

第5章 電気ストーブの実証実験

第1節 実験の目的

過去30年のデータベースより、火災件数が最も多い製品は電気ストーブで2,860件にのぼった。過去25年で死者数が最も多い製品も電気ストーブであり、対策が急がれる。そこで、電気ストーブが発火源となり火災に至るメカニズムを解明することを目的として実験を行う。

第2節 実験方法等

1 実験に用いる電気ストーブ

実験に用いる電気ストーブは、石英管式、シーズヒータ、カーボンヒータの3製品とした(表5-1)。これは、現在、販売数が多いもののうち、製品が登場してから比較的長く市場にあることから、使用数も多いと推測できるものである。大手家電量販店における平成27年11月25日～12月1日までの週間売上の上位5台では、1位が石英管式、2位がシーズヒータ、3位及び4位が石英管式、5位がカーボンヒータであった。ハロゲンヒータについては、カーボンヒータ及びシーズヒータが主流になったことにより、市場から姿を消しつつある状況を踏まえ、実験対象から除外することとした。

表5-1 実験に用いる電気ストーブ

分類	サンプルA	サンプルB	サンプルC
ヒータの種類	石英管式	シーズヒータ	カーボンヒータ
定格消費電力	強：960W 中：640W 弱：320W	強：1,000W 弱：500W	強：900W 弱：450W
温度過昇防止装置※1	あり	なし	あり
外観			

※1:電気用品安全法の技術基準の解釈及びJIS C 9202(1990)電気反射ストーブでは、温度過昇防止装置を備えることを必須としていない

2 実験方法

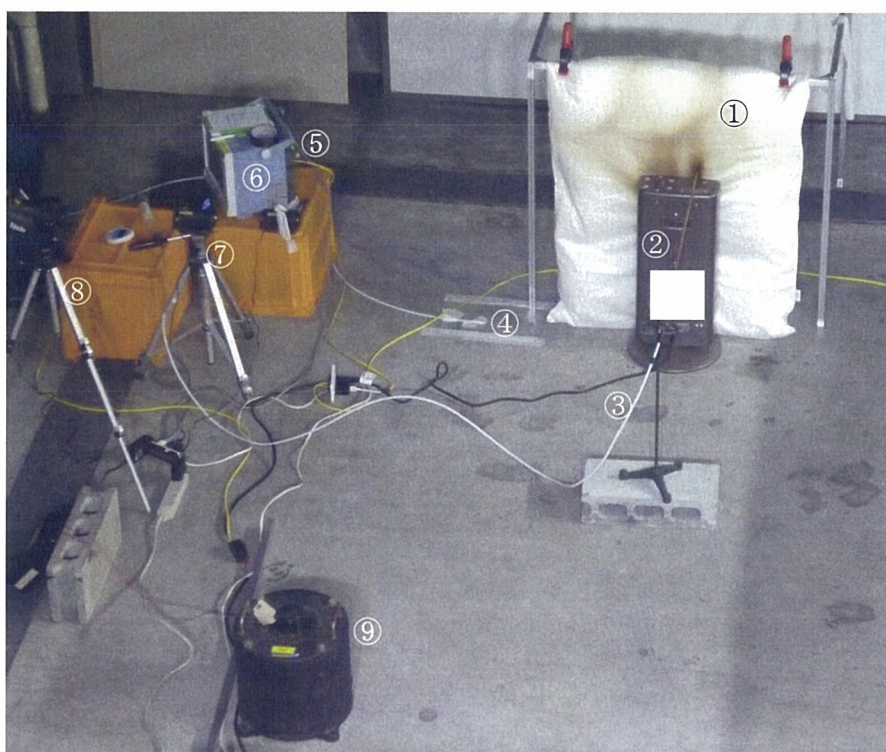
(1) 加熱性状実験

電気ストーブと着火物を模擬した布団及び衣類の距離と方向を変化させ、熱電対及びサーモビューワにより、着火物の表面温度を測定する(図5-1)。

電気ストーブを実験用の運転条件として定格電圧となる電源に接続し、出力は強、首振

機能等は無効として通電した。着火物の温度が安定するか、燃焼が始まるまでのいずれか短い時間実験する。条件は次のとおり。

- ① 電気ストーブの正面、上面、側面、背面の4方向について、0cm、5cm、10cm、30cm、50cmの位置に布団を配置し、電気ストーブと着火物との距離を変えて実施した(図5-2)。パジャマは正面、0cmのみ実施した。
- ② 着火物は電気ストーブ火災の出火原因として多い布団、衣類とし、以下の3種類とした。
 - a. 実験用に加工した羽毛布団(約850mm×約1150mm)を綿(色は生成り)の布団カバーに収めたもの
 - b. 実験用に加工した羽毛布団を綿(色は生成り、防炎加工済)の布団カバーに収めたもの。
 - c. 衣類としてパジャマ(綿100%、介護用Sサイズの上着)。
- ③ 着火物には、熱電対(100mmピッチで3点)を取り付け、実験中の温度を観測した。取り付け位置の詳細は別紙5-1参照。



- ① 着火物(布団:約850mm×約1150mm、内部:羽毛、側生地:綿)
- ② 電気ストーブ
- ③ CO測定ノズル1
- ④ CO測定ノズル2
- ⑤ 熱電対 K型、0.32φ、DW01-DK30TT
- ⑥ 記録温度計 YOKOGAWA(MV2000)
- ⑦ ビデオカメラ
- ⑧ サーモビューワ testo (876)
- ⑨ 電圧調整器

図5-1 加熱性状実験の状況

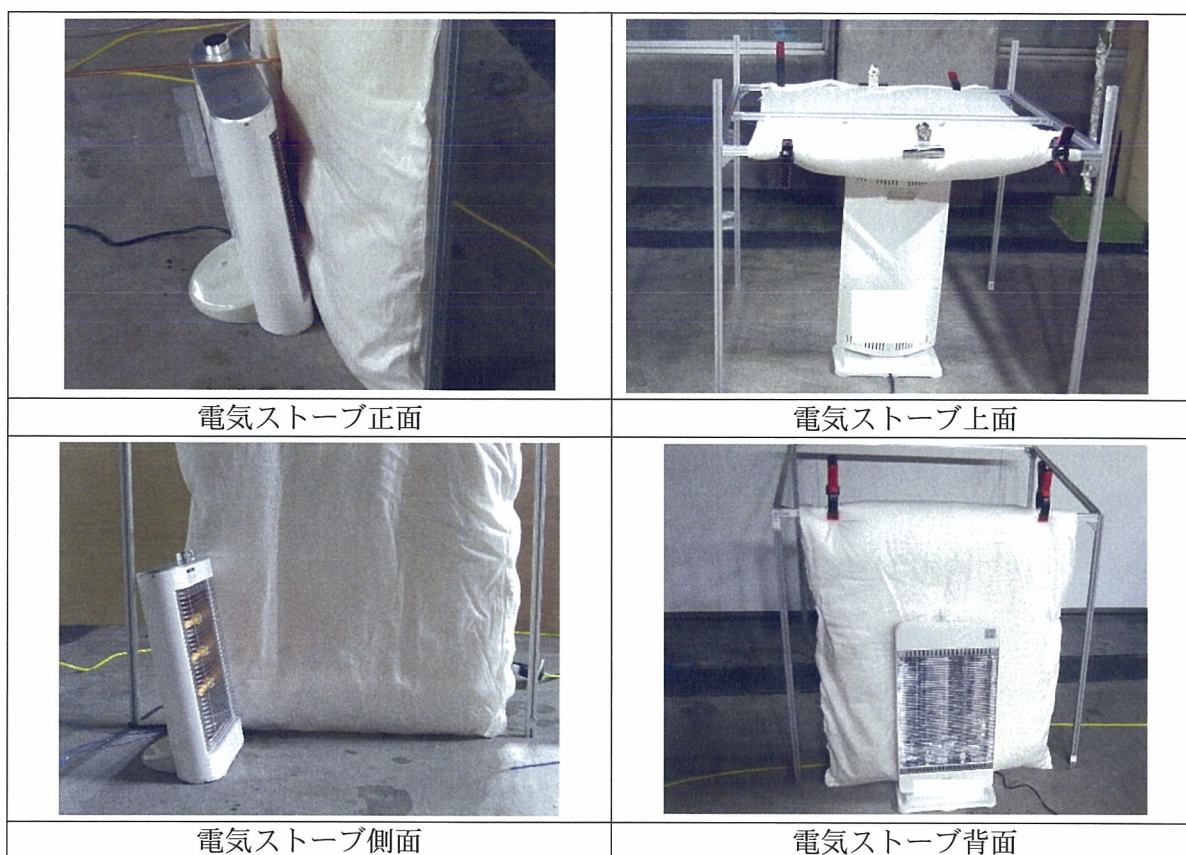
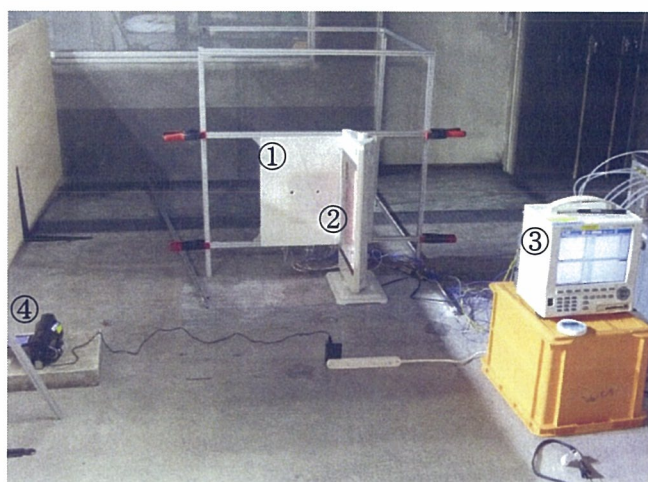


図 5 - 2 着火物とストーブの配置 (いずれも 0 c m)

(2) 熱流束実験

加熱性状実験と同様の運転条件にて、ケイ酸カルシウム板による断熱材に埋め込んだ熱流束計で熱流束を測定した (図 5 - 3)。実験は、電気ストーブの正面、上面、側面、背面の 4 方向について 0cm、5cm、10cm、30cm、50cm で行った。

保護ガード中央を熱流束計の配置の基準としたが、ヒータが縦方向に配置されているサンプル B、サンプル C の正面の熱流束は、反射板の影響を考慮しヒータの正面についても測定を行った。取り付け位置の詳細は、別紙 5 - 1 参照。



- ① 熱流束センサーを埋め込んだ断 (熱材ケイ酸カルシウム 450mm 角、t=5)
熱流計 1,2,3 : MEDTHERM (GTW-10-32-485A)
- ② 電気ストーブ
- ③ 記録温度計
YOKOGAWA(MV200)
- ④ サーモビューワ
testo (876)

図 5 - 3 熱流束実験の実施状況

(3) 加熱性状実験における CO 測定

加熱実験の運転条件で、正面 0cm の位置に布団を着火物として設置する。CO の測定ノズルを、布団の表面直近 (0cm) と、ストーブと布団が接している部分から 50cm 離れた床面に設置して CO を測定した (図 5-4)。

なお、本測定は、(1) 加熱性状実験と同時におこなった。

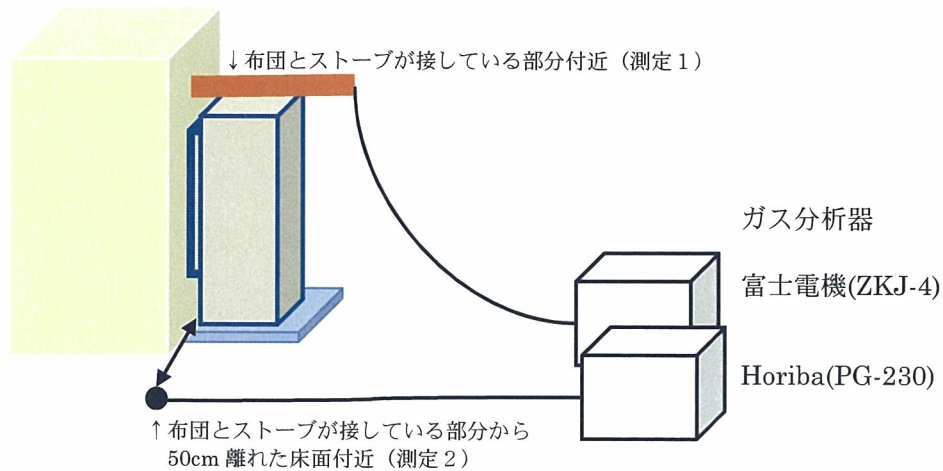


図 5-4 加熱性状実験における CO 測定の配置

(4) 視認性実験

3 種類の電気ストーブを実験用の運転条件で通電する。通常の部屋の明るさと、常夜灯の明るさの 2 つの環境における認識のしやすさを比較するため、カメラの設定を一定とし、出力を変えて、カメラと電気ストーブの距離が 50cm、100cm、240cm となる距離で撮影した。

実験に用いた和室 (約 6 畳) の照明器具の直下照度は、表 5-2 のとおり。

また、実験の環境は図 5-5 のとおり。50cm、100cm の距離の測定では、照明の直下に、240cm では、壁際にストーブを設置した。



図 5-5 視認性実験の環境と照明 (常夜灯は仮設)

表 5 - 2 実験室環境

	通常の照明（明）	常夜灯（暗）
床上（畳）	593.0lx	0.820lx
座卓（床上 30cm）	727.0lx	1.020lx
光源	蛍光灯 120W	日立 1CT 5W

第 3 節 実験結果

1 加熱性状実験

加熱開始後、着火物の温度が安定し、30 分経過後 100℃に至らない条件では、その後の距離を長くする（5cm、10cm など）実験を省略した。また、防災カバーを用いた布団は、通常の布団カバーでの実験にて焦げが著しく、長時間温度が高かったものだけ行った。

(1) サンプル A（石英管式）

サンプル A（石英管式）の実験結果は表 5 - 3 のとおり。正面 0cm において布団、パジャマ共に、発煙や焦げは発生したが、発火には至らなかった。

布団を正面 30cm に配置した条件において、サーモビューワで布団表面の温度分布を確認した結果、中央部が最も高く、外側に行くに従い低くなった。サンプル A は放射面が上方に傾斜しており、上方の温度が他の方向の温度より上昇していることが確認された。布団を上方 0cm に配置した条件においては、温度は電気ストーブ側が最も高く、電気ストーブから離れるに従い低くなった。また、各方向で電気ストーブから布団までの距離を変更した場合においても同様の傾向が確認された。

表 5 - 3 サンプル A（石英管式）の実験結果一覧

位置 着火物		0cm	5cm	10cm	30cm	50cm
布団	正面	温度 368℃ 発煙あり 焦げあり	温度 258℃ 軽微な発煙 焦げあり	温度 207℃ 発煙なし 焦げあり	温度 110℃ 発煙なし 焦げなし	温度 71℃ 発煙なし 焦げなし
	上面	温度 114℃ 発煙なし 焦げなし	温度 94℃ 発煙なし 焦げなし	100℃に至らない条件のため実験省略		
	側面	温度 110℃ 発煙なし 焦げなし	温度 80℃ 発煙なし 焦げなし			
	背面	温度 58℃ 発煙なし 焦げなし				
パジャマ (正面)		温度 591℃ 発煙あり 焦げあり				

※表中「軽微な発煙」とは、概ねタバコの煙程度のかすかな煙をいう。

着火物を布団とした実験で最も発煙が多かった条件と、着火物をパジャマとした実験の状況は以下のとおり。

① 布団を正面 0cm に配置

布団表面温度の時間推移は、図 5－6 のとおり。布団を設置して電気ストーブの電源を投入後、50 秒で 100℃、1 分 15 秒で 200℃を超え、約 2 分で発煙した。その後、最大 368℃まで温度が観測されたが、熱電対を測定位置に固定している糸が焼け切れるなどして位置がずれたため、測定できた温度が急激に低下した。約 5 分 40 秒後に、目視では煙が観測できなくなり、1 時間後に状況が安定したものとして実験を終了した。

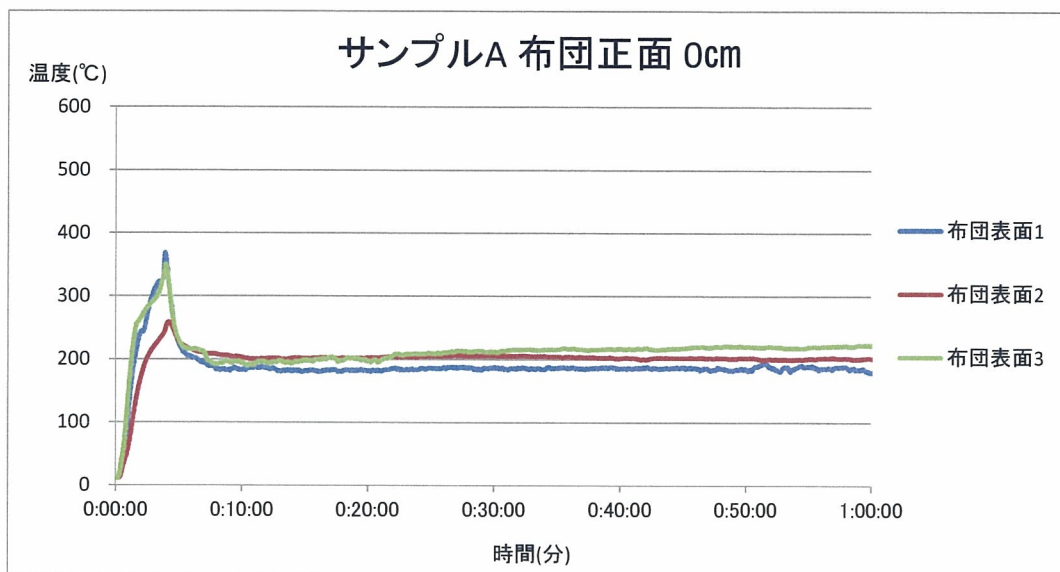


図 5－6 サンプル A（石英管）布団正面 0cm 温度推移

② パジャマを正面 0cm に配置

パジャマ表面温度の時間推移は、図 5－7 のとおり。パジャマを設置して電気ストーブの電源を投入後、1 分 44 秒で発煙が観測された。その後、1 分 30 秒で 100℃、3 分 00 秒で 200℃を超え、約 10 分後に最大 591℃まで温度が観測されたが、パジャマに穴が開くなどして熱電対の位置がずれたため、測定できた温度が急激に低下した。実験を通じて炎は確認されなかった。

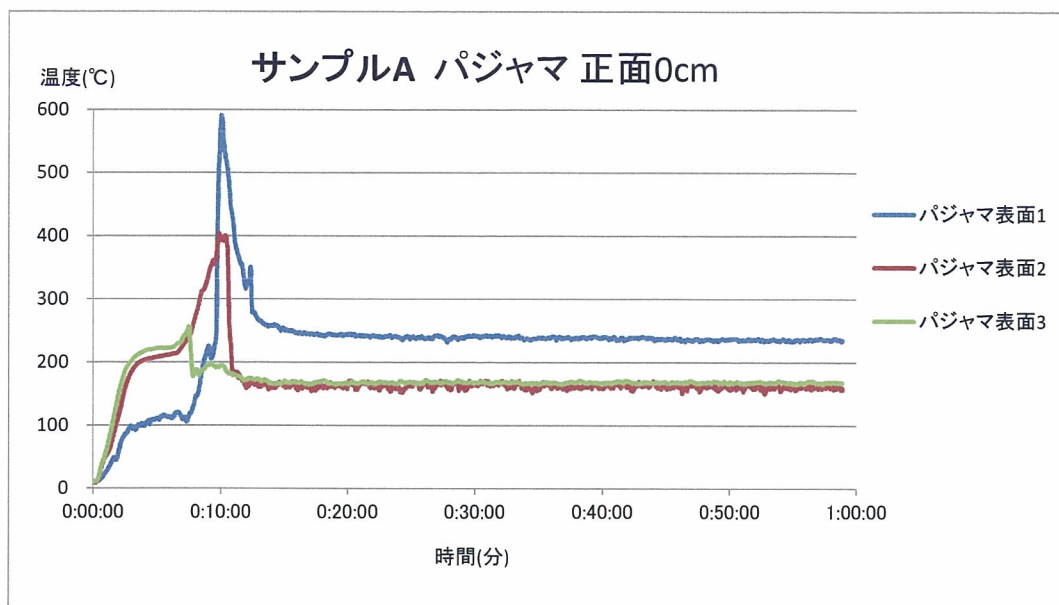


図5-7 サンプルA（石英管）パジャマ正面0cm 温度推移

(2) サンプルB（シーズヒータ）

サンプルB（シーズヒータ）の実験結果は表5-4のとおり。正面0cmにおいて布団を着火物としたとき、発煙や焦げは発生したが、発火には至らなかった。一方で、布団を巻き付けるように配置したときは激しい発煙とともに発火した。

なお、パジャマ、防災カバーを用いた布団は、発火した。

布団を正面30cmに配置した条件において、サーモビューワで温度の分布を確認した結果、中央部が最も高く、外側に行くに従い低くなった。上下左右の大きな偏りは確認されなかった。布団を上方0cmに配置した条件においては、温度は電気ストーブ側が最も高く、電気ストーブから離れるに従い低くなった。また、各方向で電気ストーブから布団までの距離を変更した場合においても同様の傾向が確認された。

表5-4 サンプルB（シーズヒータ）の実験結果一覧

位置 着火物		0cm	5cm	10cm	30cm	50cm
布団	正面	温度 319℃ 発煙あり 焦げあり	温度 255℃ 軽微な発煙 焦げあり	温度 250℃ 軽微な発煙 焦げあり	温度 134℃ 発煙なし 焦げなし	温度 94℃ 発煙なし 焦げなし
	上面	温度 122℃ 発煙なし 焦げなし	温度 88℃ 発煙なし 焦げなし	100℃に至らない条件のため実験省略		
	側面	温度 93℃ 発煙なし 焦げなし				
	背面	温度 28℃ 発煙なし 焦げなし				

布団巻付け	温度 615℃ 発煙後発火
パジャマ (正面)	温度 899℃ 発煙後発火
防災カバー (正面)	温度 796℃ 発煙後発火

※表中「軽微な発煙」とは、概ねタバコの煙程度のかすかな煙をいう。

布団で最も発煙が多かった条件と、布団巻き付け・パジャマ・防災カバーの条件における状況は以下のとおり。

① 布団を正面 0cm に配置

布団表面温度の時間推移は、図 5－8 のとおり。布団を設置して電気ストーブの電源を投入後、1 分 20 秒で 100℃、2 分 00 秒で 200℃を超え、約 2 分で発煙した。その後、最大 319℃まで温度が観測された。約 11 分後に、目視では煙が観測できなくなり、1 時間後に状況が安定したものとして実験を終了した。

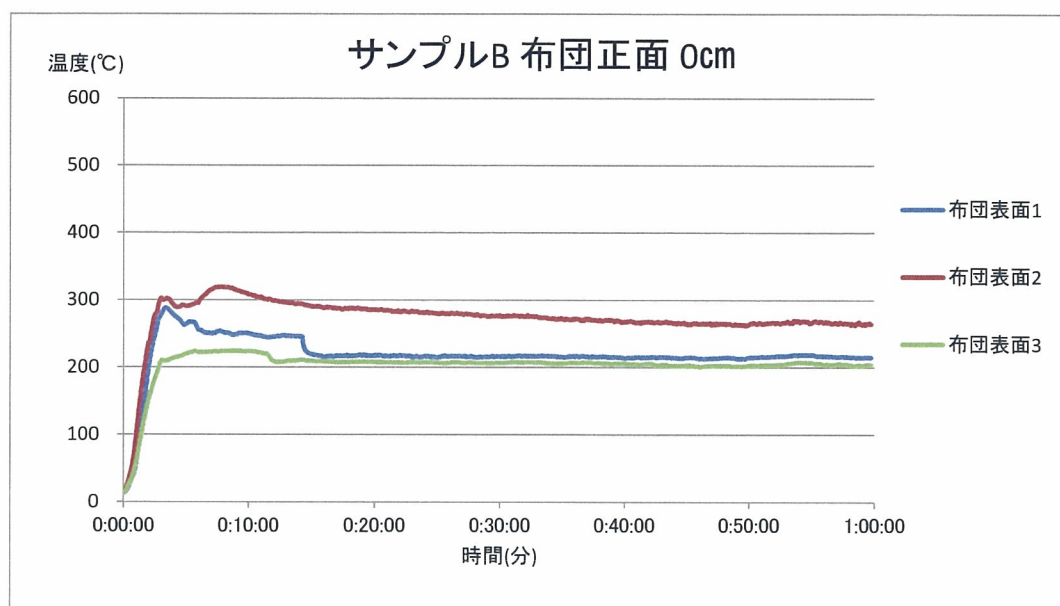


図 5－8 サンプル B (シーズヒータ) 布団正面 0cm 温度推移

② 布団を巻き付け

布団表面温度の時間推移は、図 5－9 のとおり。また、サーモグラフィー及び燃焼状況は図 5－10 及び図 5－11 のとおり。布団を電気ストーブに巻き付けるように配置して電気ストーブの電源を投入後、1 分 38 秒で発煙し、2 分 00 秒で 100℃、2 分 50 秒で 200℃を超え、その後、4 分 30 秒で発火し、電気ストーブに接する側の布団カバー及び布団の大部分を焼失した。燃焼中は、布団カバーの内側でガスに着火したような火が何度か発生した。最高温度は 615℃を観測した。

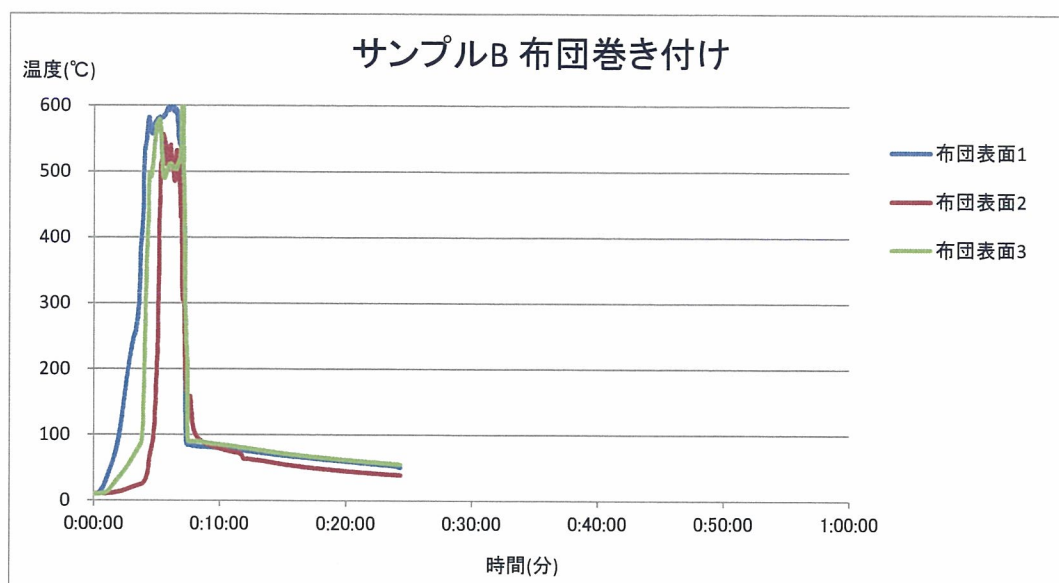


図5－9 サンプルB（シーズヒータ）布団巻き付け温度推移



図5－10 サンプルB（シーズヒータ）
布団巻き付けサーモグラフィー



図5－11 サンプルB（シーズヒータ）
布団巻き付け写真

③ パジャマを正面 0cm に配置

パジャマ表面温度の時間推移は、図5－12のとおり。また、サーモグラフィー及び燃焼状況は図5－13及び図5－14のとおり。パジャマを配置して電気ストーブの電源を投入後、1分46秒で100℃、2分26秒で200℃を超え、2分37秒で発煙が観測された。その後、パジャマ背面まで焦げが進行して6分6秒で発火し、30分程度かけて燃え尽きた。着火の影響で最大温度は899℃を観測した。

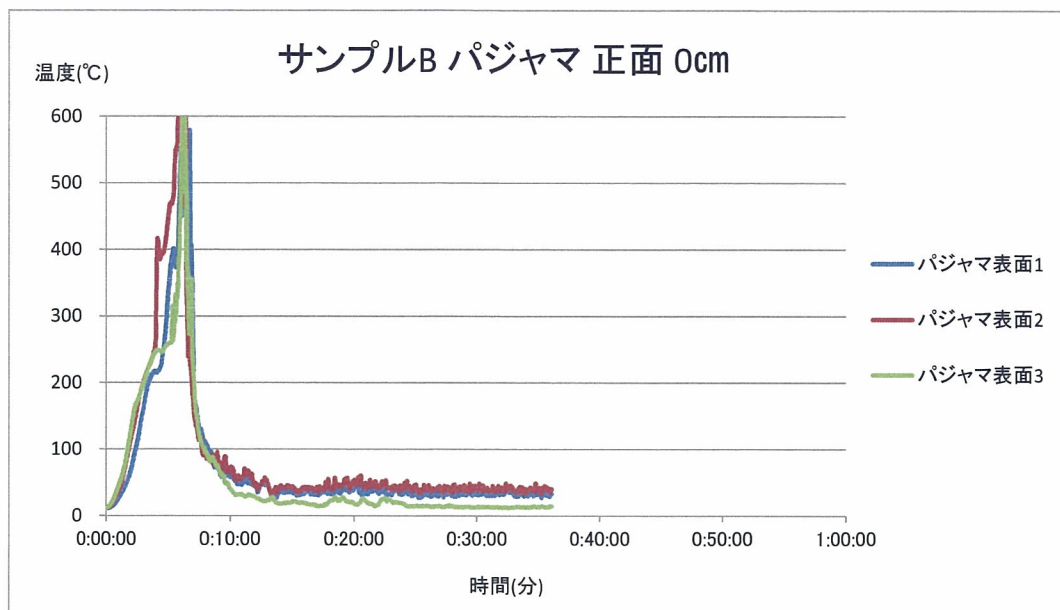


図 5 - 1 2 サンプル B (シーズヒータ) パジャマ正面 0cm 温度推移

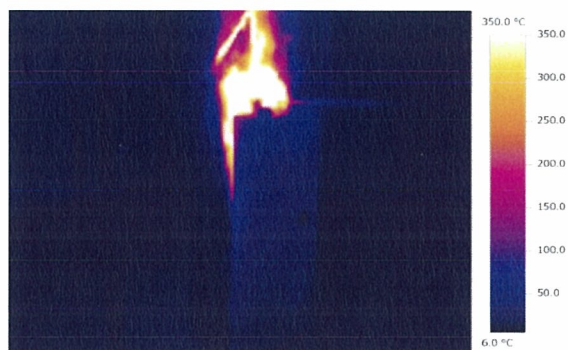


図 5 - 1 3 サンプル B (シーズヒータ)
パジャマ正面 0cm サーモグラフィー



図 5 - 1 4 サンプル B (シーズヒータ)
パジャマ正面 0cm 写真

④ 防災カバーをつけた布団を正面 0cm に配置

布団表面温度の時間推移は、図 5 - 1 5 のとおり。また、サーモグラフィー及び燃焼状況は図 5 - 1 6 及び図 5 - 1 7 のとおり。防災カバーをつけた布団を電気ストーブ正面 0cm に配置して電気ストーブの電源を投入後、1 分 46 秒で 100℃、2 分 15 秒で発煙が観測され、2 分 26 秒で 200℃を超えた。その後、4 分 31 秒で発火した。防災カバー自体は焦げたものの、大部分の形状は保った状態であったが、カバーに収められていた布団は、大部分が焼失した。最大温度は 796℃を観測した。

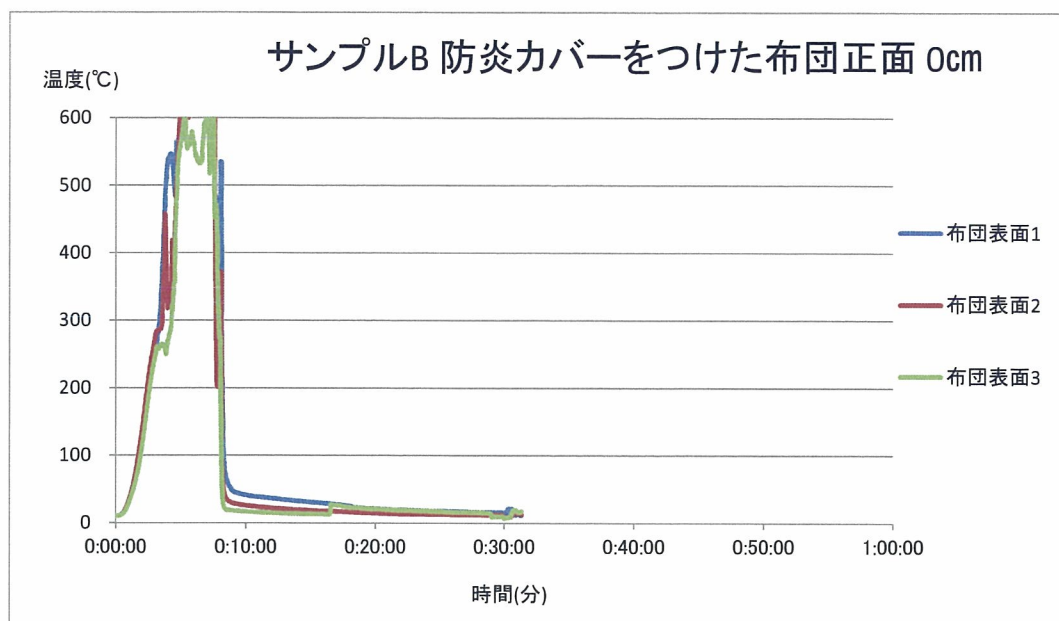


図5－15 サンプルB（シーズヒータ）防災カバーをつけた布団正面 0cm 温度推移

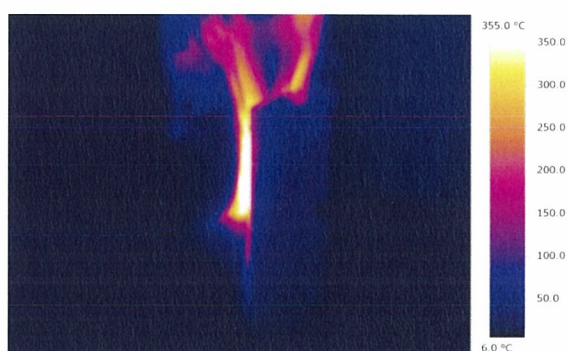


図5－16 サンプルB（シーズヒータ）
防災カバーをつけた布団サーモグラフィー



図5－17 サンプルB（シーズヒータ）
防災カバーをつけた布団写真

(3) サンプルC（カーボンヒータ）

サンプルC（カーボンヒータ）の実験結果は表5－5のとおり。正面0cmにおいて布団とパジャマを着火物としたとき、発煙や焦げは発生したが、発火には至らなかった。

布団を正面30cmに配置した条件において、サーモビューワで温度の分布を確認した結果、中央部が最も高く、外側に行くに従い低くなった。上下左右の大きな偏りは確認されなかった。布団を上方0cmに配置した条件においては、温度は電気ストーブ側が最も高く、電気ストーブから離れるに従い低くなった。また、電気ストーブから布団までの距離を変更した場合においても同様の傾向が確認された。

表 5-5 サンプル C (カーボンヒータ) の実験結果一覧

位置 着火物		0cm	5cm	10cm	30cm	50cm
布団	正面	温度 287℃ 発煙あり 焦げあり	温度 230℃ 軽微な発煙 焦げあり	温度 178℃ 発煙なし 焦げあり	温度 87℃ 発煙なし 焦げなし	温度 77℃ 発煙なし 焦げなし
	上面	温度 68℃ 発煙なし 焦げなし	100℃に至らない条件のため実験省略			
	側面	温度 91℃ 発煙なし 焦げなし				
	背面	温度 54℃ 発煙なし 焦げなし				
パジャマ (正面)		温度 218℃ 軽微な発煙 焦げあり				

※表中「軽微な発煙」とは、概ねタバコの煙程度のかすかな煙をいう。

着火物を布団とした実験で最も発煙が多かった条件と、着火物をパジャマとした実験の状況は以下のとおり。

① 布団を正面 0cm に配置

布団表面温度の時間推移は、図 5-18 のとおり。布団を設置して電気ストーブの電源を投入後、30 秒で 100℃、1 分 8 秒で 200℃を超え、約 1 分で発煙した。その後、2～5 分で最高温度は最大 287℃まで観測され、そこからは温度が急速に低下した。約 5 分 10 秒後に、目視では煙が観測できなくなった。

実験後、サンプルを確認したところ通電しなくなっていることが判明した。これは、布団にて放熱が制限され、反射板上部に取り付けられた温度ヒューズが溶断したものと推定される。

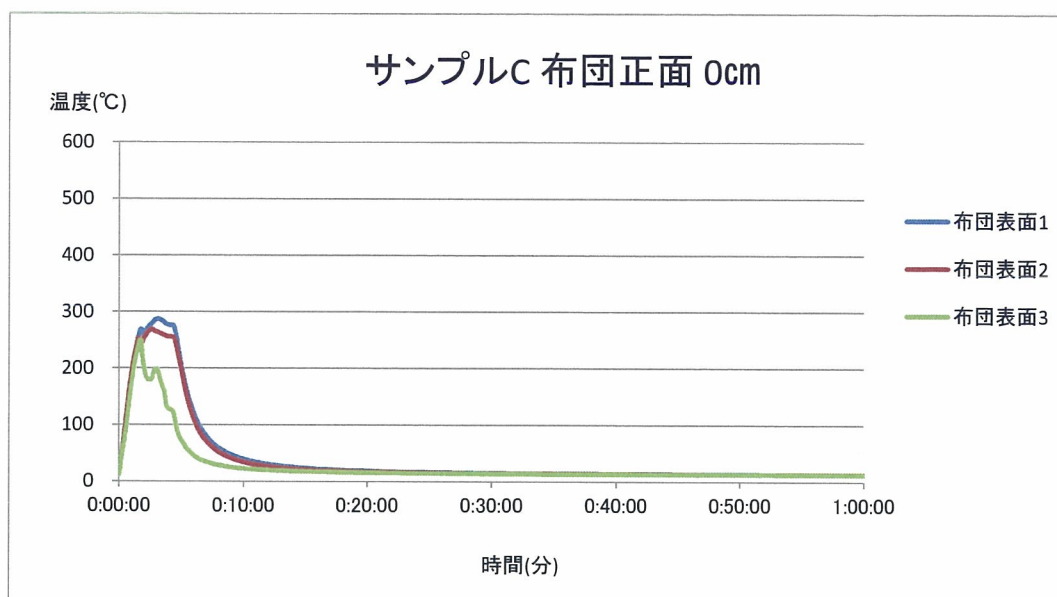


図 5-18 サンプル C（カーボンヒータ）布団正面 0cm 温度推移

② パジャマを正面 0cm に配置

パジャマ表面温度の時間推移は、図 5-19 のとおり。パジャマを配置して電気ストーブの電源を投入後、57 秒で 100℃、2 分 28 秒で 200℃を超えた。その後、約 8 分程度サイクルで断続的に ON-OFF を繰り返し、1 時間で実験を終了した。これは、パジャマにて放熱が制限され、反射板上部に取り付けられたバイメタルが動作したものと想定される。

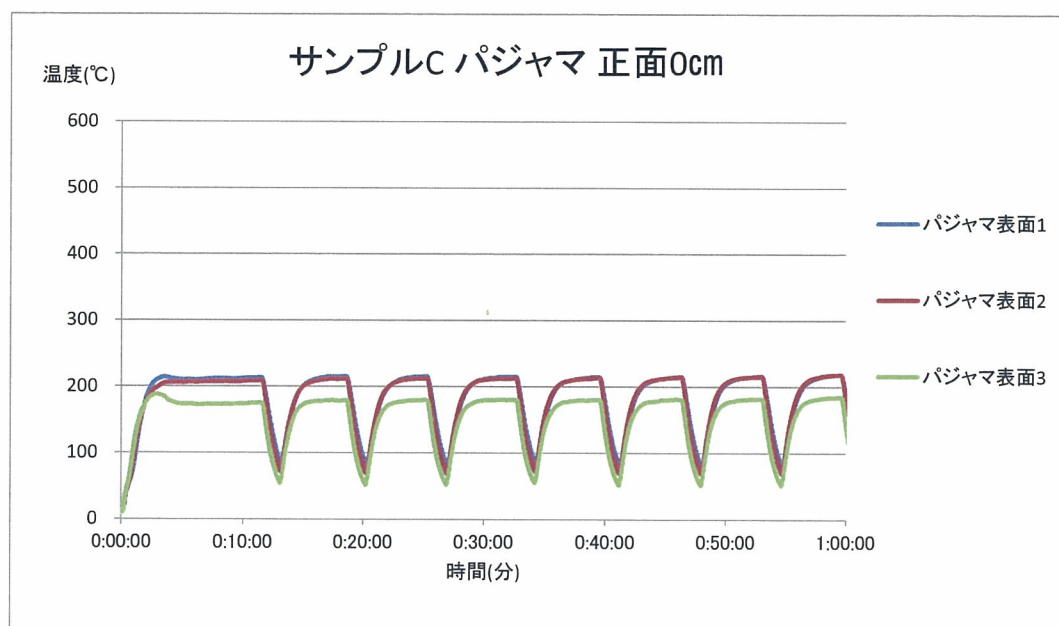


図 5-19 サンプル C（カーボンヒータ）パジャマ正面 0cm 温度推移

2 熱流束実験

熱流束実験の測定結果は、表5-6から表5-8に示すとおり。なお、熱流束計の出力起電力が0.01mV (0.06kW/m²) 以下の場合、熱量的に低く、誤差の影響が大きくなることから実験を省略した。

(1) サンプルA (石英管式)

表5-6 サンプルA (石英管式) の実験結果一覧 (単位: kW/m²)

位置			0cm	5cm	10cm	30cm	50cm
正面	保護ガード 中央	1	8.7	7.25	5.44	2.09	1.11
		2	14.39	9.18	6.41	2.11	0.96
		3	12.74	8.57	4.87	1.2	0.55
	ヒータ正面	1	サンプル A は、ヒータの配置が横向きのため、適用しない。				
		2					
		3					
側面		1	2.3	0.78	0.19	0	
		2	1.78	1.37	0.87	0.04	
		3	0.68	0.73	0.67	0.14	
上面		1	3.27	1.87	1.38	0.27	
		2	1.75	0.77	0.63	0.41	
		3	0.67	0.47	0.42	0.23	
背面		1	0.54	出力起電力が低すぎるため実験省略			
		2	0.5				
		3	0.38				

(2) サンプルB (シースヒータ)

表5-7 サンプルB (シースヒータ) の実験結果一覧 (単位: kW/m²)

位置			0cm	5cm	10cm	30cm	50cm
正面	保護ガード 中央	1	18.17	14.56	9.5	3.53	1.97
		2	19.94	16.19	10.53	3.71	2.04
		3	14.54	11.50	7.57	2.95	1.69
	ヒータ正面	1	11.07	7.65	5.96	3.49	1.69
		2	11.59	8.14	6.51	3.59	1.73
		3	8.29	5.95	4.67	2.75	1.40
側面		1	2.17	0.48	0.02	0	
		2	1.08	0.93	0.75	0	
		3	0.24	0.29	0.29	0.09	
上面		1	3.27	1.87	1.38	0.27	
		2	1.75	0.77	0.63	0.41	
		3	0.67	0.47	0.42	0.23	

背面	1	0	出力起電力が低すぎるため実験省略
	2	0	
	3	0	

(3) サンプルC（カーボンヒータ）

表5-8 サンプルC（カーボンヒータ）の実験結果一覧（単位：kW/m²）

位置			0cm	5cm	10cm	30cm	50cm	
正面	保護ガード 中央	1	13.37	5.59	4.53	2.27	1.28	
		2	14.62	7.67	5.98	2.7	1.43	
		3	12.23	6.49	5.06	2.43	1.33	
	ヒータ正面	1	13.59	6.89	4.9	2.23	1.3	
		2	14.38	9.01	6.34	2.66	1.45	
		3	12.58	7.28	5.26	2.23	1.29	
側面		1	1.98	0.42	0	0	出力起電力が低すぎるため実験省略	
		2	0.85	0.87	0.79	0.01		
		3	0.27	0.24	0.29	0.09		
上面		1	0.90	0.76	0.40	0.05		
		2	1.52	0.75	0.48	0.11		
		3	1.01	0.66	0.52	0.10		
背面		1	0	出力起電力が低すぎるため実験省略				
		2	0					
		3	0					

3 加熱性状実験におけるCO測定

CO測定の結果は、図5-20から図5-25に示すのとおり。

(1) サンプルA（石英管式）（布団正面 0cm）

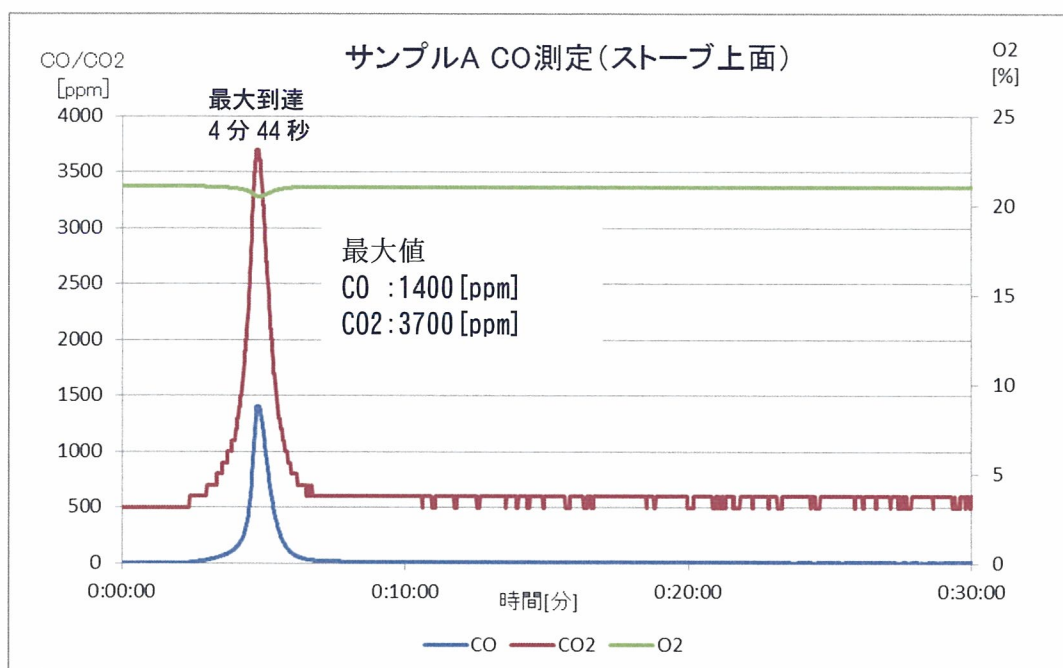


図5-20 サンプルA（石英管式）の上面のCO、CO₂、O₂濃度

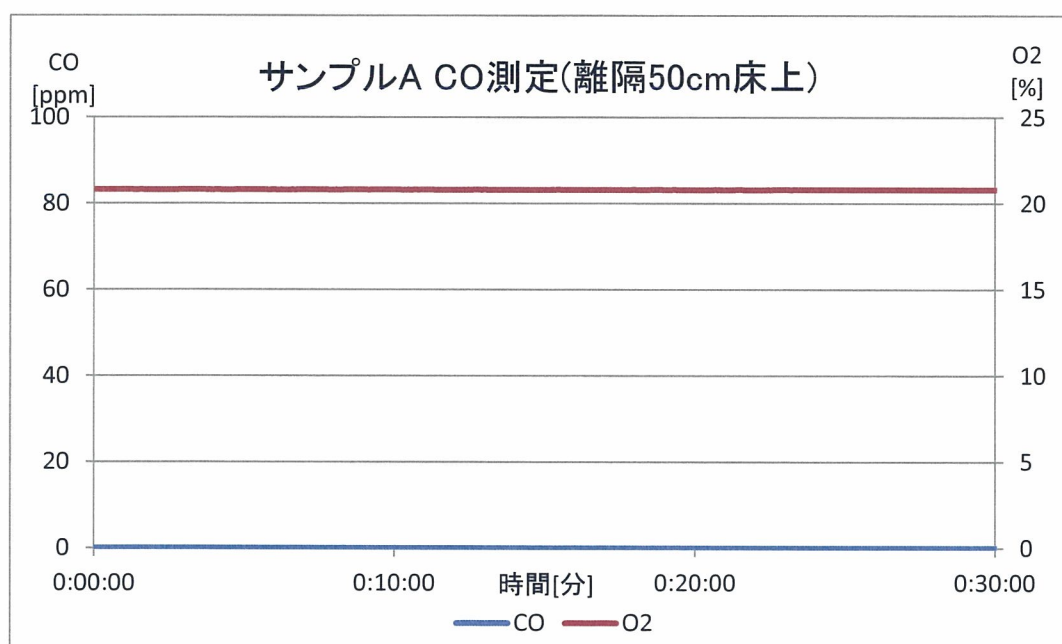


図5-21 サンプルA（石英管式）の横方向50cmの床上のCO、O₂濃度

(2) サンプルB（シーズヒータ）（布団正面 0 c m）

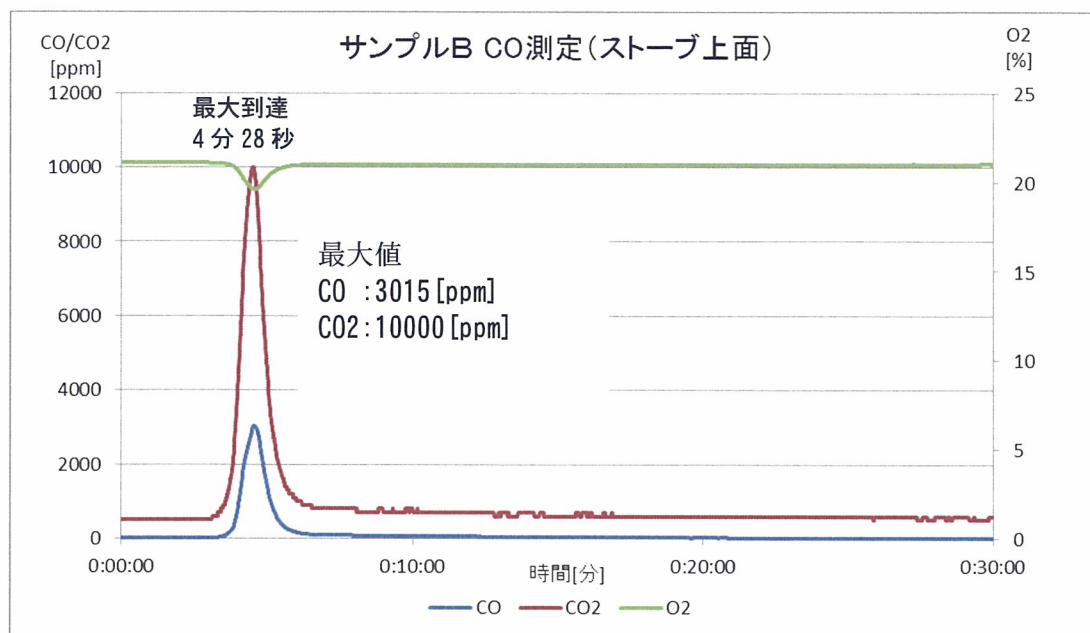


図5-22 サンプルB（シーズヒータ）の上面のCO、CO₂、O₂濃度

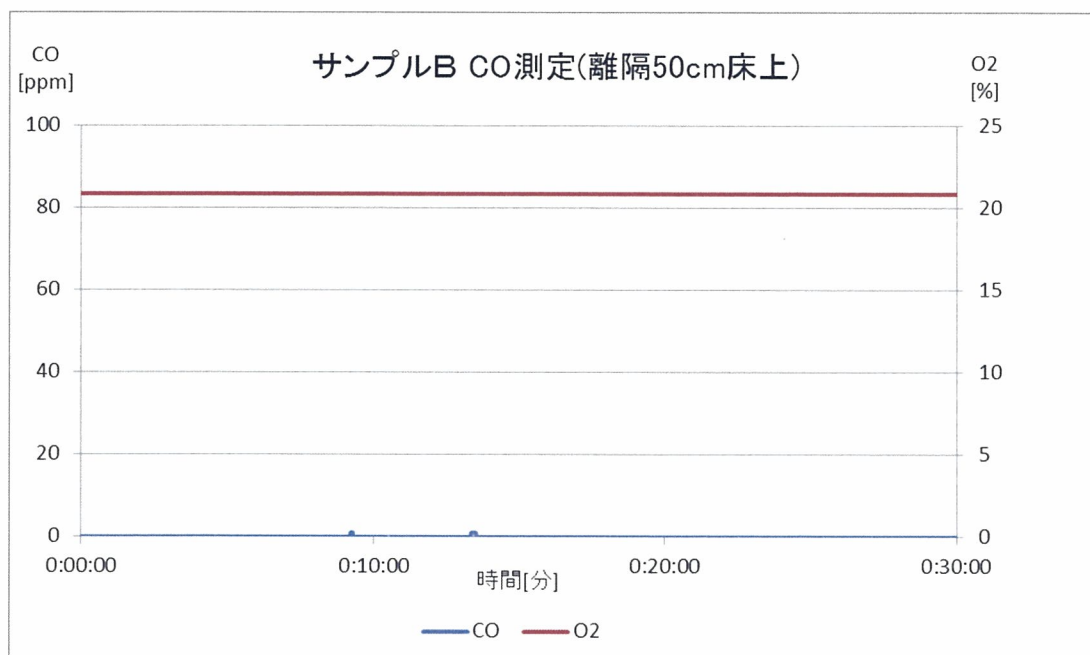


図5-23 サンプルB（シーズヒータ）の横方向50cmの床上のCO、O₂濃度