## 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)

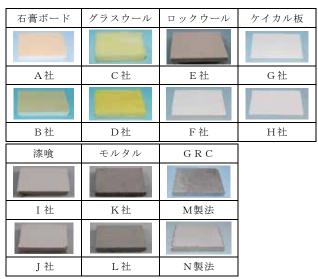


写真1 各種不燃材料の写真

#### (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  $\mathbb C$ 、500  $\mathbb C$  750  $\mathbb C$   $\mathbb E$  0.5 時間、0.5 時間をである。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

<sup>\*</sup>危険物質検証課 \*\*調布消防署

・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: ISX-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:<sub>11</sub>Na (ナトリウム) ~<sub>92</sub>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:<sub>5</sub>B(ホウ素)~<sub>92</sub>U(ウラン)





写真6 ED-XRF

写真7 SEMー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<sup>-1</sup>

・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 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	加熱時間	形	態観察	E D -	XRF	S EM-	-EDS	X	R D	FT-IR			
(℃)	(hour)	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		
加刺	熱前	硬く、黄色い	紙で覆われている	·					• 2 H <sub>2</sub> O				
	0.5					酸素	(O)			硫酸カルシ	ウム特有		
250	1	硬く、覆っている紙が残存する		ļ			Basil ( = /		· 1/2H <sub>2</sub> O	+			
	2			硫黄	i(S)			C a 3 O 4	1/21120	硫酸塩の吸収帯			
	4												
	0.5	ある程度硬く、紙は残存しない				4	_						
500	1												
300		ヒビに	は入らない										
	4			+ 硫黄(S)		硫黄(S)				硫酸塩の吸収帯			
	0.5												
750	1												
150	2						Ca	SO <sub>4</sub>					
	4	胎く	脆く、ヒビが入る					0 4	554	HILL DX-IIII V	20.10 III		
	0.5	WE CC				-1	-						
1000	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)								
	4												
火炎	0.5				カルシウム(		ム(Ca)						

## 表2 C社製グラスウールの測定結果

加熱温度	加熱時間		形態観察	E D -	XRF	SEM	– E D S	X	R D	FT-IR	
(℃)	(hour)	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
加索	加熱前 黄色のスポンジの様な硬さ										
0.5				ケイ素		炭素 + 酸乳					
250	1 茶色のスポンジの様な硬さ		カリウム (K)		+ ナトリウム (Na)						
	2	ж. <b>С</b> . 32 г.	+		+ マグネシウム (Mg)						
	4			カルシウム(Ca)		+ アルミニウム (A□)					
	0. 5			-	+	+ ケイ϶	+ ケイ素 (Si)				
500	1	ήÆa	チタン	(T i)	+ 硫青	黄(S)					
500	2		)綿の様な硬さ	+			ウム (K)	解析不能		Si-Oの伸縮振動 の吸収帯	
	4			マンガン	,	+ カルシウム(Ca)					
	0.5	緑色と灰色、丸い	ヽ、ウエハースの様な硬さ	+			=				
750	1	緑色、丸	く宝石の様な硬さ	鉄 (I		※ 炭素 (C) 及び					
750	2			+ ストロンチウム(Sr)		硫黄(S)は、検出 されない場合もある					
	4	緑色と灰色、丸り	、ウエハースの様な硬さ	7,407	92(31)	240/40	物ロもめる				
	0. 5		緑色、硬い								
	1		周囲がゴツゴツ								
1000	2	<b>※</b> 1	緑色、平ら、硬い	<b>※</b> 1		<b>※</b> 1		<b>※</b> 1		<b>※</b> 1	
	4		周囲:赤く充血の様								
	4		中央:緑色、薄平ら、硬い								
火炎	0. 5	白色0									

※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	加熱時間	形態	観察	E D -	XRF	S EM-	SEM-EDS		RD	FT-IR		
(°C)	(hour)	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	
加秀	熱前	灰色,通常の段ボールの様な硬さ										
	0.5	0.5										
050	1	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 (A0) +			炭素(C)					
250	2					酸素				S i −00	伸縮振動	
	4			+ ケイ素 (S i )		1		解析不能		+		
0. 5				-	+	ナトリウム	(N a)			Aℓ-Oの伸縮振動の吸収帯		
500	1	灰	色	硫黄	(S)	4	+					
500	2	石綿の様な硬さ		+		マグネシウ						
	4			カリウ』	ム (K) +	+ アルミニウム (A0)						
	0.5			カルシウ。		/ルミニリ H		<b>※</b> 2 +	S i O <sub>2</sub>			
750	1	濃い			+	ケイ素		*	2	S i 一〇及び A l 一〇の伸縮振動		
750	2		若干反る 一部硬質化する		(T i)	4	+	+ Ca (A	0 2 S i 2 O 8)	が重なった		
	4		1,0 / 0	-	+	硫黄	硫黄 (S)		i O 2		- 500000	
	0.5			マンガン	, ,	4						
1000	1		色	- 鉄(I	+	カリウム		+ Ca (A		S i −0 Ø	伸縮振動	
1000	2	反る コンクリートの様な硬さ		90 (1	. 6)	カルシウム			S i O <sub>3</sub>	+		
	4								3	Aℓ-Oの伸縮	振動の吸収帯	
火炎	0.5	茶色、石綿	の様な硬さ					解析	不能			

## 表4 G社製ケイカル板の測定結果

加熱温度	加熱時間	形態	観察	E D -	-XRF	SEM	– EDS	XF	R D	FT	– I R	
(℃)	(hour)	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	
加索	加熱前 白い		硬い				(C)	CaS	i O 3			
0.5											シウム特有	
050	1 薄い茶色		茶色			+		+		-	<b>校酸塩</b>	
250 2		硬	V)								酸塩の吸収帯	
	4					酸素 (O)		СаС	СОз	1 7794	1次-値 シンツス4久市	
	0.5			ケイ素	(S i)						ra II-	
500	1 灰色		色			+		+		炭酸塩 + 硫酸塩		
500	2	ある程度硬い			+	71.3-	ウム (A0)			+ メタケイ酸塩の吸収帯		
	4			磁黄	(S)	) // (A)		Са	S O 4	1 7794	10.7m	
	0.5	- 薄い黄色がかった白色		,			+	CaSiO <sub>3</sub>		炭酸塩		
750	1				+			+ $CaCO_3$		+ 硫酸塩		
750	2	脆	V >			ケイ素	(Si)	+ C a	SO <sub>4</sub>	+ メタ	ケイ酸塩	
	4			カルシウ	ム (Ca)			+ $Ca_2SiO_4$		+ オルトケイ酸塩の吸収帯		
	0.5		•				+	6.5	: 0	rit:	F6+45	
1000	1	白	色		+			CaS + Ca	1 O <sub>3</sub>		酸塩 ケイ酸塩	
1000	2	脆	V)			硫黄	(S)					
	4	<u> </u>		鉄(	(F e)			+ Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>		+ オルトケイ酸塩の吸収帯		
		灰色、ある程度硬い 0.5 煤の様なもの付着					+	C a S i O <sub>3</sub> + C a CO <sub>3</sub> + C a S O <sub>4</sub>		炭酸塩・	+ 硫酸塩	
火炎	0. 5					カルシウ	ム (C a)			+ 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	加熱時間	形	態観察	E D -	- X R F	SEM-	- E D S	XI	R D	F T —	I R	
(℃)	(hour)	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	
加索	熱前	濃い灰色	、非常に硬い			炭素	(C)	Са	СО3	O-Hの伸縮振動		
	0.5					酸素			(OH) <sub>2</sub>	+ 炭酸塩		
250	1	茶色がかった灰色 非常に硬い				100		+ Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>		+ Si-O	の伸縮振動	
	2			アルミー	ウム (Al)	ナトリウム (Na)		+ S i O 2		+ Al-Oの伸	縮振動の吸収帯	
	4				+	+		+ C a (All 2 S i 2 O 8)				
	0.5	薄い灰色 非常に硬い			(Si)	マグネシウ		CaCO <sub>3</sub>		炭酸	塩	
500	1				+	+				+ Si-〇の伸縮振動		
	2			非常に硬い			(S)	アルミニウ			Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	
	4				+	+	-	+				
	0.5			カリウ	ム (K)	ケイ素	(S i)		S i O 2		塩	
750	1	赤みがか	った薄い灰色		+	+	-	+		+ Si-〇の伸縮振動		
150	2		硬い	カルシウ	'ム (C a)	硫黄	(S)	Ca (Al	<sub>2</sub> S i <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )	+ Aℓ-〇の伸縮振動		
	4				+	+	-				酸塩の吸収帯	
	0.5			チタン	(T i)	カリウム	(K)	Ca <sub>2</sub> S	SiO	S i −0 Ø	伯縮振動	
1000	1	強く赤みが	かった薄い灰色		+	+	-	+ S		+ Al-O		
1000	2		硬い	鉄(	(F e)	カルシウム	(Ca)	+ Ca (A@		+ オルトケイ		
	4					+	-	J 4 (114	Ca (Av2 S I 2 O 8)		20 m 10 00 10 10	
火炎	火炎         0.5           非常に硬い				鉄 (Fe) ※ カリウム (K) は検		$C \ a \ C \ O_3 + C \ a_2 \ S \ i \ O_4 + \\ S \ i \ O_2 + C \ a \ (A \ \ell_2 \ S \ i_2 \ O_8)$		炭酸塩 + Si-Oの伸縮振動 + Al-Oの伸縮振動の吸収構			
火火	0.5	非常	常に硬い			出されない		SiO <sub>2</sub> + Ca	(A l 2 S i 2 O 8)	+ Aℓ−Οの伸	縮振重	

## 表6 M製法のGRCの測定結果

表 6 M製法のGRCの測定結果																					
加熱温度	加熱時間	形態	<b>悲観察</b>	E D -	XRF	SEM-	-EDS	XI	RD	F T —	I R										
(℃)	(hour)	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										
加剩	加熱前 濃い灰色		非常に硬い			炭素	(C)	Са	C a CO <sub>3</sub>		<u>.</u>										
	0.5					火茶		+ C a	(OH) <sub>2</sub>	O-Hの(											
250	1	赤みがかった濃い灰色				酸素		+ C a 2	S i O <sub>4</sub>	+ 炭 + Si-O											
250	2	非常	に硬い	アルミニウ	7ム (Al)	HZ/K		+ S	i O 2	+ Al-Oの伸											
	4			+		ナトリウム(Na)		+ C a $(A\ell_2 S i_2 O_8)$		110 000	nn 100 200 v > 50 v (0 11)										
	0.5			ケイ素		+	+														
500	1	濃り	<b>灰色</b>	+				マグネシウ	グネシウム (Mg)		CO <sub>3</sub>	炭酸塩									
300	2 非常に硬い	に硬い	硫黄(S) +		+			+	+												
	4				カリウム (K)		'ム (Al)		C a <sub>2</sub> S i O <sub>4</sub> +		伸縮振動										
	0.5				+	+	+		i O 2	+ Αℓ-ΟΦ											
750	1	茶色がかっ	った薄い灰色									カルシウム(C a)				ケイ素 (S i)			+		
750	2	硬い			+	+		Ca (Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )		+ オルトケイ酸塩の吸収帯											
	4			チタン	(T i)	硫黄															
	0. 5			-	+	カリウム		Co	SiO <sub>4</sub>	S i −00	仙缭垣動										
1000	1	才	<b>茶色</b>	鉄 (1	F e)	20 9 9 2			i O <sub>2</sub>	+ Al-O											
1000	2	Đ.	更い	-	+	カルシウ』			2 S i 2 O 8)	+ オルトケイ											
	4			ジルコニウ	ジルコニウム (Zr)		+ (Ca)		2 - 2 - 01	, , ,											
		Б	灰色				₹e)	$C a C O_3 + C a_2 S i O_4 + S i O_2 + C a (A \ell_2 S i_2 O_8)$		炭酸塩 + Si	-0の伸縮振動										
火炎	0.5	非常に硬い								+ Aℓ-Οの伸縮振動											
			非常に硬い					_		+ 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。

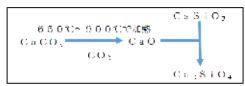


図2 ケイカル板の加熱による化学変化

#### 才 漆喰

漆喰の加熱及び水損による化学変化を図3に示す。

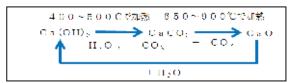


図3 漆喰の加熱及び水損による化学変化

#### 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。

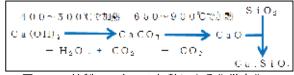


図4 K社製モルタルの加熱による化学変化

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。

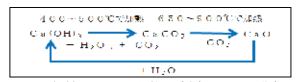


図5 L社製モルタルの加熱及び水損による化学変化

#### キ GRC

GRCの加熱による化学変化を図6に示す。

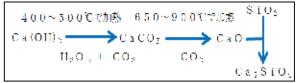


図6 GRCの加熱による化学変化

#### (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。

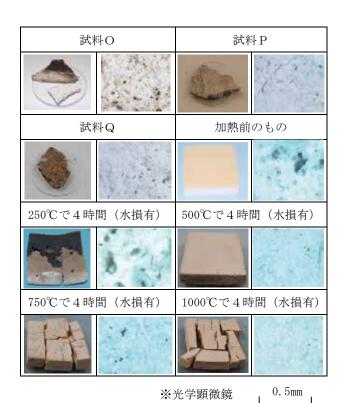


写真 10 外観及び光学顕微鏡の観察結果 (左:外観、右:光学顕微鏡)

### 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
-----	-----	-----	------

構成元素	S (4	流黄)	C a (カルシウム)		
試料	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。

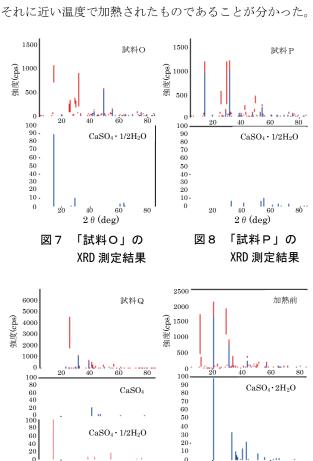
表 8 SEM-EDS 測定結果

構成元素	O (	浚素)	S (有	<b>流黄</b> )	Са (カルシウム)				
試料	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 有のものの XRD 測定結果は 500℃で加熱したものと同様 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CaSO<sub>4</sub>・1/2H<sub>2</sub>O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



「試料Q」の 図 9 XRD 測定結果

60  $2 \theta \text{ (deg)}$ 

図10 加熱前のものの XRD 測定結果

 $2 \theta \text{ (deg)}$ 

l . ....

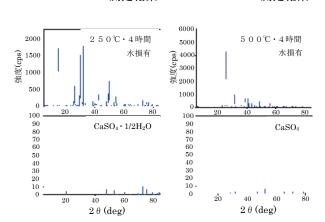


図 11 250℃で 4 時間加熱 した水損有のもの の XRD 測定結果

500℃で4時間加熱 図 12 した水損有のもの の XRD 測定結果

#### 才 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  $\mathbb{C}$ 、500  $\mathbb{C}$ 、750  $\mathbb{C}$  及び 1000  $\mathbb{C}$   $\mathbb{C}$  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<sup>-1</sup>付近に硫酸カルシウム特有の吸収帯
- ・3550~3400 cm<sup>-1</sup>付近に硫酸カルシウム特有の吸収帯
- ・1700 cm<sup>-1</sup>付近に硫酸カルシウム特有の吸収帯
- ・1600 cm<sup>-1</sup>付近に硫酸カルシウム特有の吸収帯
- ・1150~1000 cm<sup>-1</sup>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<sup>-1</sup>付近、3550~3400 cm<sup>-1</sup>付近及び1600 cm<sup>-1</sup>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<sup>-1</sup>付近の硫酸カルシウム特有の吸収帯は、加熱 前のものにしか見られない。
- 1150 cm<sup>-1</sup>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<sup>-1</sup>付近、3550~3400 cm<sup>-1</sup>付近及び 1600 cm<sup>-1</sup>付近に硫酸カルシウム特有の吸収帯並びに 1150~1000 cm<sup>-1</sup>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<sup>-1</sup>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。

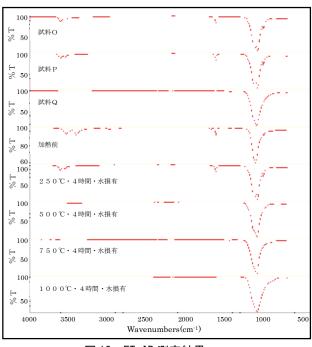


図 13 FT-IR 測定結果

#### 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) 火炎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]

- George Socrates : Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies, JOHN WILEY & SONS, LTD, 2001
- 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.