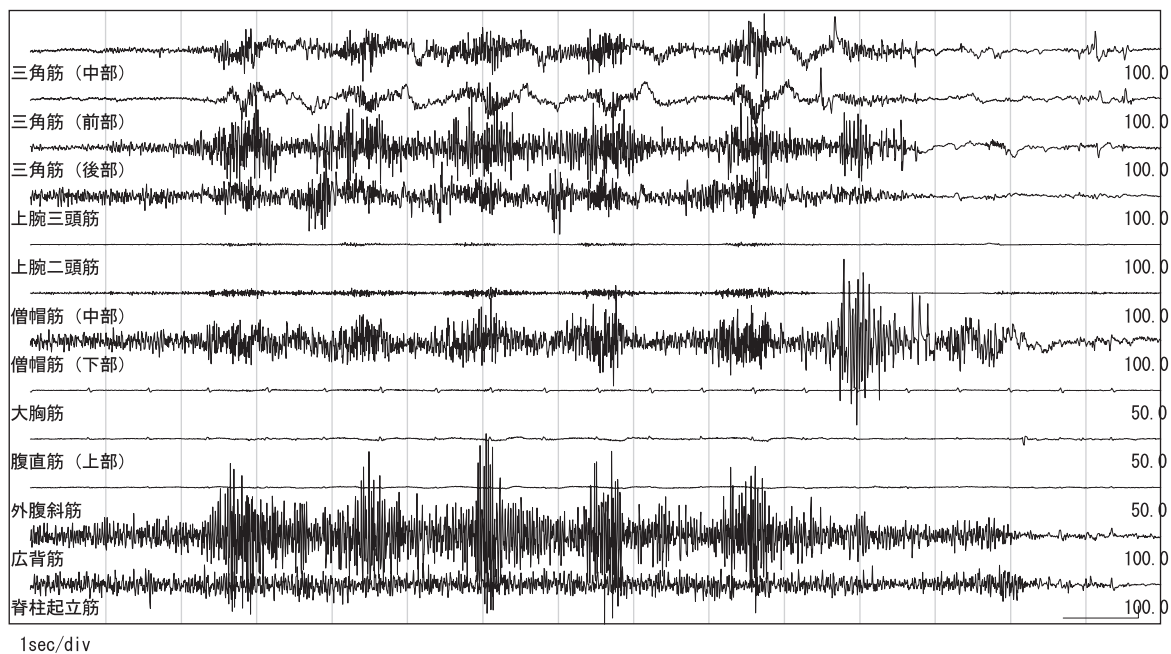


図 19 筋電図 (ベント オーバー ローイング 35kg、上半身)

被験者 : 男 27 歳、表示区間 15sec

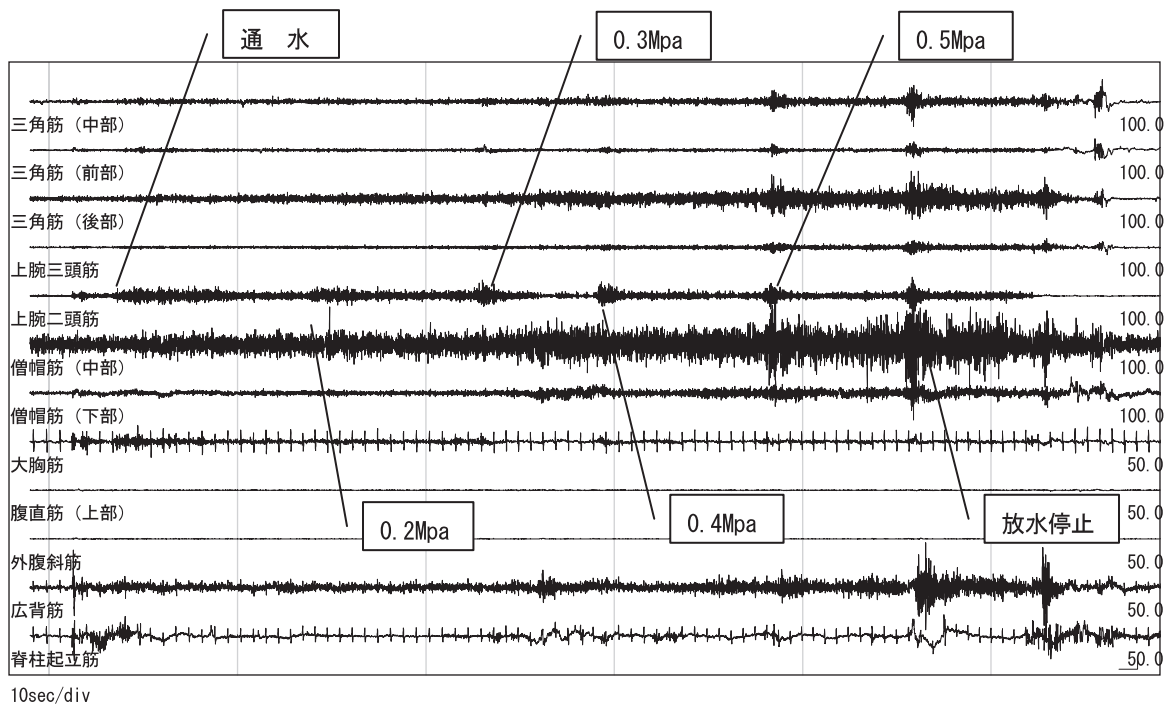


図 20 筋電図 (放水 0.2~0.5Mpa 定流量計 2、装備・上半身)

被験者：男 27 歳、表示区間 60sec

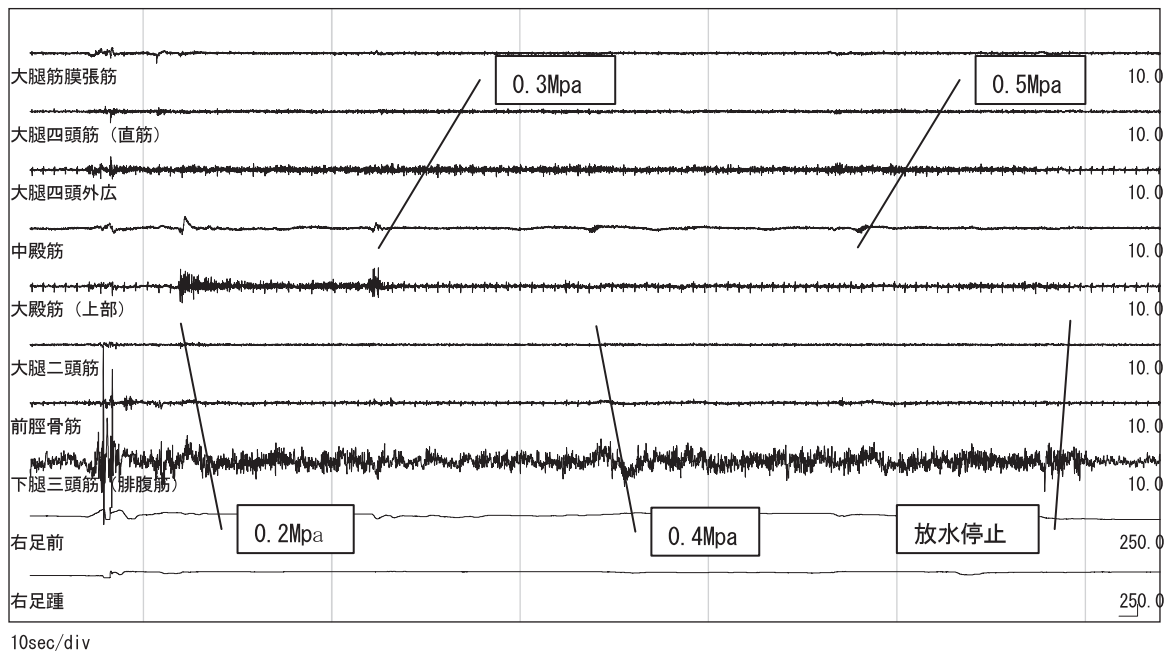


図 21 筋電図 (放水 0.2~0.5Mpa 定流量計 2、装備・下半身)

被験者：男 27 歳、表示区間 60sec

6 積雪状況下の歩行と駆け足

積雪状況下の歩行（写真12）と駆け足について比較検討するため、非装備と火災出動時の服装に300型空気呼吸器を着装（装備重量約20kg）した状態で、表面筋電図を導出した。

積雪状況下の歩行と駆け足では、非装備・装備にかかわらず、積雪の影響によって脚を蹴りだす動作で地面反力を利用できず、股関節まわりのトルクによる推進力を高めるために大殿筋、雪の抵抗を受けながら脚の膝を屈曲するために大腿二頭筋の筋活動が高くなっている。

非装備の歩行では、積雪にかかわらず足首の回転トルクによるつま先の蹴り出しが有効に機能しており、腓腹筋の筋活動が示されるが、装備時で腓腹筋の筋活動が低いのは、足首の力では装備による荷重に抗しきれず地面

反力を利用できないため、つま先の蹴り出しが有効に機能していないことが影響していると考えられる。

装備をしての積雪（20cm）上の駆け足では、外側広筋、中殿筋、大殿筋、脊柱起立筋などに高い筋活動が見られた。

これは、圧雪に比べて深雪でのバランス保持が、装備による負荷の増加によって一層負担となるためと考えられる。



写真12 積雪状況下の歩行

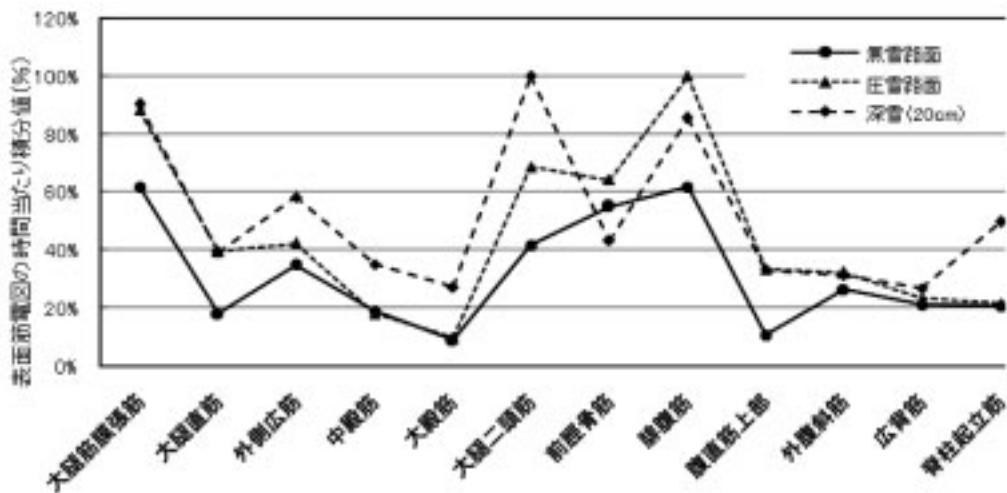


図22 積雪状況による歩行時（非装備）の筋活動の比較（被験者：男、49歳）

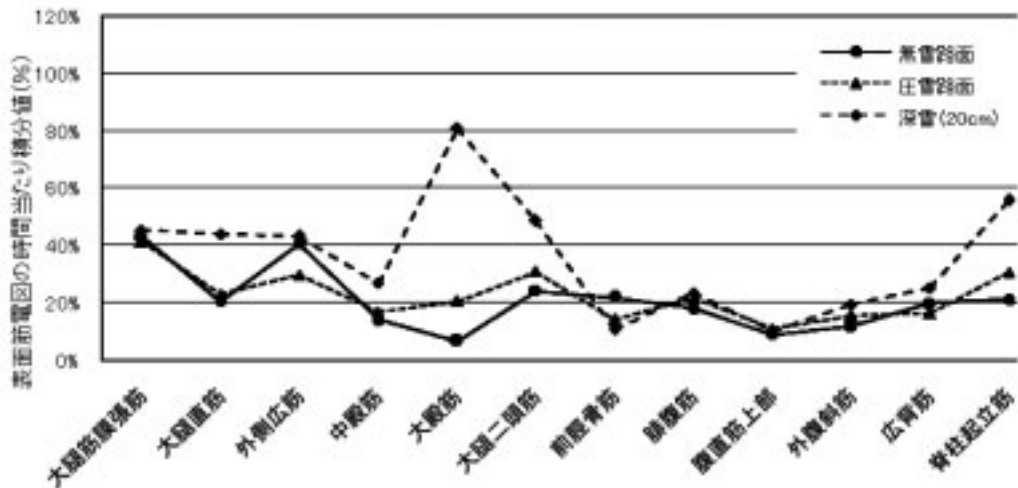


図 23 積雪状況による歩行（装備）時の筋活動の比較（被験者：男、49 歳）

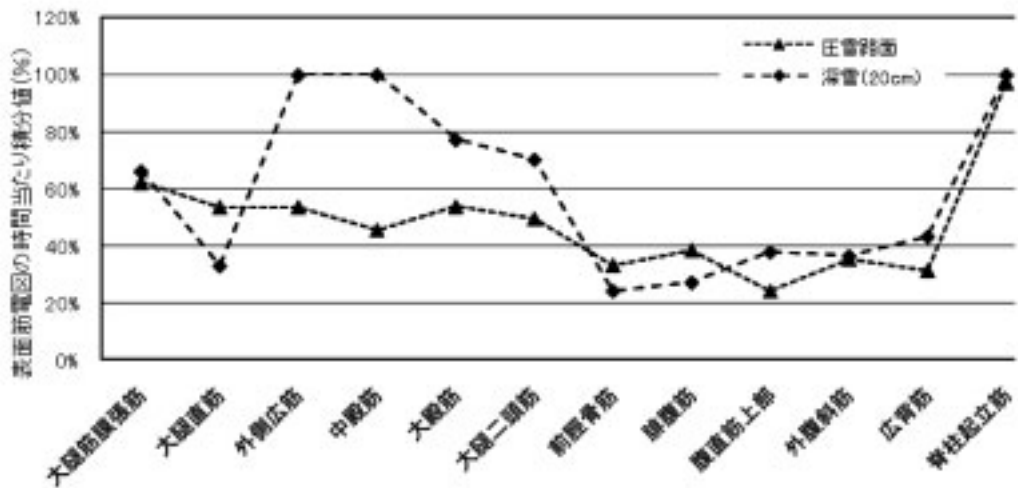


図 24 積雪状況による駆け足（装備）時の筋活動の比較（被験者：男、49 歳）

7 消防活動におけるバランス能力の重要性

積雪状況下での歩行と駆け足のテストにより、深雪や凍結路面での消防活動は、無雪地よりも厳しい条件でのバランス能力が要求されると推定されることから、バランス能力と下肢筋群の筋活動について検証するため、8種類の片足立ち（開眼・閉眼、装備・非装備、膝屈曲による片足挙上・後方への片足挙上）のバランステストを実施した。

図25、26は、バランステストにおいて時間当たり積分値が最も高かった筋活動を100%

として、片足立ち時の下肢筋群の筋活動を表したものである。

右足立ち、左足立ちとも、視覚情報を遮断した状態（閉眼）では、開眼時に比べてはるかに高い筋活動がみられる。

消防活動における暗闇の中での検索では、空気呼吸器の面体を着装し、視覚情報が制限された条件下で活動することとなる。さらには、積雪寒冷環境下においては深雪や凍結路面での消防活動など、無雪地よりも厳しい条件でのバランス能力が要求される。

Punakallioたち (2004) による、フィンランドの消防隊員135名 (33~56歳) を対象とした3年間の追跡研究から

- (1) バランス能力テストの多くの項目と主観的バランス能力評価は、体力と関係が深い。
- (2) 閉眼での体の動揺の振幅の平均値が重要

である。

ことが、明らかにされている。

これらのことから、消防職員の体力維持・向上においては、バランス能力の強化にかかわる筋群のトレーニングも検討されることが望まれる。

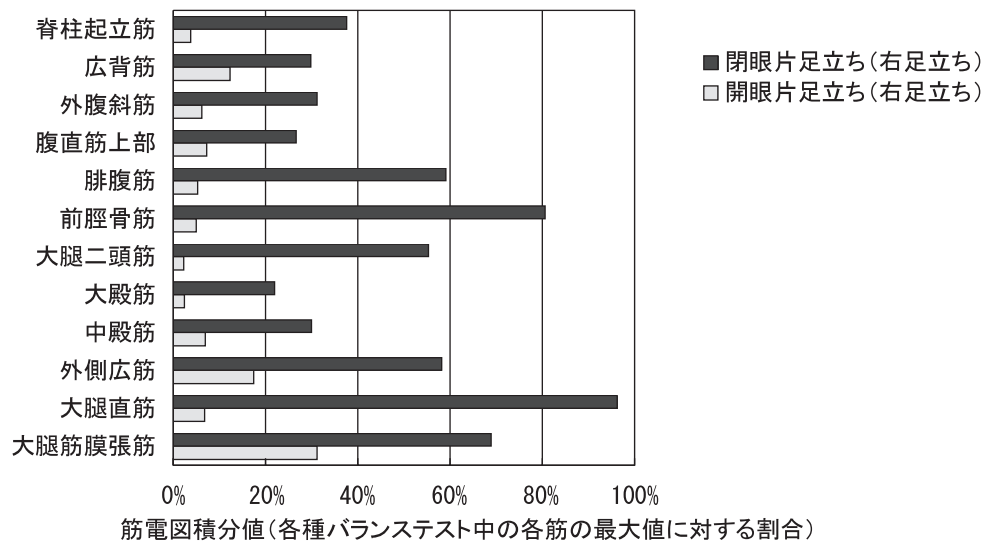


図 25 開眼片足 (右) 立ちと閉眼片足 (右) 立ちの脚筋群の筋活動の差 (被験者: 男性、49 歳)

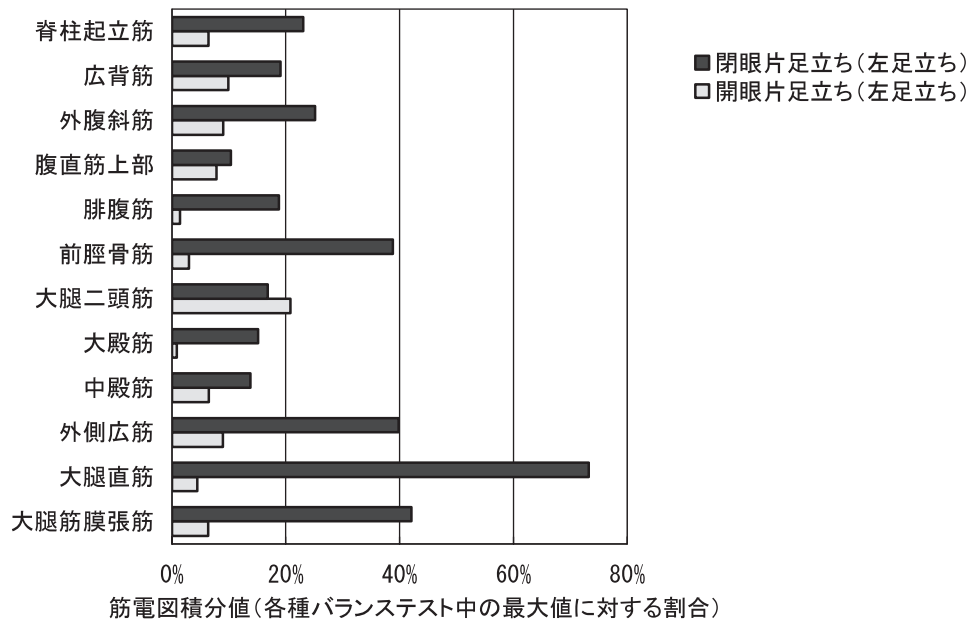


図 26 開眼片足 (左) 立ちと閉眼片足 (左) 立ちの脚筋群の筋活動の差 (被験者: 男性、49 歳)

8 まとめ

消防活動時のさまざまな動作においてどの筋がどの局面でどの位活動するか、その活動がどのような筋力トレーニングの動作と関連が見られるのかを検討するため、筋電図を記録し分析した結果、以下の点が明らかになった。

(1) 検索・救助の一連行動における「ほふく」の局面では、装備による重量負荷が増加した状態で、四肢全体を使って前屈した上半身を支えながら移動するため、上肢筋群では三角筋、上腕三頭筋に、体幹筋群では外腹斜筋、脊柱起立筋に、股関節筋群では中殿筋、大殿筋に、下肢筋群では大腿直筋、外側広筋、前脛骨筋に高い筋活動が見られた。

「ダミーの抱え上げ」、「立ち上がり」、「救出」局面では、背面の筋群の僧帽筋、広背筋、脊柱起立筋などに高い活動が観察され、「救出」の後進動作（後退り）では大腿二頭筋、腓腹筋にも高い活動が観察された。

(2) 火災出動時の装備をしての「歩行」、「駆足」、「階段上り」、「梯子昇り降り」などの移動動作では、非装備と比較すると、下肢筋群とともに脊柱起立筋、腹直筋、外腹斜筋などの体幹筋群の活動量の増加と、大殿筋、中殿筋など股関節まわりの筋活動の増加が注目された。

また、装備による重量増加と資機材搬送による負荷の増加が加わることによって、腹直筋、外腹斜筋などの体幹筋群に持続的な活動と、左右のバランス維持のために働いている中殿筋に活動の増加が特徴的に見られた。

これらのことから、消防活動の特徴である装備による荷重増加といった抗重力の負荷の増加に対応するためには、脊柱起立筋、大殿筋、大腿四頭筋などの強化が有効であると考えられる。また、資機材搬送にともなう重心の前後左右への動揺の負荷増加に対応するためには、体幹部の脊柱起立筋、腹直筋、外腹斜筋と、脚筋群の大腿筋膜張筋、中殿筋などのバランス維持に働く筋群の強化が有効であると考えられる。

(3) 「ロープによる資材引揚げ」では、僧帽筋、上腕二頭筋、広背筋などに顕著な筋活動が見られ、「ベントオーバーローイング」と類似の筋活動パターンを示し、僧帽筋、外腹斜筋、脊柱起立筋の活動は「ベントオーバーローイング」よりも高めであった。

(4) 「放水」の動作では、通水の瞬間以外は高い筋活動は認められないが、静的な筋収縮であること、送水圧の高まりに応じて筋活動も高まる様子が観察された。

(5) 積雪状況下での歩行と駆け足では、脚の蹴りだし動作時に地面反力による筋の弾性エネルギーが利用できないため、股関節を伸展してトルクを発生させる大殿筋や、膝を伸展させる大腿四頭筋、遊脚局面で下肢を雪面より上に挙げるため大腿二頭筋に高い筋活動が見られた。

また、深雪条件ではバランス保持のため、外側広筋、大殿筋、中殿筋、脊柱起立筋に高い筋活動が見られた。

(6) 本実験から得られた表面筋電図の分析によって、高い活動が見られた筋群をトレーニングするには、次のトレーニング種目が有効であると考えられる。

部 位	トレーニング種目
上肢筋群	プッシュアップ ベンチプレス アームカール
背筋群	ベントオーバーローイング ラットマシンプルダウン
腹筋群、 脊柱起立筋	シットアップ ツイスティング・シットアップ バックエクステンション ベントオーバーローイング
大殿筋、 下肢筋群	スクワット系種目 レッグプレス

また、バランス保持のためには、脊柱起立筋、中殿筋、大殿筋、大腿筋膜張筋、外側広筋などの筋群の強化が必要であり、特に歩行やランニング中のバランスには、中殿筋、大腿筋膜張筋が重要な働きをするといわれている。

情 報 提 供

炎天下における駐車車両の温度測定について

札幌市消防科学研究所 高橋 渉

【概要】

夏場の炎天下の自動車内は非常に高温になることが知られており、自動車内における火災等の潜在危険としてのスプレー缶や簡易ガスライターの破裂事故が予測される。

また、例年車内への乳幼児等の取り残しによる熱中症事故も発生している。

そこで、実際に夏場（8月中旬）の炎天下での自動車内の温度測定を実施したものである。

その結果、天候が快晴最高気温 34℃において、自動車内ではダッシュボードで最高 96.2℃、車室内で最高 61.1℃となったものであり、スプレー缶、簡易ガスライターのほか、ビン入りのアルコール濃度の高い製品（オーデコロン、ウオッカなど）、缶やペットボトルの炭酸飲料などは、温度上昇に伴い内容物の膨張で破裂の危険性があるので車内に放置しない。

さらに、車室内の温度は、比較的短時間で上昇するので子供や高齢者などが取り残されれば、脱水症状等を起こす可能性があることが確認できた。

1 はじめに

夏場の炎天下の自動車内は非常に高温になることが知られており、自動車内における火災等の潜在危険としてのスプレー缶や簡易ガスライターの破裂事故が予測される。そこで、実際に夏場（8月中旬）の晴れた日のダッシュボード上の温度測定を実施した。

また、例年車内への乳幼児等の取り残しによる熱中症事故も発生していることから、合わせて車室内の温度測定を実施した。



写真1 温度測定車両の外観

2 実験環境

実験日時 平成19年8月13日

9:30～15:00

場所 札幌市消防局総務部消防学校

屋外駐車場（アスファルト舗装）

天候等 晴れ

平均気圧 1009.9hPa

平均気温 31.6℃

平均風速 2.9m/s

（札幌管区气象台9:00から15:00の平均）

3 測定車両概要

(1) 車両①

T社製 乗用車セダン

車体色：濃紺

車両ガラス：全面クリア

(2) 車両②

D社製 軽乗用車ワゴン

車体色：シルバー

車両ガラス：後部座席側スモーク

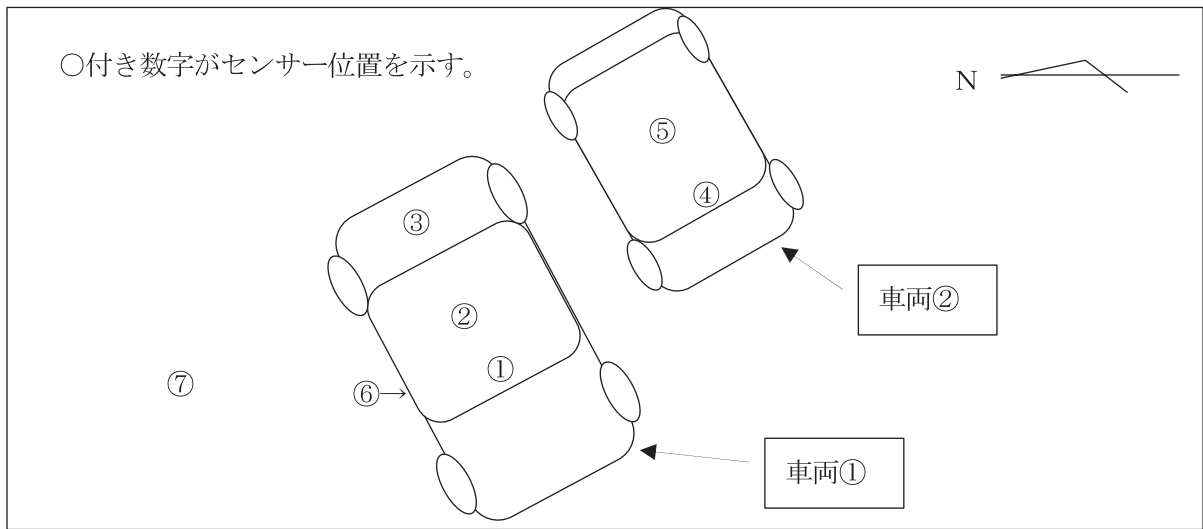


図1 車両測定温度図

4 温度測定位置

以下の各部ごとに温度センサー（熱電対）を設置し時間経過に伴う温度を記録する。（図1）

(1) 車両①

①ダッシュボード、②車室内中央、③トランクルーム

(2) 車両②

④ダッシュボード、⑤車室内中央

(3) 環境温度

⑥日陰の路面、⑦日向の路面

(4) 実験機器等

温度センサー（熱電対）
データ集積用パソコン
記録用カメラ

ダッシュボードは、直射日光の影響を直接受け、軽乗用車ワゴンで 87.0℃、乗用車セダンで 96.2℃まで上昇した。

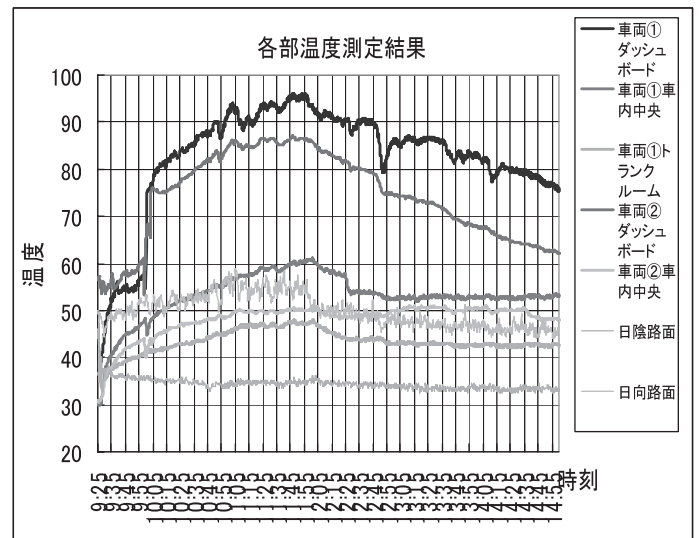


図2 各部時間経過による温度変化の推移

5 測定結果

炎天下での車内各部の温度がどれくらいまで上昇するかを測定した。

各車両のエンジンを駆動させエアコンで車内を冷却した状態からエンジンを停止し、車内各部の温度を測定した。

車室内の温度は外気温の増加よりも、日射による影響を受け午前 11 時には両車両とも 50℃以上になった。

※ 車両①、車両②のダッシュボードの温度が 10:00 で急激に変化しているのは、センサーの接触部を修正したための変化である。
(9:45~10:00 の間が低く計測されている)

表1 車内各部の最高温度 (単位: °C)

車両	ダッシュボード	車内中央	トランクルーム
車両①	96.2	61.1	48.0
車両②	87.0	50.8	—

6 考察

各部の温度測定から、ダッシュボードの温度が午後になって低下してきているが、これは直射日光の影響を受けており、午後になってからの太陽光線の入射角度が下がることから低下してきていることがうかがえる。車内中央の温度を見ると車両①の乗用車セダンはダッシュボードの温度変化と類似した温度変化に対して、車両②の軽乗用車ワゴンは温度変化が少なくなっており、今回の測定では乗用車セダンの方が日光の影響を受けている。これについては、車両形状、車体色及び車両ガラスの相違が要因と考えられるが、被試験車両が少ないため要因を特定するには至らない。

その他、今回の温度測定の結果からスプレー缶、簡易ガスライター等についての危険性について文献等により調査した内容を記載する。

(1) スプレー缶

高圧ガス保安法等の容器の基準によると、「35°Cで0.8MPa以下のガスを使用し50°Cにおける圧力の1.5倍で変形せず、かつ1.8倍で破裂しないもの。ただし、圧力1.3MPaで変形せず、かつ、圧力1.5MPaで破裂しない容器に充てんされたものにあつては、この限りでない。」となっており、今回の実測データでは直射日光の当たるダッシュボードで約90°C、直射日光の当たらない車室内でも約60度まで上昇しており、缶の内容物の圧力(内容物の熱膨張)や缶内の気圧(内容物の飽和蒸気

圧)が高まり破裂する可能性がある。

スプレー缶については、その内容積、充填内容物の種類などによって一概に破裂温度を具体的に特定することができないが、過去に当研究所で行った内容量250gのLPG簡易カセットボンベの破裂実験からも表面温度が86°Cで破裂した実績があり、今回の車両の温度測定結果と勘案すると特にダッシュボードなど直射日光で高温になる部分では破裂する危険性が高いものである。

(2) 簡易ガスライター

簡易ガスライターについては、財団法人製品安全協会の「SG認定基準」によると55°Cにおける使用燃料の蒸気圧の2倍の圧力に耐えることとされている。消費生活センターで行った簡易ガスライターの温度上昇による商品の耐圧テストの結果、65°C~90°Cでほとんどの製品からガスが噴出したり、一部の製品では燃料層の接続部が外れたり破裂したものが認められたとの結果がある。このことから、スプレー缶と同様に簡易ガスライターについても車両内に放置しておく温度上昇に伴い破裂の危険性がある。

なお、参考として当市においても過去にダッシュボードに置き忘れていた簡易ガスライターが破裂してフロントガラスにひび割れを生じた事例がある。

(3) その他

スプレー缶や簡易ガスライターのほか、高温になる車両内に放置して危険を伴うと思われるものとして、アルコールなど揮発性の高いビン入りの製品(オーデコロン、ウオッカなど)、缶やペットボトル入りの炭酸飲料などは温度上昇に伴い内容物の熱膨張により内圧が高まり破裂する可能性があるため車内に放置してはいけない。

(4) 熱中症について

炎天下では、比較的短時間で車内温度が上

昇し、最高で61.1℃となった。直射日光の当たるダッシュボードでは96.2℃となった。これらの状況から、子供や高齢者が車内に取り残されれば、脱水症状等を起こすおそれがあることが確認できた。

また、昨今はペットが家族と同様に扱われている時代であるが、同様にペットが車内に取り残されれば脱水症状等を起こす可能性がある。今回の温度測定を通じて、車両内への危険物品の放置による火災や破裂事故、車両への子供などの置き去りによる熱中症事故などの防止への注意事項を喚起するための参考になれば幸いである。

【参考文献等】

- ・ 国民生活センターホームページ
- ・ 群馬消費生活センターホームページ
- ・ 財団法人製品安全協会ホームページ

硫化水素の発生除害について

札幌市消防科学研究所 高橋 渉

【概要】

酸性トイレ洗剤 50とイオウ系入浴剤 40を混合し硫化水素を一坪タイプ浴室で発生させた場合、均一に混合したと仮定した場合の濃度は概ね 1.7%と推定され爆発下限界に達しない。

また、酸性トイレ洗剤とイオウ系入浴剤の混合液が淡緑白色の場合には酸性、黄色の場合にはアルカリ性であることが分かった。

さらに、反応している液体が酸性の場合、中和剤としては炭酸ナトリウムで中和し硫化水素の発生を停止することが出来ることが実証できた。

1 はじめに

硫化水素による自殺方法は、インターネットを通じて紹介され全国的に相次いで発生しており、今後ともこの種の事案発生の可能性が考えられ、硫化水素に関して、発生量や薬剤による中和方法など実証実験をおこない、硫化水素の漏出事現場の安全管理に資するため確認実験を行うものである。

2 実験内容

- (1) 酸性トイレ洗剤（塩酸 9.5%含有）50ml原液を中和するために必要な中和剤量の確認
酸性トイレ洗剤（塩酸 9.5%含有）50ml原液に各中和剤を投入し中和するまでの薬剤量を滴定した。

ア 炭酸ナトリウム粉末

必要粉末 8(g)、粉末を投入すると激しく気泡が生じ液面が泡立った。

イ 炭酸ナトリウム水溶液（濃度 160 g / l）

水溶液 46.2ml（粉末に換算すると 7.3 g）、溶液を投入すると激しく泡立つが、粉末に比較すると穏やか。



写真 1 実験使用洗剤



写真 2 炭酸ナトリウム



写真 3 炭酸ナトリウム溶液での中和

ウ 粉石けん粉末

粉末が液体表層で固まり溶解せず、中和出来ない。



写真4 粉石けん

エ 粉石けん水溶液(濃度 63g/l)

水溶液 362.4ml (粉末換算で 23 g)、溶液を投入すると泡立つが、炭酸ナトリウム溶液に比較して穏やかな反応。



写真5 粉石けん水溶液中での中和状況

オ 上記ア～エ中和反応の際に気泡が生じ泡立つ反応が見られたが、この気体を採取し検知管で分析した。結果は、二酸化炭素であることを確認した。

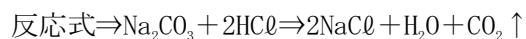


写真6 気泡の気体成分採取状況

カ 炭酸水素ナトリウム粉末(重曹)

必要粉末 12 g、粉末を投入すると気泡が生じ容器から溢れるくらい泡だった状態となり攪拌の作業が困難であった。

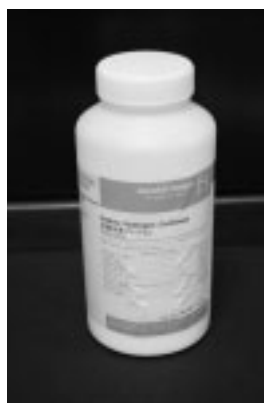


写真7 実験の炭酸水素ナトリウム



写真8 炭酸水素ナトリウム粉末による中和

キ 炭酸水素ナトリウム水溶液(濃度 500g/l)

水溶液を入れるも、中和まで容器の容量が不足のため実験を中断した。(上記実験力から 240ml程度と推定)

気泡が生じてから消えるのにかなり時間を要した。

また、薬剤は、水に溶解し難く試薬 1gあたり 20mlの水が必要であった。



写真9 炭酸水素ナトリウム水溶液による中和

ク 上記カ及びキの中和反応の際に気泡が生じ泡立つ反応が見られたが、この気体を採取し、検知管で分析した。

結果は、二酸化炭素であることを確認した。

反応式は次のとおり



(2) 酸性トイレ洗剤とイオウ系入浴剤混合によるガス発生量の測定

酸性トイレ洗剤 20mlとイオウ系入浴剤 16mlを反応させた際に発生する気体をガス採取袋に収集し、その容量を量った。

結果：498.9ml

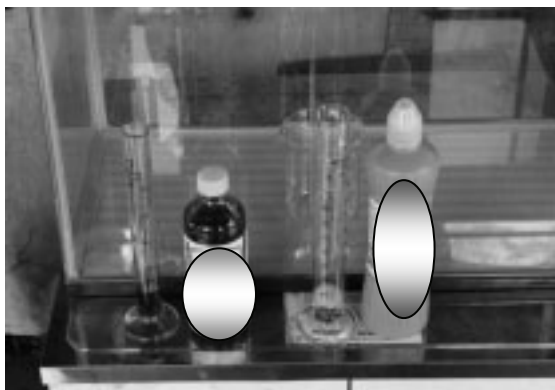


写真10 硫化水素発生状況



写真11 硫化水素採取状況

3) 発生ガスの成分分析

酸性トイレ洗剤 10mlとイオウ系入浴剤 10mlを反応させた際に発生する気体成分をコンビネーションガス検知器 (GX-94)、ガス検知管で計測及び分析を行った。

ア コンビネーションガス検知器の測定結果

HC (可燃性ガス) = O L E L

O₂ = 20.9% (変化なし)

H₂S = MAX (99.5PPM 以上)

CO = MAX (500PPM 以上)

※ 2時間経過後において測定した結果では、H₂S と CO は MAX 表示となり反応が継続していることが確認できた。



写真12 ガス濃度測定状況

イ ガス検知管での分析

H_2S =60PPM 以上

CO =1000PPM 以上

SO_2 =検知なし



写真 13 検知管による検知状況

ウ 一酸化炭素専用ガス検知器による測定

上記実験ア及びイにおいて CO が検知されているが、コンビネーションガス検知器及び CO 検知管の取扱説明書によると硫化水素が CO の干渉ガスとして確認されていることから、酸性トイレ洗剤とイオウ系入浴剤を反応させ発生ガスに一酸化炭素が含まれているかを一酸化炭素専用検知器 2 台（HODAKA:HT-1210+、RIKENKEIKI:CO-01）にて測定した結果、一酸化炭素の発生は無いことを確認した。



写真 14 CO 専用測定器によるガス測

(4) 硫化水素発生除害に関する実験

ア 反応液の pH 測定

① 酸性トイレ洗剤 10ml とイオウ系入

浴剤 10ml を反応させた場合

反応液の色は黄色を呈し $\text{pH}=10$ （アルカリ性）となる。

※ 反応液がアルカリ性を示していても硫化水素の発生は継続していた。

② 酸性トイレ洗剤 10ml とイオウ系入浴剤 8ml を反応させた場合

反応液の色は淡緑白色を呈し $\text{pH}=1$ （酸性）となる。



写真 15 混合割合による反応液の相違
左：アルカリ性、右：酸性

イ 反応液中和剤の投入実験

① 上記アの各反応液に炭酸ナトリウム溶液（濃度 100 g/l）10ml を投入し硫化水素の発生状況等を観察する。

a. 炭酸ナトリウム溶液を加えても変化無く硫化水素の発生も継続した。

溶液の $\text{pH}=11$ （アルカリ性）を示した。

b. 炭酸ナトリウム溶液を加えると液面が泡立った後、硫化水素の発生は無くなった。

溶液の $\text{pH}=7$ （中性）を示した。

② 酸性トイレ洗剤 20ml とイオウ系入浴剤 16ml を混合させた反応液を水で希釈してから、炭酸ナトリウム溶液（濃度 100 g/l）を投入し硫化水素の発生等を観察する。

$\text{pH}=2$ の反応液を水で 10 倍に希釈 $\text{pH}=3$ 、水で 100 倍に希釈 $\text{pH}=4$ （弱酸性）となる。

これに炭酸ナトリウム溶液（濃度 100 g/l）10mlを加えると pH=8（弱アルカリ性）となったが硫化水素の発生は数 PPM 単位での発生が継続することを確認した。



写真 16 炭酸ナトリウムによる中和実験

3 まとめ

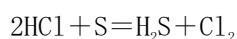
（1）硫化水素の発生量について

インターネット掲示板での自殺マニュアルでは酸性トイレ洗剤 5l とイオウ系入浴剤 4l を混合させて実施と記載されていることから、この分量による硫化水素の発生量を推計する。

実験（2）から、酸性トイレ洗剤 20ml とイオウ系入浴剤 18ml で 498.9ml の硫化水素が発生しており、自殺マニュアルによる分量ではこの 250 倍の約 125l の硫化水素が発生することになる。

<参考> 化学反応式から推計

（酸性トイレ洗剤＝塩酸 9.5% としてイオウ成分と完全に反応すると仮定した場合）



塩酸 9.5% × 5l = 95 × 5 = 475 g (13 モル)

硫化水素 : 6.5 モル ⇒ 22.4l / モル × 6.5 モル
= 145.6l

この発生量から 1 坪の浴槽（高さ 2.2m）とすると、発生硫化水素 125l / 浴室容積 7,260 l = 17,217.6PPM となり浴室内に均等に混じった場合には爆発下限界の 4.3% (43,000PPM) まで達しないことになる。

しかしながら、硫化水素の比重が 1.19 と空気に比較して重たいことから、浴室内の床面近くでは爆発限界に達している可能性を否定できない。

（2）硫化水素発生反応液の中和に必要な薬剤量について

実験（2）から、酸性トイレ洗剤 5l の酸を中和すると仮定した場合。

炭酸ナトリウム ⇒ 800 (g)

炭酸水素ナトリウム（重曹） ⇒ 1,200 (g)

粉石けん ⇒ 2,300 (g)

3 種類の中和実験を行った結果では、炭酸ナトリウムが最も少ない量で中和できた。これを水溶液として使用するためには、800 (g) の試薬を 5l の水に溶かして使用する。

また、粉石けんについては、粉末のままでは反応液に溶解せず使用できなかった。水溶液とする場合には 2,300 (g) の粉石けんを 36.5l 以上の水で溶かす必要があった。

さらに、炭酸水素ナトリウム粉末については、反応液の泡立ちが激しく泡消えし難しく作業性が悪い。また、水溶液としても炭酸水素ナトリウム 1,200 (g) は 24l 以上の水に溶かす必要がある。粉石けんと炭酸水素ナトリウムについては、水に溶かす作業が煩雑になることがわかった。

以上、中和について実証実験を行った結果。炭酸ナトリウム (Na₂CO₃) が最も効果的であった。

（3）炭酸ナトリウムによる中和について

酸性トイレ洗剤 5 : イオウ系入浴剤が 4 の割合で混合した場合については、反応液は酸性であった。また、酸性トイレ洗剤と

イオウ系入浴剤が同量の場合に反応液はアルカリ性であることが判明した。また、液体の色は酸性の場合には淡緑白色を呈し、アルカリ性の場合には黄色を呈することを確認した。

それぞれの場合において炭酸ナトリウム水溶液を投入した場合には次のようになった。

ア 反応液が酸性の場合

炭酸ナトリウムの成分と反応液の酸が反応して、硫化水素の発生反応を止めることが出来る。また、残った溶液についても pH=7（中性）となった。

イ 反応液がアルカリ性の場合

炭酸ナトリウムの成分がアルカリの性状なので、酸と反応せず硫化水素の発生反応が数 10PPM 程度で継続した。

(4) その他

コンビネーションガス検知器の作動について、取扱説明書によると高濃度の硫化水素に暴露した場合に内部フィルターが汚染され、COセンサーが作動する可能性があるとの説明があることから、今回の実験を含めて災害現場においてもCOセンサーが反応して表示する可能性がある。

(5) 硫化水素発生現場における除外活動の留意事項について

ア ガス検知活動を行い硫化水素が発生している場合については、炭酸ナトリウム水溶液を作り反応液の中和を行う。

イ 炭酸ナトリウム水溶液の作り方

水 2ℓに対して炭酸ナトリウムのボトル(500g)約半分(250g)を入れ、よくかき混ぜる。溶け残った場合については、上澄み液を使用する。

ウ 炭酸ナトリウム水溶液を静かにかき混ぜながら混合する。液の表面に泡（炭酸

ガス）が発生する。ガス検知をしながら硫化水素の発生が止むまで炭酸ナトリウム水溶液を入れる。

エ 硫化水素の発生が止んだ場合、反応液はほぼ中性(pH=7)になっているので、水で薄めながら、下水に流すことができる。

オ 硫化水素の発生が無く、反応後の液が残っている場合には、大量の水で薄めて下水に流して処理する。

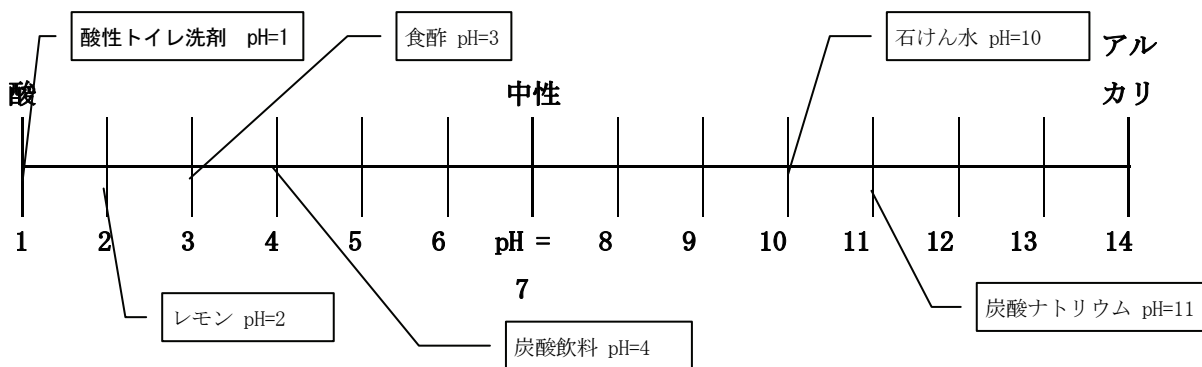
酸性トイレ洗剤 5ℓとイオウ系入浴剤 4ℓの場合を想定した場合には、水 1,000ℓ程度で薄める。【pH=1 を水で 1000 倍に薄めると pH=4（炭酸飲料程度）となる。】

今回の実験では、硫化水素の発生量などから実災害で想定される濃度の推計、災害現場での硫化水素の発生を停止するための中和剤として考えられる試薬の確認などを行ったものであり、この結果が安全な現場活動の一助になれば幸いである。

【参考文献】

- 1) GASTEC, 一酸化炭素検知管取扱説明書
- 2) RKI, GX-94 Operator's Manual
- 3) RKI, Model GX-2003 Operator's Manual

【参考】身近な物質の pH について



高層建築物の排水溝等から硫化水素発生について

札幌市消防科学研究所 菅原 法之

1 最近の硫化水素災害について

平成20年3月ころから、硫化水素関連の出動が急増している。

これらは酸性洗剤と硫黄含有入浴剤や硫黄含有農薬等を混合し、人為的に硫化水素を発生させて、自殺を図る事案がほとんどであり、札幌市内でも数多くの同様の事案が発生している。

今回、これらの事案とは異なる原因の硫化水素関連の出動が、平成20年8月に中央区の23階建て高層建築物で発生した。

この出動は、高層建築物屋上の雨水排水溝から硫化水素臭がするというものであった。

硫化水素に関してはマスコミ等の報道で最近は市民も敏感になってきている。

硫化水素は人為的に発生させる以外にも、自然界や都市の生活環境下でも発生する可能性があり、十分な注意が必要である。

2 硫化水素の発生する可能性がある場所

硫化水素は一般的には火山あるいは温泉地帯において、地下のマグマに溶け込んでいるものが分離して空気中に放出されており、温泉地帯でたまごの腐ったような臭いがするのは、この硫化水素が原因である。

温泉地帯の場合は、硫化水素はすぐに大気に拡散されるため、硫化水素放出口やくぼみ等以外の場所において硫化水素が高濃度になることは、ほとんどない。

他にも、自然界の硫酸や硫酸塩を分解、還元し、その酸素を利用している嫌気性細菌(空気のない状態でしか生きることのできない細

菌～硫酸還元菌)の活動で常に生成されている。

ただし、この嫌気性細菌は自然界のどこにでも繁殖しているわけではなく、酸素欠乏状態の地中、河川、湖沼及び港湾等の汚泥中等において繁殖し、これらの場所で僅かに発生する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、この嫌気性細菌の活動により硫化水素が発生している。



読売新聞 20. 8. 9 付朝刊

また、人工的な発生源としては、汚水や、し尿を貯蔵するタンクや配管等の中に汚水等が長時間滞留すると、空気が供給されないため、汚水が嫌気性細菌等によって還元されて硫化物が生成し、これが空気に触れて硫化水素が発生することがある。

さらに、雨水管内の沈殿物中に含まれている動植物の蛋白質の分解や、この沈殿物中に含まれている硫酸塩に対する硫酸還元菌の作用により硫化水素が発生しており、食品工場等からの排水には含硫蛋白質や含硫アミノ酸などが含まれている場合があり、これらからも硫化水素が発生している。

他にも、雨水の酸性化により生成される硫化ナトリウムから硫化水素が発生する場合もある。

3 高層建築物等で発生した場合の対応について

- (1) 汚水や、し尿を貯蔵するタンクや配管等の設備を確認し、排水ポンプ等に故障が発生していないか、これらのポンプ室等の換気設備に故障はないか、また、排水ポンプや配管等を定期的に点検し、清掃しているか、さらには、常に清潔良好な状態に維持管理しているかなどを確認する。
- (2) 汚水や、し尿を貯蔵するタンクの排水ポンプの始動水位が適正に設定され、汚水等が長時間溜まらないようになっているかを確認する。
- (3) ばっ気装置（攪拌併設）が設置されている場合は、この装置に故障が発生していないかを確認する。このばっ気装置は汚水等を攪拌するので、硫化水素発生防止には有効な設備である。

4 その他

今回の出動においても、消防隊のガス検知

器で硫化水素とともに一酸化炭素（以下「CO」という）を検知した事例があった。

当局のガス検知器は高濃度の硫化水素に暴露した場合、ガス検知器内部のフィルターが汚染され、COが実際に発生していなくても、COセンサーが作動する場合がある。

ただし、実際には硫化水素とCOが両方漏洩している現場の可能性もあるので、十分注意して活動する必要がある。

硫化水素の許容濃度は、労働安全衛生法の酸素欠乏症等防止規則（最終改正～平成15年12月19日厚生労働省第175号）第5条（換気）では硫化水素中毒にかかるおそれのある場所（酸素欠乏症等防止規則において第二種酸素欠乏危険作業場所と規定されている）における作業では、硫化水素濃度を10 ppm 以下に保つように換気しなければならないと規制されている。

これは作業場所における硫化水素の管理濃度が10 ppm を超える場合は、空気保護具が必要となることをいうものであり、従前は一般的に硫化水素の濃度は10 ppm 以下としなければならないとされていた。

しかし、現在では厚生労働省の日本産業衛生学会及び、アメリカ産業衛生専門家会議では、人体への硫化水素の許容濃度は5 ppm と提言されており、各種文献等では許容濃度5 ppm を基準としているものが多い。

これらは、管理濃度と許容濃度で区別されているので、作業場所の管理濃度は10 ppm、人体への許容濃度は5 ppm と考えて差し支えない。

また、COの人体への許容濃度は50 ppm である。

※ 1 管理濃度

作業場所の空気中に含まれている有害物質の濃度を一定のレベル以下に保つための

基準。わが国独自に定めた有害物質に関する作業環境

※ 2 許容濃度

作業者個人が吸収する有害物質の量をあるレベル以下に保つための基準。

平成 19 年度職員提案制度における優秀及び秀賞受賞作品について

札幌市消防科学研究所 吉永 直樹

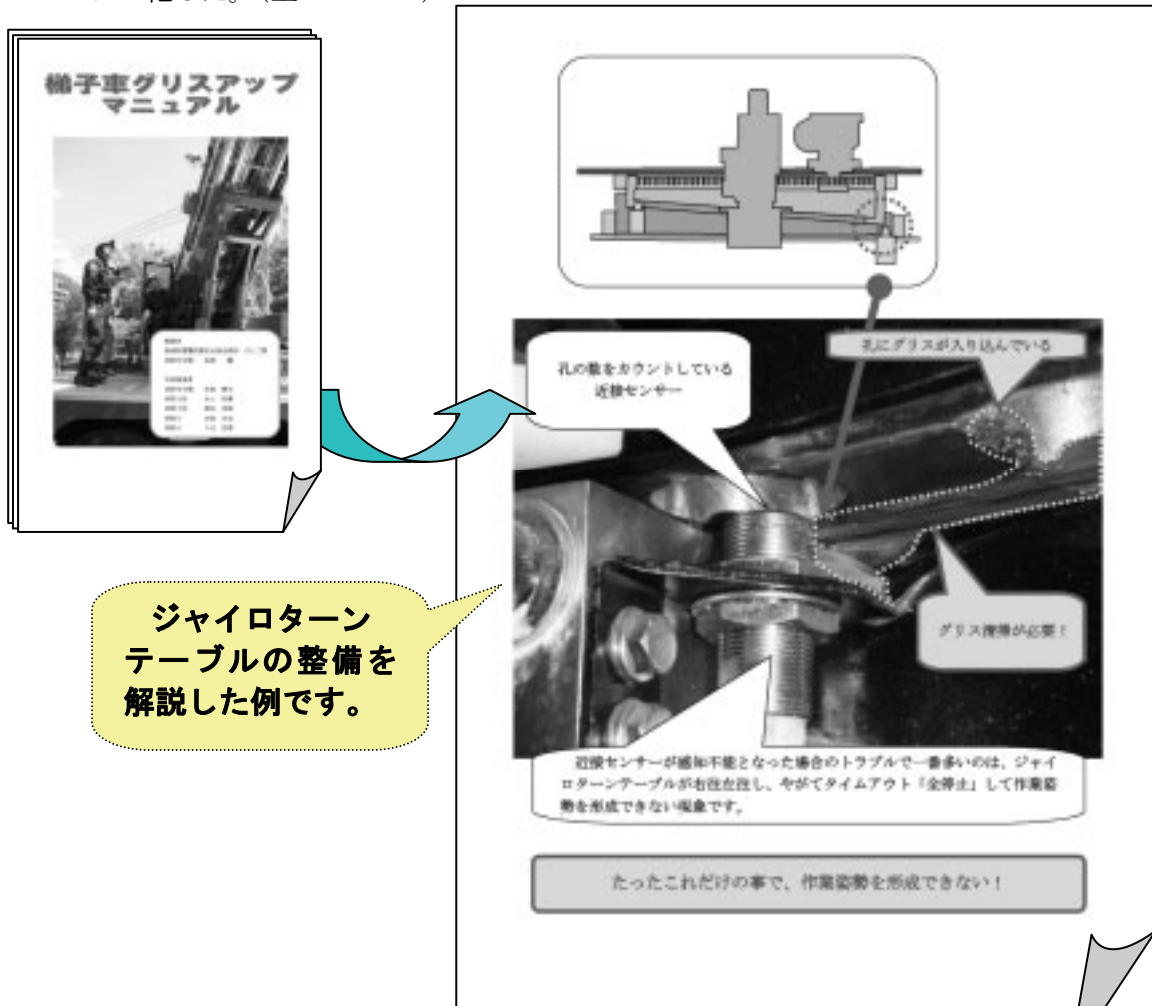
【はじめに】

平成 19 年度の札幌市消防職員提案は、斬新で様々な工夫を凝らした全 21 件の提案を受理いたしました。厳正な審査の結果、優秀賞 1 件、秀賞 6 件及び努力賞 14 件という結果となり、秀賞以上に輝いた提案者 7 名に対し、3 月 10 日、消防局長より表彰状が授与されております。

この度、優秀及び秀賞を受賞した提案についてその概要を紹介いたします。

1 「梯子車グリスアップマニュアル」の作成（優秀賞）

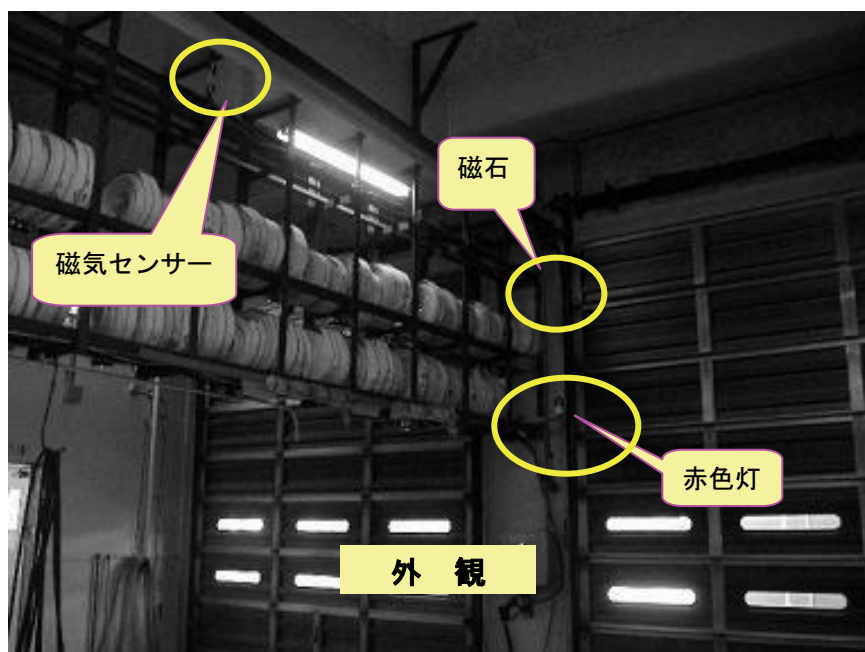
梯子車の梯体整備についての考え方やグリスアップ作業方法、注意点についてわかり易く、詳細にマニュアル化した。（全 30 ページ）



担当者が整備箇所や方法を理解し車両構造に精通することで、事故防止による整備費の軽減ができるほか、常に災害出動に備えて車両の性能を最高の状態に維持することができるなどの効果が期待できる。

2 庁舎シャッター開放検知装置（秀賞）

車庫のオーバースライダー式シャッターの完全開放状態を磁気センサーにより感知し、赤色灯で表示することで出入庫時の車両とシャッターの衝突事故を防止する。



現 状
半開き状態で停止したシャッターとの接触事故が度々発生し、業務遂行に重大な支障をきたしている。

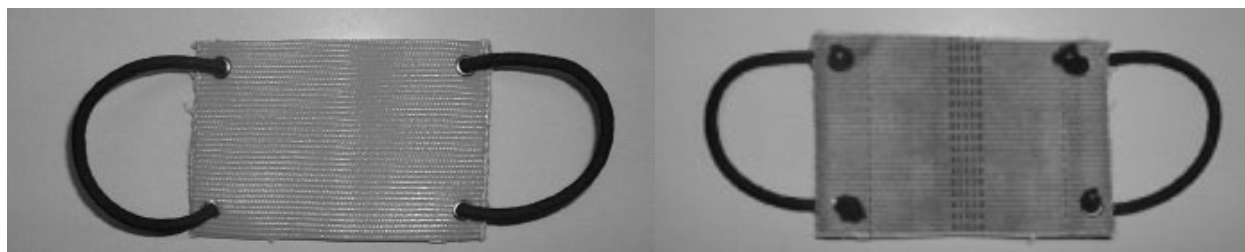


庁舎シャッター開放検知装置使用
シャッターの完全開放を感知し、赤色回転灯が発光。
「人」による一次及び二次の確認に、「機械的」に三次確認を付加し、より効果的に事故防止を図ることができる。

3 オートロックドアのラッチボルト固定器具の考案について（秀賞）

オートロック式屋外階段ドアのドアロックが掛からないようラッチボルトを有効に固定できる器具を製作した。

外観（廃棄ホースを利用）



表側

裏側



ラッチボルト



ゴムを伸ばしドアノブに掛ける



ラッチボルトの固定完了



ドアの完全閉鎖を防ぎ活動を円滑化

ラッチボルト固定器具使用

ゴム製固定器具を用いることでドアを痛めることなく容易にラッチボルトを固定し、ドアロックを回避する効果が期待できる。また、固定器具は小型で持ち運びが容易であるほか、廃棄ホースを利用しているため、製作費用が安価であるなどの利点がある。

4 警戒テープ巻取り器の考案について（秀賞）

警戒テープを一人で容易に展張・収納ができる補助器具を作製した。



現 状

巻き取りに時間を要するため、引揚げ時に一抱えにして車両に積載し、帰所後2名程度で巻き取り収納しており非効率である。

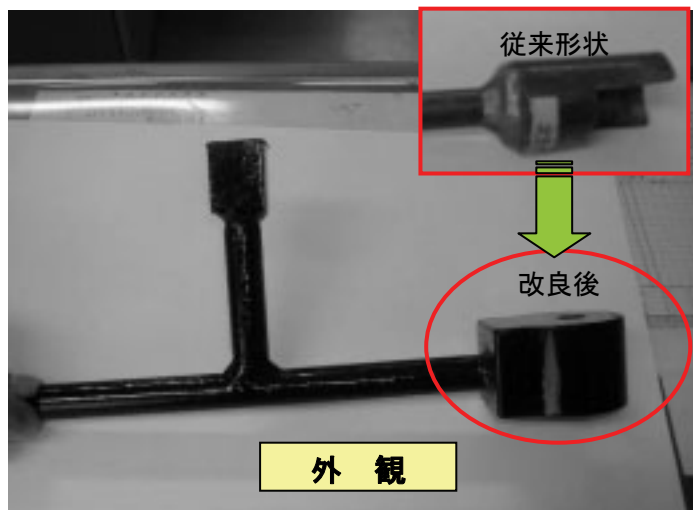


警戒テープ巻取り器使用

一人でスムーズな展張と短時間の巻き取り収納が可能となる。

5 消火栓レンチの改良について（秀賞）

双口消火栓用バタフライ弁の開閉を容易にするため、消火栓レンチを改良した。



現 状

繰返し操作すると変形し、バタフライ弁に浅くしかかからないため、レンチが滑って操作時外れ易く非効率である。

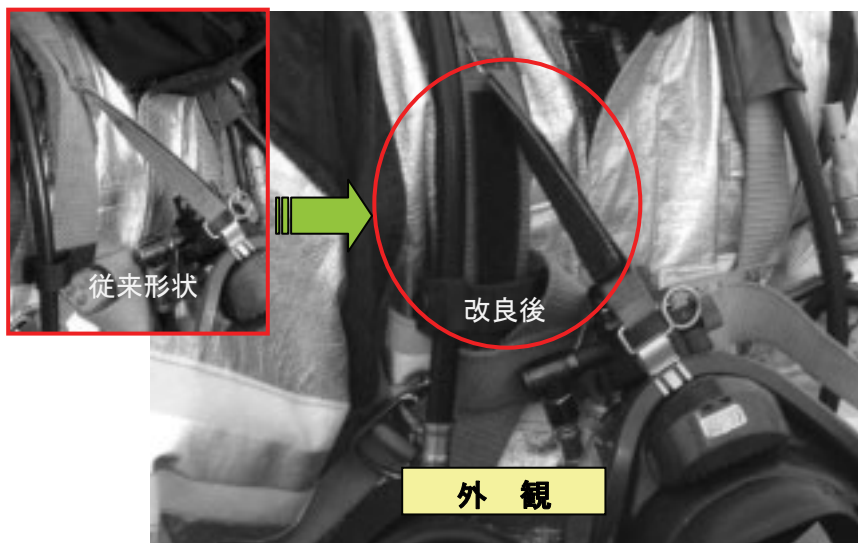


改良型消火レンチを使用

バタフライ弁の形状に合わせているため繰返し操作しても変形せず、また、弁全体を覆っての開閉操作が可能であることから、操作中外れることがなく容易に開閉できる。

6 面体保護バンドの固定について（秀賞）

面体の揺れを最小限度に抑えるため、面体保護バンドと背負いバンドをマジックテープにより固定する。



現 状（ホース撤収時の例）

面体が垂下しているため、ぐらついた面体が活動の障害となる。

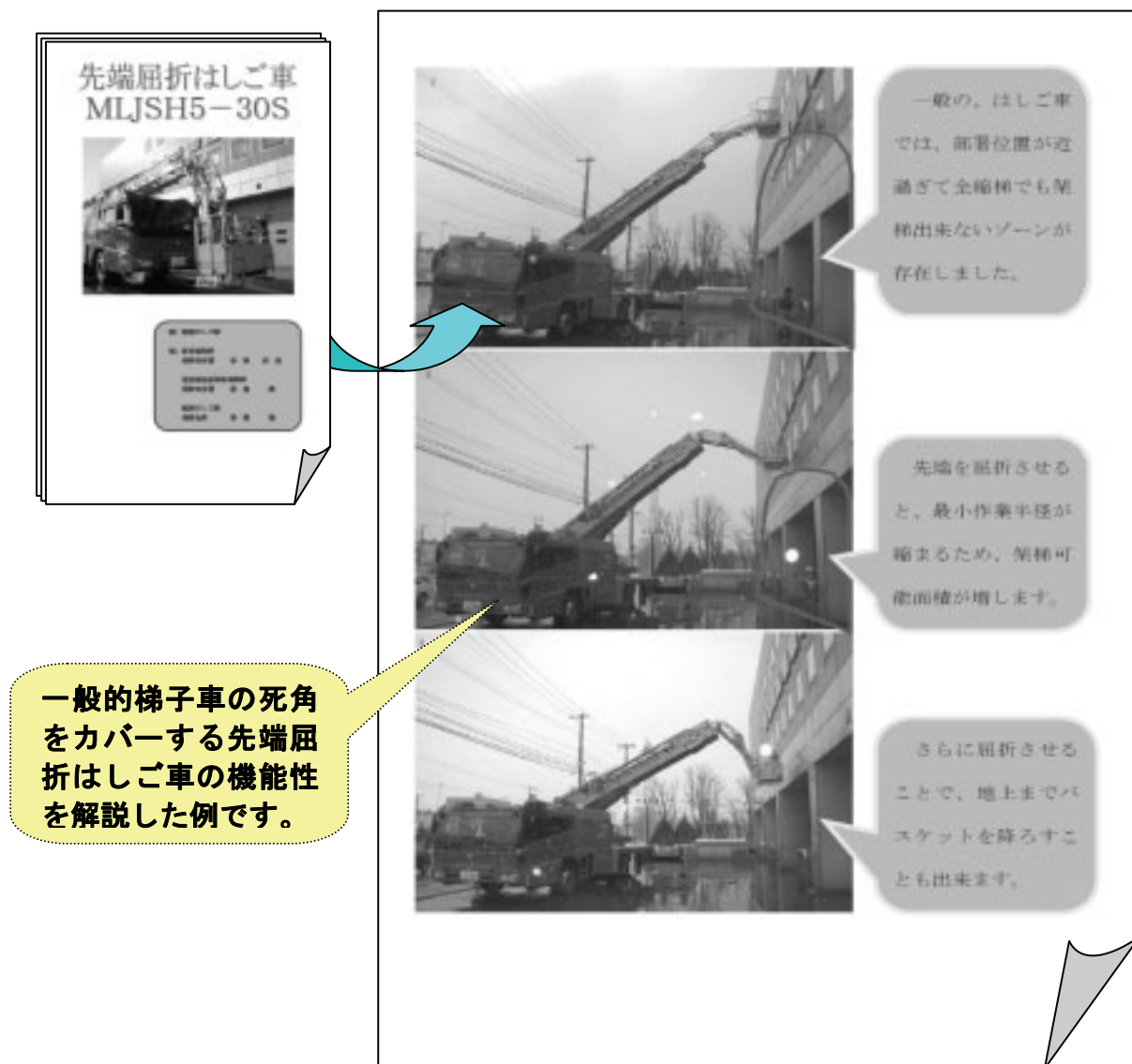


面体保護バンド固定後

面体が固定されているため、障害とならずスムーズに活動できる。

7 「先端屈折はしご車MLJSH5-30S」検証マニュアル（秀賞）

先端屈折はしご車の構造や性能、また、他の梯子車（屈折車）と比較した機能性を検証解説したマニュアルを作成した。（全67ページ）



従来の梯子車に無い先端屈折はしご車の機能性に係る情報を広く職員同士が共有し、効果的に活用することで、当局警防体制の強化に繋がる。

研究実績表

研究実績表

年度	所報 No	分野	研究テーマ	担当者	件数
平成5年度	No.1	燃 焼	耐火煉瓦の遮熱効果と低温加熱着火について	小島 秀吉 工藤 祐嗣	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） 木炭の燃焼に伴う一酸化炭素の発生について	小島 秀吉 小島 秀吉	6
		開 発	高規格救急車（トライハート）における防振ストレッチャー架台のバネ選定について	桜井 清明 伊藤 潤	
		鑑 定	燃焼面積の違いによる灯油成分の変化について（その1）	橋上 勉	
		情 報	サリン〔(CH ₃) ₂ CHO ₂ PFCH ₃ 〕の特性について	橋上 勉	
			火災現場における有毒ガスの発生とその毒性について	桜井 清明	
平成7年度	No.3	燃 焼	バックドラフトに関する研究（その2）	小島 秀吉	5
		開 発	防火衣の保温性能に関する実験結果について	伊藤 潤	
			赤外線カメラの使用時に発生した特異現象について	伊藤 潤	
			低温下における空気呼吸器の特性について	伊藤 潤	
鑑 定	燃焼面積の違いによる灯油成分の変化について（その2）	橋上 勉			
平成8年度	No.4	燃 焼	バックドラフトに関する研究（その3）	小島 秀吉	9
			タオル・ハンカチの除煙効果に関する実験研究	小島 秀吉	
			粉じん爆発について	小島 秀吉	
		開 発	高規格救急車（トライハート）内における電子サイレン音の騒音調査	伊藤 潤	
			アクリル樹脂について	伊藤 潤	
		鑑 定	車両火災における原因考察について	橋上 勉	
		情 報	酸素欠乏について	橋上 勉	
都市ガス等の性質について	伊藤 潤				
航空燃料と化学熱傷について	橋上 勉				
平成9年度	No.5	燃 焼	硬質発砲ウレタンとABS樹脂について	上田 孝志	7
			放水音・空気呼吸器警報音・レスクトーン警報音調査	菅原 法之	
			バックドラフトに関する研究（その4）	小島 秀吉	
			噴霧ノズルの角度について	菅原 法之	
		噴霧注水による排煙効果について	小島 秀吉		
		開 発	自動放水停止器具の開発について	橋上 勉	
鑑 定	過マンガン酸カリウムと酸及びアルコールについて	橋上 勉			
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	8
			バックドラフトに関する研究（その5）	橋本 好弘	
			市民等の消火体験訓練に使用する燃料の見直しについて	橋上 勉	
		開 発	無落雪型木造共同住宅における小屋裏感知器のあり方に関する研究について（その1）	橋本 好弘	
			無落雪型木造共同住宅における小屋裏感知器のあり方に関する研究について（その2）	橋本 好弘	
		鑑 定	灯油とガソリンの混合比の分析について	菅原 法之	
		安 全	静電気に関する調査・研究について	橋上 勉	
情 報	放射性物質等に関する基礎知識	上田 孝志			

年度	所報 No	分野	研究テーマ	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） －静電気帯電量－	溜 真紀子	
			静電気に関する調査・研究（その3） －静電気除去実験－	溜 真紀子	
			濃煙熱気下における消防隊員の安全管理に関する研究 －温度管理用示温材（サーモラベル）に着目して－	菅原 法之	
		鑑 定	電気配線の過負荷電流について	菅原 法之	
			情 報	有珠山噴火に伴う火山性ガスについて	
		熊撃退スプレーについて －カプサイシンに着目して－		菅原 法之	
平成12年度	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	花菌 一正	10
			寒冷地型建物燃焼時の温度分布・ガス濃度の研究 －その1 和室の測定結果－	橋本 好弘	
			寒冷地型建物燃焼時の温度分布・ガス濃度の研究 －その2 洋室の温度、CO ₂ 、CO、O ₂ 結果	橋本 好弘	
			エアゾール缶・カセットボンベなどについての調査・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 法之	
		鑑 定	寒冷地型建物燃焼時における燃焼生成ガス等の測定及び危険性の把握に関する研究	溜 真紀子	
			灯油及び軽油に含有しているガソリンの混合比による比較実験	溜 真紀子	
		安 全	冬道自己転倒の救急出動分析（その1 全体の傾向）	橋本 好弘	
			冬道自己転倒の救急出動分析（その2 すすきの地区・気象との関係）	橋本 好弘	
		情 報	米国アラスカ州フェアバンクス周辺での森林火災現地報告	橋本 好弘	
硫化水素について	菅原 法之				

年 度	所報 No	分 野	研 究 テ ー マ	担 当 者	件 数
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(界面活性剤系)の実験的研究	花崗 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)に関する研究について	花崗 一正	
			高規格救急車の振動低減検証実験	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について(継続)	花崗 一正	
鑑 定	鎮火後に残存している燃焼生成ガス	川瀬 信			
	RDF(ごみ固形燃料)の性状について	川瀬 信			
平成 15 年 度	No. 11	燃 焼	危険物貯蔵タンク内を洗浄する鉱物油洗浄剤及び危険物流出時に使用する油処理剤について	澤田 勝美	7
			誤給油による灯油ストーブの異常燃焼実験	澤田 勝美	
		鑑 定	一般住宅等の収容物資材が燃焼する時に発生する粉塵やガスについて	川瀬 信	
			建物火災鎮火後に残存する燃焼生成ガスと粉塵等の測定(中間報告)	川瀬 信	
		情 報	クレゾールの性質について	川瀬 信	
			塩素系洗剤の誤使用等による塩素ガス漏洩事故への対策について	川瀬 信	
硫酸ピッチと不正軽油について	川瀬 信				
平成 16 ・ 17 年 度	No. 12	安 全	消防隊員のCIVD反応と体力指標の関連	橋本 好弘	11
			メンタルヘルス対策に関する実態調査結果	橋本 好弘	
		開 発	スタティックロープ(R.R.R.資機材)の強度等に関する実験的研究	五十嵐征爾	
		鑑 定	建物火災鎮圧後に残存する燃焼生成ガスと粉塵等の測定(最終報告)	川瀬 信	
		情 報	ガソリンに対する鉱物油洗浄剤及び油処理剤使用時の危険性	五十嵐征爾	
			消防活動による石綿(アスベスト)の危険性について	川瀬 信	
			消防職員と他の職業を比較したストレス尺度別得点・相対危険度	橋本 好弘	
			クロルピクリン(CCl ₃ NO ₂)とは	橋本 好弘	
			酢酸タリウムの性質及び災害対策等について	五十嵐征爾	
水酸化ナトリウムの危険性について	川瀬 信				
喫煙と飲酒の習慣が高ストレス反応に及ぼす影響について	橋本 好弘				

年 度	所報 No	分 野	研 究 テ ー マ	担 当 者	件 数
平成 18 年 度	No. 13	燃 焼	携帯用カセットガスボンベの破裂実験	中住 斉	9
			予防実務研修会における住宅用スプリンクラー設備の実火災実験	中住 斉 大友 達哉	
		鑑 定	防塵・防毒マスクの一酸化炭素除去性能の確認実験（中間報告）	伊藤 武	
		情 報	放射性物質ラジウム226について	橋上 勉	
			六価クロムの危険性	伊藤 武	
			アセチレンガスの性質及び災害対策等について	五十嵐征爾	
			ガス漏れ警戒現場における消防科学研究所の活動事例	伊藤 武	
質量分析装置（自動濃縮装置付ガスクロマトグラフ質量分析装置）の概要	伊藤 武				
平成18年度職員提案制度における秀賞受賞作品について	五十嵐征爾				
平成 19 年 度	No. 14	燃 焼	クラスA泡消火薬剤の消火効果の確認実験について	高橋 渉	8
			安 全	有酸素運動・無酸素運動に関する実験	
		筋活動に関する実験		中住 斉	
		鑑 定	防塵・防毒マスクの一酸化炭素除去性能の確認実験（最終報告）	菅原 法之	
		情 報	炎天下における駐車車両の温度測定について	高橋 渉	
			硫化水素の発生除害について	高橋 渉	
			高層建築物の排水溝等から硫化水素発生について	菅原 法之	
平成19年度職員提案制度における優秀及び秀賞受賞作品について	吉永 直樹				

消防科学研究所報

(2007 No. 14)

市政等資料番号	01-P04-08-1031
---------	----------------

平成 20 年 12 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 留萌印刷株式会社
