

実火災体験型訓練施設の熱環境の測定

根本 昌平*, 木田 哲夫**, 渡邊 茂男*

概 要

本検証は、当庁の消防隊員が訓練で使用する実火災体験型訓練施設において、実際に消防隊員が訓練している最中の熱環境を測定した。

その結果、訓練中の指導者等が活動する位置の床から高さ 1.14m 付近の最高温度は、約 300℃であった。また、コンテナ訓練施設に設置されている温度計は、設置個所の影響により訓練位置の温度よりも低い値を示した。

1 はじめに

当庁では、実火災体験型訓練施設（以下、「コンテナ訓練施設」という）を使用して、着火からの火災性状の確認及び熱環境下に応じた放水技術を習得している。

今回、訓練中のコンテナ訓練施設内の熱環境を確認し、訓練時の安全管理に資することを目的に、実際に消防隊員が訓練している最中のコンテナ訓練施設内の熱環境の測定を行った。

2 実施日時

(1) 日時

平成 22 年 7 月 16 日（金）及び平成 22 年 7 月 29 日（木）

(2) 場所

第二消防方面訓練場（大田区京浜島一丁目 1 番 4 号）

3 コンテナ訓練施設概要

コンテナ訓練施設（内寸：奥行 12m×間口 2.4m×高さ 2.4m）は、鋼製で内部に木製パレットなどの可燃物を燃焼させる燃焼室を有し、進入口付近の天井に排煙ダクトが設けられている（写真 1、写真 2 参照）。また、コンテナ訓練施設内部の熱環境を把握するため温度計が設置されている。



写真 1 コンテナ訓練施設進入口側



写真 2 コンテナ訓練施設燃焼室側

4 測定

測定は、訓練内容及び指導ポイント等を示した、当庁の「実火災体験型訓練実施要領」に基づいた訓練中に行った。

(1) 測定条件

ア 可燃物

燃焼室内における可燃物の状況を写真 3 及び写真 4 に示す。可燃物は、燃焼台（床面より高さ 0.75m）上の木製パレット 8 枚（床面に 2 枚、正面奥に 2 枚、左右側面に各 1 枚ずつ、天井に 2 枚）及び廃材等である。



写真 3 燃焼室の状況



写真4 可燃物の状況
(天井にパレット2枚が鎖により固定されている)

イ 訓練方法

訓練は、指導者を先頭に訓練実施者数名がコンテナ訓練施設に進入し、火災性状の確認及び燃焼室手前2mの地点で、訓練実施者が一人ずつ間欠放水を行う。本測定実施時の訓練行程を表1に示す。

表1 訓練行程

	時間経過 (分:秒)	行動
閉鎖型訓練	0:00	1回目進入開始、可燃物の着火
	2:31	扉閉鎖
	7:13	1回目放水開始
	14:15	1回目脱出開始
	14:38	1回目脱出完了
開放型訓練	26:17	2回目進入開始
	26:44	2回目放水開始
	36:46	2回目脱出開始
	36:56	2回目脱出完了

(2) 測定内容

測定内容を、表2に示す。測定は、コンテナ訓練施設内の温度、受熱量の計測及び可視画像の撮影、また、コンテナ施設外部側面からの赤外線映像を撮影した。

また、測定した温度とコンテナ訓練施設に設置されている温度計（以下、「コンテナ訓練施設温度計」という）の値との差異を確認するため、コンテナ訓練施設の屋外制御盤に表示される温度を可視画像で撮影した（写真5参照）。

さらに、本訓練施設の進入口付近天井に煙粒子を焼却するバーナー（以下、「バーナー」という）が設置されていることから、バーナー直下における受熱量を測定した。なお、バーナー直下の受熱量については、点火から排煙処理が可能になるバーナー本体温度 850℃になるまでの35分間を測定した。

表2 測定内容

測定項目 (測定点数)	測定機器
コンテナ訓練施設内部の温度 (17点)	K 熱電対 素線径 0.65mm
コンテナ訓練施設内部の受熱量 (2点)	熱流束計 (M社製)
コンテナ訓練施設内部の可視画像 (1点)	CCDカメラ
コンテナ訓練施設外部の側面温度	赤外線カメラ (N社製)
コンテナ訓練施設温度計の値	CCDカメラ
バーナー直下の受熱量 (1点)	熱流束計 (M社製)



写真5 屋外制御盤

(3) 測定箇所

測定箇所は、図1及び図2に示すとおりである。表3及び表4に示す高さに熱電対及び熱流束計を設置した（写真6、写真7参照）。

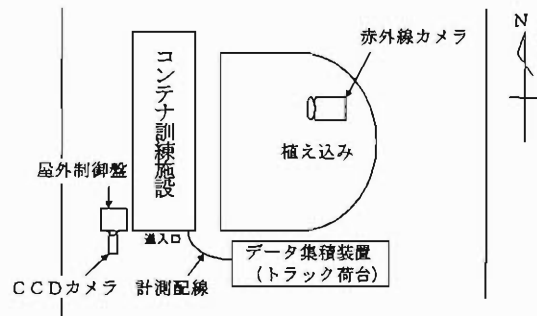
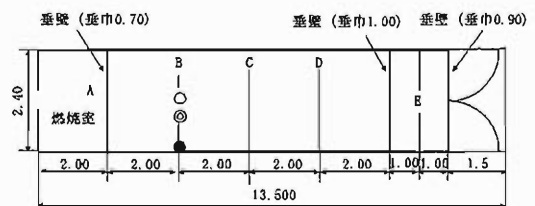


図1 測定機器等配置図



●は、コンテナ訓練施設温度計、A～Eは、測定位置を示す。単位：m
◎は指導者位置、○は放水位置を示す。

図2 コンテナ訓練施設平面図

表3 熱電対の測定位置

測定位置	A	B	C	D	E	備考
床からの高さ (m)	2.00	2.00	2.00	2.00	-	コンテナ訓練施設温度計の高さ
	-	1.40	1.40	1.40	1.40	コンテナ訓練施設の垂直高さ
	-	1.14	1.14	1.14	-	コンテナ訓練施設温度計の高さ
	-	0.75	0.75	0.75	-	燃焼台の高さ
	-	0.23	0.23	0.23	-	コンテナ訓練施設温度計の高さ

表4 熱流束計の測定位置

測定位置	B	E	備考
床からの高さ (m)	2.00	-	コンテナ訓練施設温度計の高さ
	-	1.40	バーナー直下の受熱量
	1.14	-	訓練最前列 (指導者) となる位置の受熱量



写真6 コンテナ訓練施設内の状況

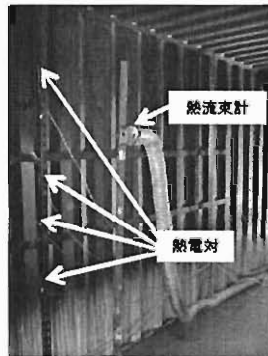


写真7 熱流束計と熱電対

(4) データ収録

熱電対及び熱流束計はデータ収録装置に接続し、データサンプリング周期を1秒としデータ収録を行った。赤外線カメラ及びCCDカメラは、レコーダーに接続し映像を収録した。

5 測定結果

温度等の測定結果は次のとおりである。

(1) 測定位置A・B・C・Dの温度

測定位置A・B・C・Dにおける可燃物の着火から訓練終了後までの温度の変化を、図3から図6に示す。

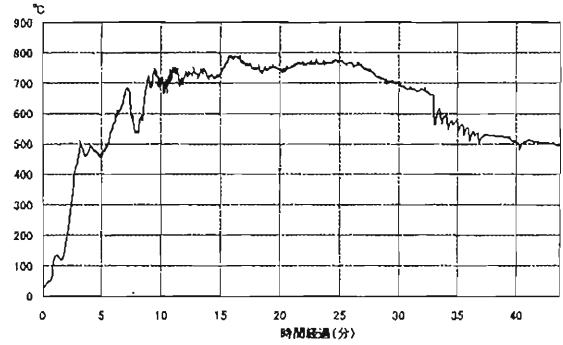


図3 測定位置A (燃焼室) の温度

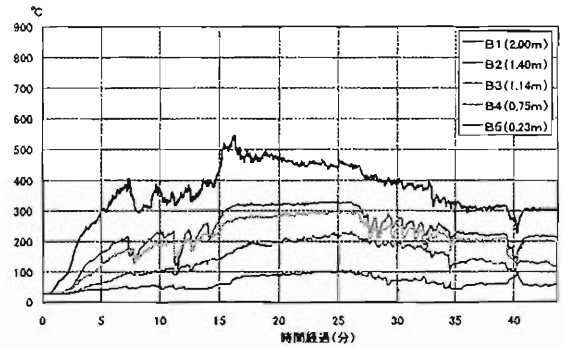


図4 測定位置B (燃焼室から2m) の温度

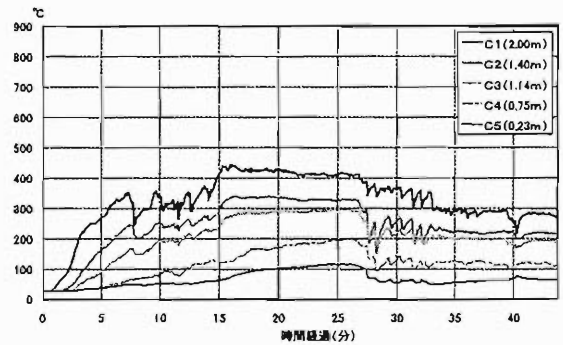


図5 測定位置C (燃焼室から4m) の温度

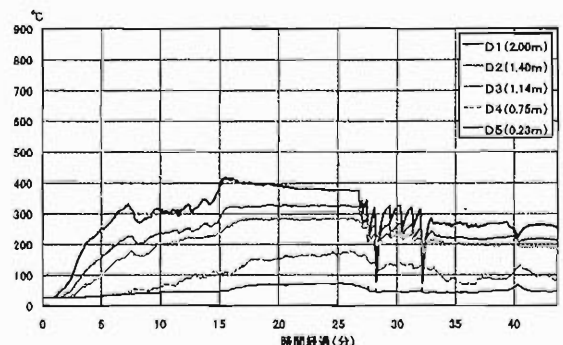


図6 測定位置D (燃焼室から6m) の温度

(2) コンテナ訓練施設温度計の温度

図2に示すコンテナ訓練施設温度計の可燃物の着火から訓練終了後までの温度変化を図7に示す。

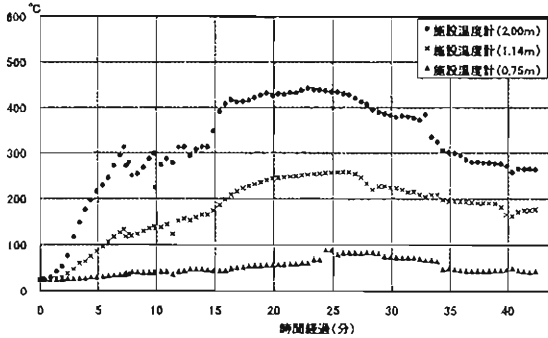


図7 コンテナ訓練施設温度計

(3) 測定位置Bの熱量

測定位置Bにおける可燃物の着火から訓練終了後までの受熱量の変化を図8に示す。

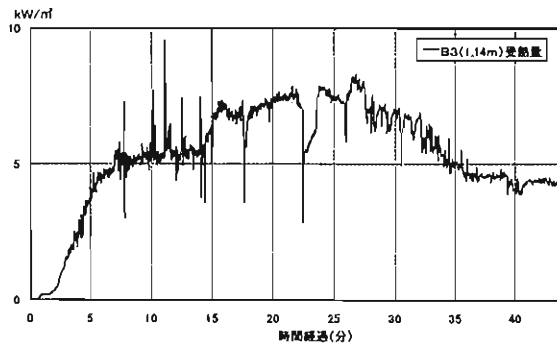


図8 測定位置B (燃焼室から2m) の受熱量

(4) 測定位置E (バーナー直下) の温度及び受熱量

測定位置Eにおけるバーナーの点火からバーナー本体温度が850°Cになるまでの温度変化を図9に、受熱量の変化を図10に示す。

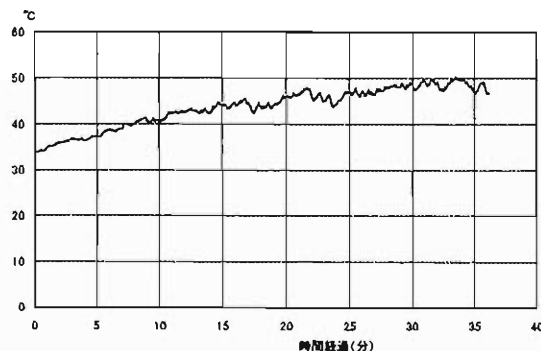


図9 測定位置E (バーナー直下) の温度

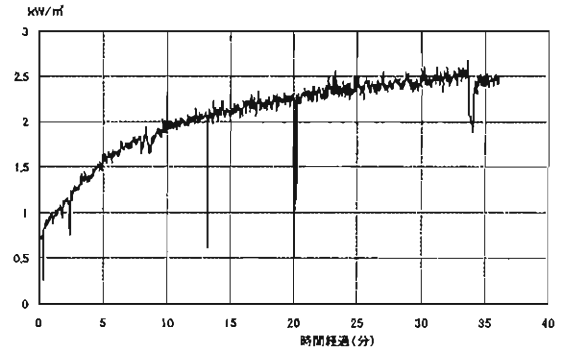


図10 測定位置E (バーナー直下) の受熱量

(5) 赤外線カメラによる熱画像

コンテナ訓練施設の外壁が強雨により冷却されたため、温度測定が出来なかった。

6 考察

(1) 訓練中の熱環境

ア 指導者

指導者の位置は、図2に示す燃焼室から2mの距離である。指導者の位置と燃焼室から同距離に設定した測定位置B3 (高さ1.14m:ほぼ折膝姿勢の頭部)での可燃物の着火から訓練終了後までの温度及び受熱量の変化を図11に示す。訓練時の最大温度及び受熱量は、それぞれ292.4°C、8.3kW/m²であった。最大温度は、2回目進入開始直後の26分29秒であり、最大受熱量は、2回目放水直後の26分49秒であった。

このような熱環境では、たとえ防火衣を完全装着した状態でも防火衣外側から防火衣内側への伝熱等により、ばく露時間の長さに応じて次第に防火衣裏面側の温度は上昇する。さらに、この温度上昇はばく露後も一定時間継続することがある¹⁾。このことから、指導者等は訓練後の防火衣の早期離脱はもとより、訓練中の体表面の違和感にも留意し、異常を感じた際は緊急脱出し、防火衣の離脱など防火衣内部の熱を放散させる措置等が必要である。

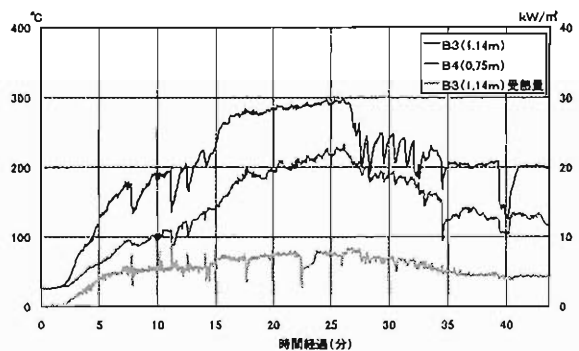


図11 指導者位置 (燃焼室から2m) の状況

イ その他の隊員等

図12に示すとおり他の測定位置においても、高さ1.14mでの最高温度は300℃付近まで上昇しており、訓練実施者に対し、他のコンテナ訓練施設と同様に防火衣の完全着装、低姿勢の維持、緊急脱出体制の確保、脱出後の防火衣の早期離脱などの安全管理を実施する必要がある。

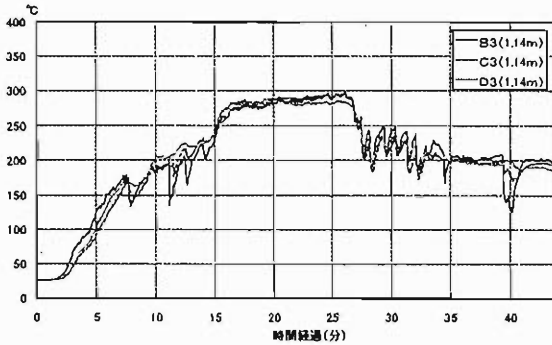


図12 床から1.14mの温度

(2) コンテナ訓練施設温度計との比較

図13に示すとおりコンテナ訓練施設温度計と測定位置Bにおける温度測定と着火直後から、温度差が確認できる。第1回目脱出完了(14分38秒)までの最大温度差は、B1(高さ2.00m)の152℃、B3(高さ1.14m)の69℃、B5(高さ0.23m)の14℃であり、コンテナ訓練施設温度計の値は、本測定で設置した熱電対で測定した温度よりも低い値を示す傾向があった。この理由として、コンテナ訓練施設温度計のセンサーがバンキングメタルで保護されているため、火炎からの放射熱が伝わりづらい構造であることが考えられる。

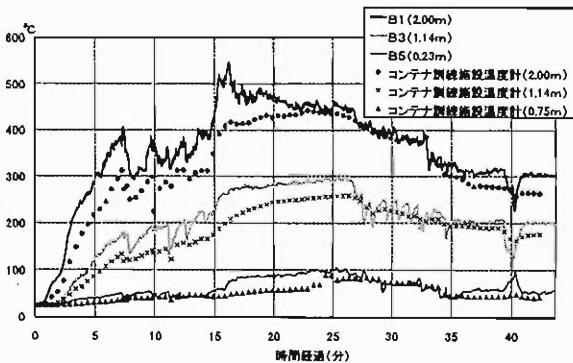


図13 コンテナ訓練施設温度計と測定温度

(3) バーナー直下の熱環境

バーナーの火炎は、写真8のとおり排煙吸込口からコンテナ訓練施設内へ噴出はないが目視できた。温度及び受熱量は、それぞれ図9、図10に示すとおり、温度が50℃付近で受熱量が2.5kW/m²であった。このことから、防火衣を完全着装し長時間その場に立止まらなければ受傷に至らないと考えるが、バーナーからの受熱量の測定中に熱流束計の前に手部(素手)を数度かざしたところ、熱さからその場に止まることが困難であっ

たことから安全上バーナー直下に止まることは避けるべきである。

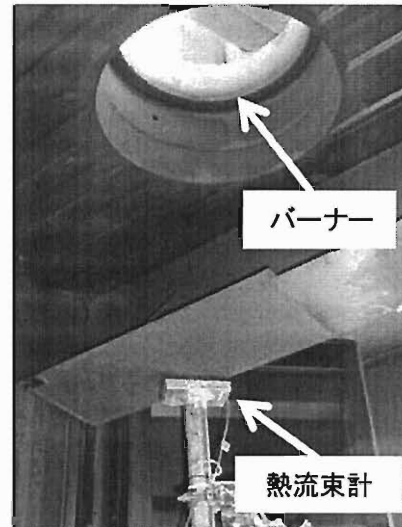


写真8 バーナーの火炎と熱流束計

7 まとめ

- (1) 訓練における指導者等が活動する位置の床から高さ1.14m付近の最高温度は、約300℃であった。指導者及び訓練実施者は、体表面の違和感に留意し、異常を感じた際は緊急脱出し、防火衣の離脱など防火衣内部の熱を放散させる措置等が必要である。
- (2) コンテナ訓練施設温度計は、設置個所の影響により、訓練位置の温度よりも低い値を示す。
- (3) バーナー直下の熱環境は、防火衣を完全着装していれば、受傷に至らないと考えるが、バーナー直下に止まることは、避けるべきである。

8 おわりに

火災経験の少ない職員が増加傾向にある中で、効果効率的な訓練を推進していくためには、より実践的な訓練が必要であり、コンテナ訓練施設の熱環境を理解し、安全かつ効果的な訓練を推進する必要がある。

[参考文献]

- 1) 加藤ほか3名：防火衣の熱防護性能に関する検証、消防技術安全所報、Vol. 45、P52-P58、2008

Measurement of the thermal environment at the real fire training facility

Shohei NEMOTO*, Tetsuo KIDA**, Shigeo WATANABE*

Abstract

This study measured the thermal environment during actual training by firefighters at the real fire training facility, which is used for training by TFD firefighters.

As a result, the highest temperature at around 1.14 meters above the floor where the supervisors and other trainees worked was approximately 300°C during the training. In addition, the thermometers placed in the container training facility showed lower temperatures than the training position due to the difference of the levels where they were placed.