

焼損した建築材料の識別に関する検証

中田 季位*, 望月 真*, 山本 真靖**, 鳥谷 淳*

概 要

火災調査業務では、焼損及び水損が激しい場合又は延焼状況が特異な火災の場合には、建築材料の特定が困難な場合がある。しかしながら、焼損した建築材料については、分析データの蓄積が少ないことに加え、不燃材料の解析手法が確立されていない。また、建築物には様々な不燃材料が使用されており、火災現場では火災時に受けた熱及び消火水等により、形態及び化学構造が変化することも考えられる。そこで本検証では、火災鑑定業務をより適正にまた、効率的に遂行するため、疑似的に焼損及び水損させた各種不燃材料の解析手法等を確立し、火災現場で使用されている不燃材料を特定することを目的として、不燃材料を電気炉及び直接火炎で加熱した後、水に浸けたものと水に浸けなかったものの試料を作成し、各種分析装置を用いて分析した。

本検証結果より、疑似的に焼損及び水損させた各種不燃材料の解析手法等を確立し、火災現場から採取した不燃材料の特定及び識別が可能となった。今後、不燃材料に関する火災調査業務において、本解析手法を活用することができる。

1 はじめに

火災調査業務では、焼損及び水損が激しい場合又は延焼状況が特異な火災の場合には、建築材料の特定が困難な場合がある。しかしながら、焼損した建築材料については、分析データの蓄積が少ないことに加え、不燃材料の解析手法が確立されていない。また、建築物には様々な不燃材料が使用されており、火災現場では火災時に受けた熱及び消火水等により、形態及び化学構造が変化することも考えられる。

2 検証目的

本検証では、火災鑑定業務をより適正にまた、効率的に遂行するため、疑似的に焼損及び水損させた各種不燃材料の解析手法等を確立し、火災現場で使用されている不燃材料を特定することを目的とする。

3 検証内容及び検証方法

(1) 試料

不燃材料を7種類〔石膏ボード、グラスウール板（以下「グラスウール」という）、ロックウール板（以下「ロックウール」という）、ケイ酸カルシウム板（以下「ケイカル板」という）、漆喰、モルタル、ガラス繊維混入セメント板（以下「GRC」という）〕、その種類ごとに販売シェアの高い2社の製品（GRCのみ製法の異なるもの）、計14種類を選定し、一辺が6から7cmの正方形の大きさとした。（写真1参照）















石膏ボード	グラスウール	ロックウール	ケイカル板
			
A社	C社	E社	G社
			
B社	D社	F社	H社
漆喰	モルタル	GRC	
			
I社	K社	M製法	
			
J社	L社	N製法	

写真1 各種不燃材料の写真

(2) 加熱方法

ア 電気炉による加熱

各試料は写真2の卓上型電気炉（東京硝子器械株式会社）を用い、温度は250℃、500℃、750℃及び1000℃、時間は0.5時間、1時間、2時間及び4時間で割り振り、温度と時間それぞれ全ての条件で加熱した。電気炉の仕様を次に示す。

- ・炉内寸法：W;120 × D;110 × H;200 mm
- ・使用温度：最高1100℃、常用1000℃
- ・発熱体：カンタルA-1線

- ・電源：100 V
- ・制御方式：PID 制御方式

イ 火炎による加熱

各試料は写真3の火炎防護性試験機（株式会社大栄科学精器製作所）で直接火炎（加熱面約650℃）により、0.5時間加熱した。



写真2 卓上型電気炉



写真3 火炎防護性試験機

(3) 水損方法及び乾燥方法

前(2)で加熱したものを水道水に30秒間浸した後、写真4の恒温槽（株式会社いすゞ製作所）により、100℃環境下で一昼夜乾燥させた。

(4) 光学顕微鏡による形態観察

各試料の形態観察を行うため、写真5の光学顕微鏡（株式会社ニコン）で観察した。



写真4 恒温槽



写真5 光学顕微鏡

(5) エネルギー分散型蛍光X線分析装置による元素分析

各試料の元素分析を行うため、写真6のエネルギー分散型蛍光X線分析装置（Energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer、以下「ED-XRF」という）を用いた。次に、測定条件等を示す。

- ・使用機器：JSX-3202EV
（日本電子株式会社）
- ・加速電圧：50 kV
- ・雰囲気：真空
- ・コリメータ：3.0 mm
- ・エネルギー範囲：0～41 keV
- ・検出範囲： $_{11}\text{Na}$ （ナトリウム）～ $_{92}\text{U}$ （ウラン）

(6) エネルギー分散型X線分析装置付き走査電子顕微鏡による元素分析

各試料の元素分析を行うため、写真7のエネルギー分散型X線分析装置付き走査電子顕微鏡（Scanning electron microscope with energy dispersive X-ray spectrometer、以下「SEM-EDS」という）を用いた。次に、測定条件等を示す。

- ・使用機器：JSM-6390LA+JED-2300
（日本電子株式会社）
- ・加速電圧：15 kV
- ・雰囲気：高真空
- ・信号：SEI（二次電子像）

- ・倍率：80倍
- ・検出範囲： $_{5}\text{B}$ （ホウ素）～ $_{92}\text{U}$ （ウラン）



写真6 ED-XRF



写真7 SEM-EDS

(7) X線回折装置による成分分析

各試料の成分分析を行うため、写真8のX線回折装置（X-ray diffractometer、以下「XRD」という）を用いた。次に、測定条件等を示す。

- ・使用機器：MiniFlex600
（株式会社リガク）
- ・反射角度：5～85 deg
- ・サンプリング幅：0.1 deg
- ・スキャンスピード：1 deg/s
- ・管電圧：40 kV、管電流：15 mA

(8) フーリエ変換赤外分光光度計による成分分析

各試料の成分分析を行うため、写真9のフーリエ変換赤外分光光度計（Fourier transform infrared spectrophotometer、以下「FT-IR」という）を用いた。次に、測定条件等を示す。

- ・使用機器：NICOLET iS10
（Thermo Fisher SCIENTIFIC社）
- ・分解能：4 cm^{-1}
- ・スキャン回数：32回
- ・測定方式：ATR（全反射法）
- ・プリズム：ダイヤモンド



写真8 XRD



写真9 FT-IR

4 検証結果及び考察

(1) 各試料の測定結果

例として、石膏ボード、C社製グラスウール、E社製ロックウール、G社製ケイカル板、K社製モルタル及びM製法のGRCについて、測定結果をまとめたものをそれぞれ表1、表2、表3、表4、表5及び表6に示す。なお、石膏ボードは、A社製及びB社製で測定結果に全く違いが見られなかった。また、C社製グラスウールに関して、加熱温度1000℃において、水損無の試料は作成できなかった。表1、表2、表3、表4、表5及び表6から、各不燃材料の特定は可能であることがわかった。更に、各項目に関して注目すれば、加熱温度及び加熱時間の識別もある程度可能であった。また、火炎で加熱したものは、電気炉により500℃及び750℃で加熱したものと類似した結果が得られた。

表 1 石膏ボードの測定結果 (A社製・B社製とも同様)

加熱温度 (°C)	加熱時間 (hour)	形態観察		ED-XRF		SEM-EDS		XRD		FT-IR	
		水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有
加熱前		硬く、黄色い紙で覆われている		硫黄(S)		酸素(O)		CaSO ₄ ・2H ₂ O		硫酸カルシウム特有 + 硫酸塩の吸収帯	
250	0.5	硬く、覆っている紙が残存する						CaSO ₄ ・1/2H ₂ O			
	1										
	2										
500	4	ある程度硬く、紙は残存しない ヒビは入らない		+		CaSO ₄		硫酸塩の吸収帯			
	0.5										
	1										
750	2	脆く、ヒビが入る		+		CaSO ₄		硫酸塩の吸収帯			
	0.5										
	1										
1000	2	ある程度硬く、紙は残存しない 表面にわずかなヒビが入る		カルシウム(Ca)		+		CaSO ₄		硫酸塩の吸収帯	
	0.5										
	1										
火炎	0.5	ある程度硬く、紙は残存しない 表面にわずかなヒビが入る		カルシウム(Ca)		+		CaSO ₄		硫酸塩の吸収帯	

表 2 C社製グラスウールの測定結果

加熱温度 (°C)	加熱時間 (hour)	形態観察		ED-XRF		SEM-EDS		XRD		FT-IR			
		水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有		
加熱前		黄色のスポンジの様な硬さ		ケイ素(Si) + カリウム(K) + カルシウム(Ca)		炭素(C) + 酸素(O) + ナトリウム(Na) + マグネシウム(Mg) + アルミニウム(Al)		解析不能		Si-Oの伸縮振動 の吸収帯			
250	0.5	茶色のスポンジの様な硬さ											
	1												
	2												
500	4	白色の綿の様な硬さ		チタン(Ti) + マンガン(Mn) + 鉄(Fe) + ストロンチウム(Sr)		+ ケイ素(Si) + 硫黄(S) + カリウム(K) + カルシウム(Ca)		※ 炭素(C)及び 硫黄(S)は、検出 されない場合もある		※ 1			
	0.5												
	1												
750	2	緑色と灰色、丸い、ウエハースの様な硬さ		※ 1		※ 1		※ 1		※ 1			
	0.5	緑色、丸く宝石の様な硬さ											
	1	緑色と灰色、丸い、ウエハースの様な硬さ											
1000	2	※ 1		※ 1		※ 1		※ 1		※ 1			
	0.5											緑色、硬い	
	1											周囲がゴツゴツ	
	4											周囲：赤く充血の様 中央：緑色、薄平ら、硬い	
火炎	0.5	白色の綿の様な硬さ		※ 1		※ 1		※ 1		※ 1			

※ 1 : 試料作成不能

表3 E社製ロックウールの測定結果

加熱温度 (°C)	加熱時間 (hour)	形態観察		ED-XRF		SEM-EDS		XRD		FT-IR	
		水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有
加熱前		灰色, 通常の段ボールの様な硬さ									
250	0.5	黒みがかった灰色 湿った段ボールの様な硬さ		アルミニウム (Al) + ケイ素 (Si)		炭素 (C) + 酸素 (O)		解析不能		Si-Oの伸縮振動 + Al-Oの伸縮振動の吸収帯	
	1										
	2										
	4										
500	0.5	灰色 石綿の様な硬さ		+ ケイ素 (Si) + 硫黄 (S) + カリウム (K) + カルシウム (Ca)		ナトリウム (Na) + マグネシウム (Mg) + アルミニウム (Al)		解析不能		Si-O及び Al-Oの伸縮振動 が重なった吸収帯	
	1										
	2										
	4										
750	0.5	濃い灰色 若干反る 一部硬質化する		+ チタン (Ti) + マンガン (Mn) + 鉄 (Fe)		+ ケイ素 (Si) + 硫黄 (S) + カリウム (K) + カルシウム (Ca)		※2 + SiO ₂		Si-O及び Al-Oの伸縮振動 が重なった吸収帯	
	1							※2			
	2							+ Ca (Al ₂ Si ₂ O ₈) + SiO ₂			
	4							+ SiO ₂			
1000	0.5	黒色 反る コンクリートの様な硬さ		+ 鉄 (Fe)		+ カリウム (K) + カルシウム (Ca)		※2		Si-Oの伸縮振動 + Al-Oの伸縮振動の吸収帯	
	1							+ Ca (Al ₂ Si ₂ O ₈)			
	2							+ Ca SiO ₃			
	4							+ Ca SiO ₃			
火炎	0.5	茶色、石綿の様な硬さ						解析不能			

※2 : Ca (Al_{0.46}Mg_{0.54}) [(Al_{0.23}Si_{0.77})₂O₇]

表4 G社製ケイカル板の測定結果

加熱温度 (°C)	加熱時間 (hour)	形態観察		ED-XRF		SEM-EDS		XRD		FT-IR	
		水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有
加熱前		白い、硬い				炭素 (C)		Ca SiO ₃		硫酸カルシウム特有	
250	0.5	薄い茶色 硬い		ケイ素 (Si)		+ 酸素 (O)		+ CaCO ₃		+ 炭酸塩 + 硫酸塩 + メタケイ酸塩の吸収帯	
	1										
	2										
	4										
500	0.5	灰色 ある程度硬い		+ 硫黄 (S)		アルミニウム (Al)		+ CaSO ₄		炭酸塩 + 硫酸塩 + メタケイ酸塩の吸収帯	
	1										
	2										
	4										
750	0.5	薄い黄色がかった白色 脆い		+ カルシウム (Ca)		+ ケイ素 (Si)		Ca SiO ₃ + CaCO ₃ + CaSO ₄ + Ca ₂ SiO ₄		炭酸塩 + 硫酸塩 + メタケイ酸塩 + オルトケイ酸塩の吸収帯	
	1										
	2										
	4										
1000	0.5	白色 脆い		+ 鉄 (Fe)		+ 硫黄 (S)		Ca SiO ₃ + CaSO ₄ + Ca ₂ SiO ₄		硫酸塩 + メタケイ酸塩 + オルトケイ酸塩の吸収帯	
	1										
	2										
	4										
火炎	0.5	灰色、ある程度硬い 煤の様なもの付着				+ カルシウム (Ca)		Ca SiO ₃ + CaCO ₃ + CaSO ₄		炭酸塩 + 硫酸塩 + メタケイ酸塩の吸収帯	

表5 K社製モルタルの測定結果

加熱温度 (°C)	加熱時間 (hour)	形態観察		ED-XRF		SEM-EDS		XRD		FT-IR			
		水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有		
加熱前		濃い灰色、非常に硬い				炭素 (C) +		CaCO ₃ + Ca(OH) ₂		O-Hの伸縮振動 + 炭酸塩			
250	0.5	茶色がかかった灰色 非常に硬い		アルミニウム (Al)		ナトリウム (Na)		CaCO ₃ + Ca ₂ SiO ₄ + SiO ₂ + Ca (Al ₂ Si ₂ O ₈)		+ 炭酸塩 + Si-Oの伸縮振動 + Al-Oの伸縮振動の吸収帯			
	1												
	2												
	4												
500	0.5	薄い灰色 非常に硬い		+ ケイ素 (Si)		+ マグネシウム (Mg)		CaCO ₃ + Ca ₂ SiO ₄ +		炭酸塩 + Si-Oの伸縮振動 + Al-Oの伸縮振動の吸収帯			
	1												
	2												
	4												
750	0.5	赤みがかかった薄い灰色 硬い		+ カリウム (K)		+ ケイ素 (Si)		+ SiO ₂ +		炭酸塩 + Si-Oの伸縮振動 + Al-Oの伸縮振動 + オルトケイ酸塩の吸収帯			
	1												
	2												
	4												
1000	0.5	強く赤みがかかった薄い灰色 硬い		+ カルシウム (Ca)		+ ケイ素 (Si)		+ 硫黄 (S) +		Ca (Al ₂ Si ₂ O ₈)			
	1												
	2												
	4												
火炎	0.5	灰色 非常に硬い		チタン (Ti) + 鉄 (Fe)		+ カリウム (K) + カルシウム (Ca) +		+ 鉄 (Fe) ※ カリウム (K) は検 出されない場合もある		CaCO ₃ + Ca ₂ SiO ₄ + SiO ₂ + Ca (Al ₂ Si ₂ O ₈)		炭酸塩 + Si-Oの伸縮振動 + Al-Oの伸縮振動の吸収帯	

表6 M製法のGRCの測定結果

加熱温度 (°C)	加熱時間 (hour)	形態観察		ED-XRF		SEM-EDS		XRD		FT-IR			
		水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有	水損無	水損有		
加熱前		濃い灰色、非常に硬い				炭素 (C) +		CaCO ₃ + Ca(OH) ₂		O-Hの伸縮振動 + 炭酸塩			
250	0.5	赤みがかかった濃い灰色 非常に硬い		アルミニウム (Al)		+ 酸素 (O)		CaCO ₃ + Ca ₂ SiO ₄ + SiO ₂ + Ca (Al ₂ Si ₂ O ₈)		+ Si-Oの伸縮振動 + Al-Oの伸縮振動の吸収帯			
	1												
	2												
	4												
500	0.5	濃い灰色 非常に硬い		+ ケイ素 (Si)		+ ナトリウム (Na)		CaCO ₃ + Ca ₂ SiO ₄ +		炭酸塩 + Si-Oの伸縮振動 +			
	1												
	2												
	4												
750	0.5	茶色がかかった薄い灰色 硬い		+ カリウム (K)		+ ケイ素 (Si)		+ SiO ₂ +		Al-Oの伸縮振動 + オルトケイ酸塩の吸収帯			
	1												
	2												
	4												
1000	0.5	茶色 硬い		+ カルシウム (Ca)		+ ケイ素 (Si)		+ 硫黄 (S) +		Ca (Al ₂ Si ₂ O ₈)			
	1												
	2												
	4												
火炎	0.5	灰色 非常に硬い		+ チタン (Ti) + 鉄 (Fe) + ジルコニウム (Zr)		+ カリウム (K) + カルシウム (Ca) +		+ 鉄 (Fe)		CaCO ₃ + Ca ₂ SiO ₄ + SiO ₂ + Ca (Al ₂ Si ₂ O ₈)		炭酸塩 + Si-Oの伸縮振動 + Al-Oの伸縮振動 + オルトケイ酸塩の吸収帯	

次に、本検証で用いた不燃材料の特定及び識別をするにあたって、注目すべき化学変化を図1～図6に示す。

ア 石膏ボード

石膏ボードの加熱による化学変化を図1に示す。

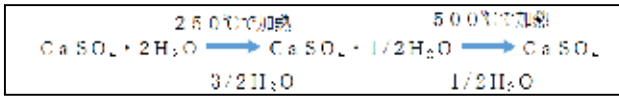


図1 石膏ボードの加熱による化学変化

イ グラスウール

グラスウールに関しては、加熱及び水損による化学変化は見られなかった。

ウ ロックウール

本検証では、明確な化学変化を特定することは出来なかった。

エ ケイカル板

ケイカル板の加熱による化学変化を図2に示す。

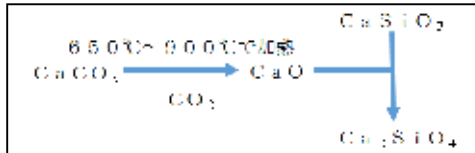


図2 ケイカル板の加熱による化学変化

オ 漆喰

漆喰の加熱及び水損による化学変化を図3に示す。

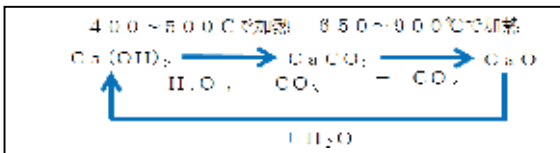


図3 漆喰の加熱及び水損による化学変化

カ モルタル

K社製モルタルの加熱による化学変化を図4に示す。

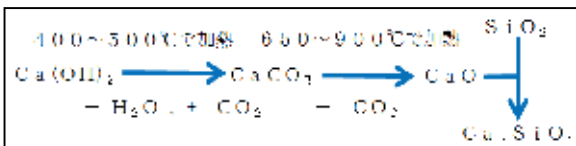


図4 K社製モルタルの加熱による化学変化

L社製モルタルの加熱及び水損による化学変化を図5に示す。

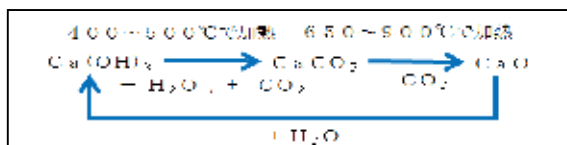


図5 L社製モルタルの加熱及び水損による化学変化

キ GRC

GRCの加熱による化学変化を図6に示す。

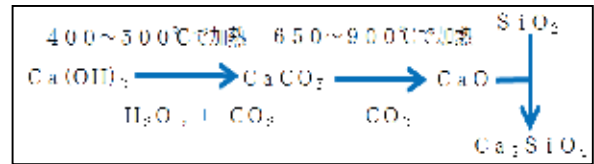


図6 GRCの加熱による化学変化

(2) 火災現場から採取した不燃材料の特定及び識別

火災現場から採取した不燃材料について、特定及び識別ができるか検証した。なお、以下の対照試料（石膏ボード）に関して、加熱時間及び水損の有無の識別は困難であることから、各加熱温度において加熱時間4時間で水損有のものを示した。

火災現場から採取した3つの不燃材料をそれぞれ「試料O」、「試料P」及び「試料Q」とする。

ア 形態観察

試料O、試料P、試料Q及び対照試料（A社製石膏ボードの加熱前のもの並びに250℃、500℃、750℃及び1000℃で4時間加熱した水損有のもの）の外観及び光学顕微鏡の観察結果を写真10に示す。

表1及び写真10から、試料Oは250℃で加熱したもの、試料Pは250℃または500℃で加熱したもの、試料Qは500℃で加熱したものに類似していた。

試料O		試料P	
試料Q		加熱前のもの	
250℃で4時間（水損有）		500℃で4時間（水損有）	
750℃で4時間（水損有）		1000℃で4時間（水損有）	

※光学顕微鏡 0.5mm

写真10 外観及び光学顕微鏡の観察結果
（左：外観、右：光学顕微鏡）

イ ED-XRF 測定結果

前アの不燃材料及び対照試料（A社製石膏ボードの加熱前のもの及び1000℃で4時間加熱した水損有のもの）のED-XRF測定結果を表7に示す。

表1及び表7から、試料O、試料P及び試料QはA社製石膏ボードと構成元素及び比率がほぼ一致した。

表7 ED-XRF 測定結果

試料	構成元素	S (硫黄)		Ca (カルシウム)	
		質量%	モル%	質量%	モル%
試料O		29.87	34.74	70.13	65.26
試料P		30.38	35.29	69.62	64.71
試料Q		29.48	34.32	70.52	65.68
加熱前のもの		29.36	34.19	70.64	65.81
1000℃で4時間 (水損有)		26.53	31.09	73.47	68.91

ウ SEM-EDS 測定結果

前アの不燃材料及び対照試料（A社製石膏ボードの加熱前のもの並びに250℃、500℃、750℃及び1000℃で4時間加熱した水損有のもの）のSEM-EDS測定結果を表8に示す。

表1及び表8から、試料O、試料P及び試料Qは、構成元素について、全ての条件のA社製石膏ボードと、また比率に関して、250℃及び500℃で加熱したものとほぼ一致した。なお、対照試料に関して、加熱温度の上昇にともない酸素(O)の比率が減少していくが、このことは図1に示したとおり、水和物が脱水していくことに起因していると考えられる。

表8 SEM-EDS 測定結果

試料	構成元素	O (酸素)		S (硫黄)		Ca (カルシウム)	
		質量%	モル%	質量%	モル%	質量%	モル%
試料O		43.97	63.88	24.98	18.11	31.05	18.01
試料P		43.88	63.82	24.93	18.08	31.19	18.10
試料Q		42.89	62.87	25.36	18.55	31.75	18.58
加熱前のもの		53.52	72.16	20.94	14.09	25.54	13.75
250℃で4時間(水損有)		44.18	64.06	25.13	18.18	30.69	17.76
500℃で4時間(水損有)		44.47	64.36	24.61	17.78	30.92	17.86
750℃で4時間(水損有)		40.28	60.36	26.28	19.64	33.44	20.00
1000℃で4時間(水損有)		40.43	60.51	26.19	19.55	33.38	19.94

エ XRD 測定結果

前アの不燃材料及び対照試料（A社製石膏ボードの加熱前のもの並びに250℃及び500℃で4時間加熱した水損有のもの）のXRD測定結果を、それぞれ順に、図7、図8、図9、図10、図11及び図12に示す。なお、A社製石膏ボードの750℃及び1000℃で4時間加熱した水損有のものXRD測定結果は500℃で加熱したものと同様であった。

であった。

図7及び図8から、試料O及び試料Pの成分はCaSO₄・1/2H₂O、図9から、試料Qの成分はCaSO₄（主成分）及びCaSO₄・1/2H₂Oであった。更に、図1、図10、図11、図12及び表1から、試料O及び試料Pは250℃で加熱されたもの、試料Qは500℃未満ではあるがそれに近い温度で加熱されたものであることが分かった。

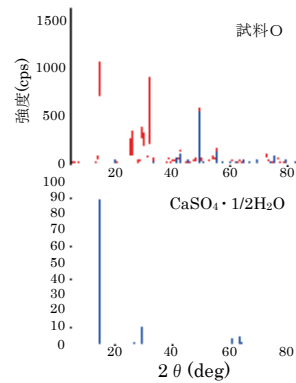


図7 「試料O」のXRD測定結果

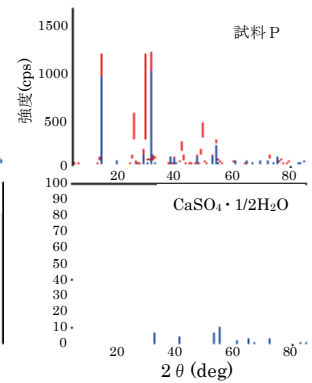


図8 「試料P」のXRD測定結果

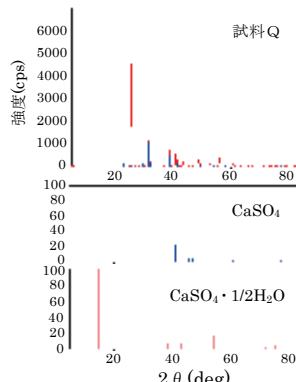


図9 「試料Q」のXRD測定結果

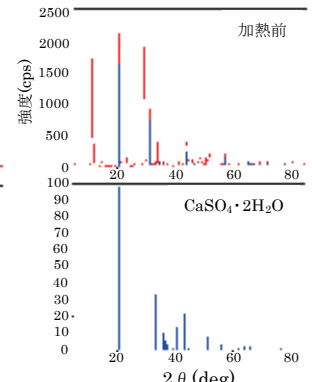


図10 加熱前のもののXRD測定結果

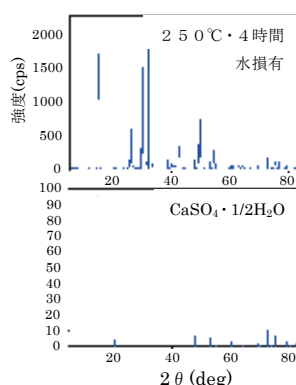


図11 250℃で4時間加熱した水損有のものXRD測定結果

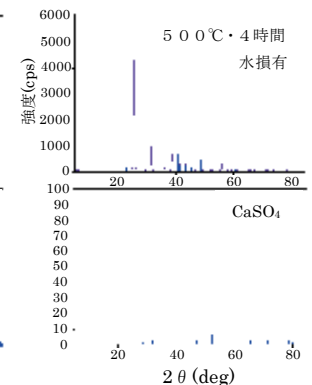


図12 500℃で4時間加熱した水損有のものXRD測定結果

オ FT-IR 測定結果

前アの不燃材料及び対照試料（A社製石膏ボードの加熱前のもの並びに250℃、500℃、750℃及び1000℃で4時間加熱した水損有のもの）のFT-IR測定結果を図13に示す。

図13から、以下の吸収帯が観察できた。^{1), 2), 3), 4)}

- ・3600～3550 cm⁻¹付近に硫酸カルシウム特有の吸収帯
- ・3550～3400 cm⁻¹付近に硫酸カルシウム特有の吸収帯
- ・1700 cm⁻¹付近に硫酸カルシウム特有の吸収帯
- ・1600 cm⁻¹付近に硫酸カルシウム特有の吸収帯
- ・1150～1000 cm⁻¹付近に硫酸塩の吸収帯

表1及び図13から、対照試料に関して、以下のことが分かった。

・3600～3550 cm⁻¹付近、3550～3400 cm⁻¹付近及び1600 cm⁻¹付近の硫酸カルシウム特有の吸収帯は、加熱前のもの及び250℃で加熱したものに見られるが、500℃以上で加熱したものには見られない。

・1700 cm⁻¹付近の硫酸カルシウム特有の吸収帯は、加熱前のものには見られない。

・1150 cm⁻¹付近の硫酸塩特有の吸収帯は、全てにおいて見られる。

以上のことを踏まえ、前アの不燃材料を解析した。

試料O及び試料Pは、3600～3550 cm⁻¹付近、3550～3400 cm⁻¹付近及び1600 cm⁻¹付近に硫酸カルシウム特有の吸収帯並びに1150～1000 cm⁻¹付近に硫酸塩の吸収帯が見られる。また、これらの吸収帯波形は対照試料の250℃で加熱したものに非常に類似していた。

試料Qは、1150～1000 cm⁻¹付近に硫酸塩の吸収帯が見られ、その吸収帯波形は対照試料の500℃で加熱したものに非常に類似していた。

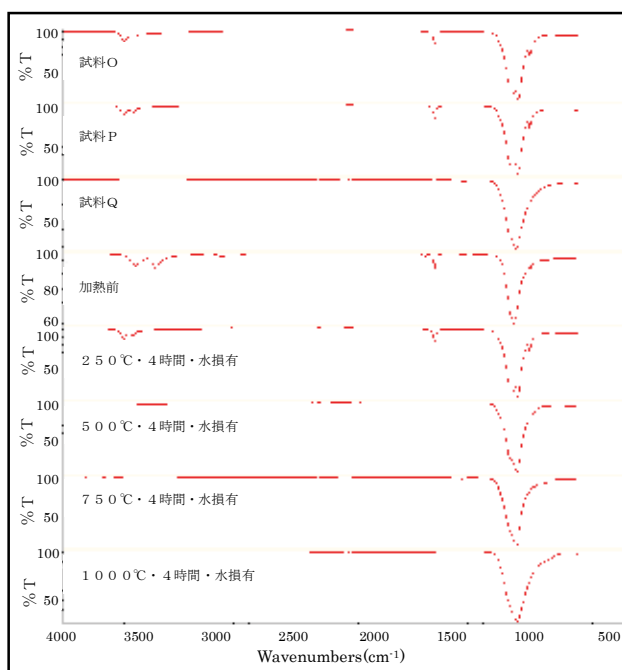


図13 FT-IR 測定結果

カ 識別結果

前ア～オより、試料O及び試料Pは、250℃で加熱された石膏ボードであることが分かった。また、試料Qは、500℃未満ではあるがそれに近い温度で加熱された石膏ボードであることが分かった。

これらのことから、本検証で確立した解析手法等により、火災現場で使用されていた不燃材料を石膏ボードと特定すること及び加熱された温度の識別が可能であった。

5 まとめ

(1) 疑似的に焼損及び水損させた各種不燃材料を形態観察及び各分析装置で分析することにより、解析手法等を確立させた。

(2) 確立した解析手法等を用いることにより、火災現場から採取した不燃材料の特定及び識別はほぼ可能である。

(3) 火災防護性試験機により、直接火炎（約650℃）で加熱したものは、電気炉で500℃及び750℃で加熱したものと類似した結果が得られたことから、火災現場から採取した不燃材料を解析し、本検証で用いた電気炉の加熱温度と比較することにより、火災現場から採取した不燃材料の周辺温度を推測することができる。

(4) 火災現場から採取した不燃材料の特定及び識別に関して、同じ不燃材料においても、メーカーや製品等の違いから、本検証で得た解析手法等と完全に一致しないことも考えられる。

6 おわりに

今後、不燃材料に関する火災調査業務等において、本解析手法等が広く活用され、多くの方々の役に立てることを切望する。

最後に、本検証を実施するにあたって、協力して下さった各社及び関係団体の方々に心から深く感謝致します。

[参考文献]

- 1) George Socrates : Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies, JOHN WILEY & SONS, LTD, 2001
- 2) Silverstein Bassler Morrill : 有機化合物のスペクトルによる同定法 第5版、株式会社東京化学同人、1992
- 3) 田隅三生 : FT-IR の基礎と実際 第2版 : 株式会社東京化学同人、1994
- 4) M.Hesse, H.meier, B.zeeh : 有機化学のためのスペクトル解析法 第2版、株式会社化学同人、2010

Study on the Identification of the Building Materials Damaged by Fire

Hidenori NAKADA*, Makoto MOCHIZUKI*, Masayasu YAMAMOTO**, Sunao TORIYA*

Abstract

In fire investigation work, when fire or water damage is severe, or when the state of fire spread is not ordinary, it may be difficult to identify building materials. As a matter of fact, not only is there little analytical data actually gathered regarding fire-damaged building materials, but also no analytical method has been established for noncombustible materials. In addition, a wide range of noncombustible materials are used in buildings, and factors such as the heat of fire and the water used for firefighting may change both the form and the chemical structure of materials. To achieve a higher degree of accuracy and efficiency in fire appraisal work, this study established the methods of analyzing the noncombustible materials that have been damaged intentionally by fire and water with the goal of identifying the noncombustible materials found at fire scenes. Noncombustible materials were heated using an electric furnace and a direct flame, and then were either soaked or not soaked in water to be created as samples, which were then analyzed using various types of analytical devices.

As a result, this study led to the establishment of the methods for analyzing a wide range of different types of noncombustible materials that were damaged intentionally by fire and water, and also to the actual specification/identification of the noncombustible materials taken from the site of an actual fire. These methods are now available in analyzing noncombustible materials during fire investigation.