

煙火原材料及び組成物と水との反応に関する研究

願 蔚新*, 伊藤 葵*, 新井 充*, 田村昌三*

煙火原材料および組成物の貯蔵中での吸湿による発熱・発火に関する知見を得るため、煙火原材料および組成物と水との反応による発熱挙動をSC-DSCを用いて検討した。また、煙火原材料および組成物の吸湿による発熱・発火防止のため配合されているホウ酸あるいは重クロム酸カリウムの配合効果についても予備的検討を試みた。

その結果、アルミニウム、マグナリウム、マグネシウムおよび亜鉛末は水と発熱反応を起こし、成分としてそれらを含む煙火組成物も水と発熱反応を起こす。また、ホウ酸や重クロム酸カリウムの被覆剤はアルミニウムを含む煙火組成物と水との反応に対して抑制効果を示すが、マグネシウムを含む煙火組成物と水との反応に対しては逆に促進効果を示す。煙火組成物と水との反応におよぼすホウ酸および重クロム酸カリウムなどの被覆剤の配合効果は複雑で、被覆剤の煙火組成物と水との反応におよぼす効果の他に、煙火組成物成分との反応も関与している可能性がある。

1. はじめに

煙火組成物は、酸化剤と可燃剤とを基本成分とする混合物であり、その性質上、製造、貯蔵、輸送、消費等において発火・爆発の潜在エネルギー危険性がある。

したがって、煙火組成物による発火・爆発事故を防止するためには、その潜在エネルギー危険性に関する知識を得て、それを基に適切な取扱をすることが重要である。

最近、煙火原材料および組成物の貯蔵時等の吸湿による発火事故が問題となっている¹⁾。そこで、本研究においてはこれらの吸湿による事故防止の観点から、煙火原材料および組成物と水との反応による潜在エネルギー危険性について密封セル(SC)-DSCを用いて検討し²⁾、どのような煙火原材料や組成物が吸湿による発熱・発火の潜在エネルギー危険性があるかを明らかにするとともに、それらと水との反応を抑制することが知られているホウ酸や重クロム酸カリウム等^{3), 4)}の効果についてもあわせて検討することを試みた。ここではこれまでに得られた知見について報告する。

2. 実験

2.1 試料

実験に用いた煙火原材料としてはTable 1に示す、

1996年8月22日受理

*東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻
〒113 文京区本郷7-3-1
TEL 03-3821-2111 (内線7291)
FAX 03-5800-6871

Table 1 Raw materials for fireworks

Raw materials	Particle size (mesh)
Aluminium P3000	>325
Aluminium P120	>125
Aluminium P50 (fine)	50~80
Aluminium P50 (coarse)	30~50
Magnalium (fine)	>90
Magnalium (medium)	50~90
Magnesium (80#)	>80
Zinc	-
Titanium (fine)	-
Titanium (medium)	-

アルミニウム4種、マグナリウム2種、亜鉛粉末、マグネシウム(第一薬品(株)製)およびチタン2種(群馬火工(株)製)の10種類の可燃剤と硝酸カリウムおよび硝酸バリウム(東京化成(株)製)の2種類の酸化剤とを用い、また、煙火組成物としては点滅剤、発音剤、雷薬、澆剤などの8種類を用いた。その組成をTable 2に示す。被覆剤としてはホウ酸および重クロム酸カリウム(第一薬品(株)製)を用いた。アルミニウム、マグナリウム、亜鉛粉末および煙火組成物は

Table 2 Fireworks compositions

(wt. ratio)

Fireworks Composition	Murasaki	Kohro	Titannisiki	Denkohraiaku	Raiyaku	Ginran	Benitenmetsu	Gintaki
Potassium nitrate			10					2.5
Ammonium perchlorate							10	
Potassium perchlorate	100	100		10	10	10		10
Strontium carbonate	12							
Cupric oxide	10							
Charcoal	3.5		9.8			0.5		0.7
Phenol resin	15							
Chlorinated rubber	20							
Boiled linseed oil	5					0.5		0.25
Magnalium	10							3
Potassium dichromate	2.5						1	
Rice starch	8	30	1.2			2		
Sulfur		75	2.4	2	2			
Diantimony trisulfide		90						0.25
Magnesium							6	
Aluminium		P3000 : 200		P3000 : 3.3	P3000 : 2.2	P120 : 7 P3000 : 0.33		P120 : 3 P50 : 8
Titanium		5	5		2.2	2		
Strontium sulfate							4	
Barium nitrate		410		1				
Boric acid		15						1.25

丸玉屋小勝煙火店(株)より提供されたものである。

2.2 実験方法

煙火原材料および組成物と水との反応はSC-DSC (メトラー社製TA4000/DSC20モデル)を用い、発熱開始温度(T_{DSC})と発熱量(Q_{DSC})を測定し、発熱挙動を調べることにより検討した。試料は必要によりめら乳鉢を用いて所定量の原材料を混合調製した後、電子天秤で数mgを正確に秤量し、日本化薬(株)製の直径6mmのステンレス製密封セルに封入した。水を含む試料は煙火原材料および組成物にマイクロシリッジを用いて所定量の水を添加することにより調製した。SC-DSC測定は、昇温速度10°C/min、窒素ガス流速40ml/min、測定温度範囲30°C~600°Cで行った。DSCによる発熱開始温度は発熱ピークの変曲点における接線とベースラインとの交点の温度から求め、発熱量はベースラインと発熱ピークで囲まれた部分の面積か

ら求めた。

3. 実験結果と考察

3.1 煙火原材料と水との反応

煙火原材料のうち、可燃剤は水と反応する可能性をもったものがあるため、およそ10wt%までの水を含む可燃剤についてSC-DSC測定を行い、発熱挙動におよぼす水の影響を調べた。結果をFig. 1 (a, b)~2 (a, b)に示す。

Fig. 1 (a, b)~2 (a, b)より、可燃剤単独の場合、マグネシウム(#80)が384°C付近に0.04kJ/gの小さな発熱ピークを示す以外は実験に用いたアルミニウム、マグネシウム、チタン、亜鉛粉末などには顕著な発熱は認められなかった。マグネシウム(#80)は加熱されると空気酸化により若干ではあるが発熱する可能性があることを示している。

Fig. 1 (a, b)より、4種類のアルミニウムと水との

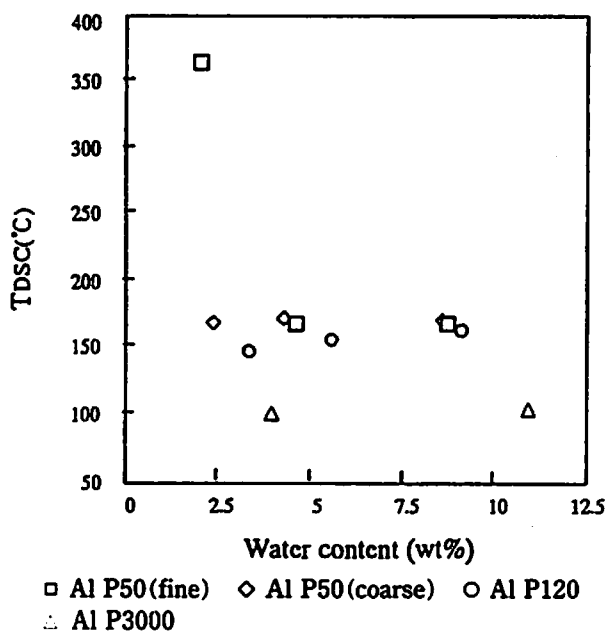


Fig. 1(a) Relationship between T_{DSC} and water content in the reaction of raw materials with water

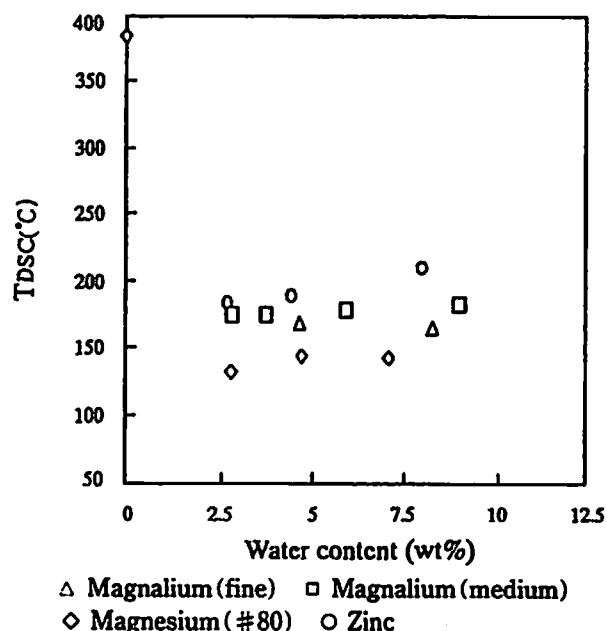


Fig. 2(a) Relationship between T_{DSC} and water content in the reaction of raw materials with water

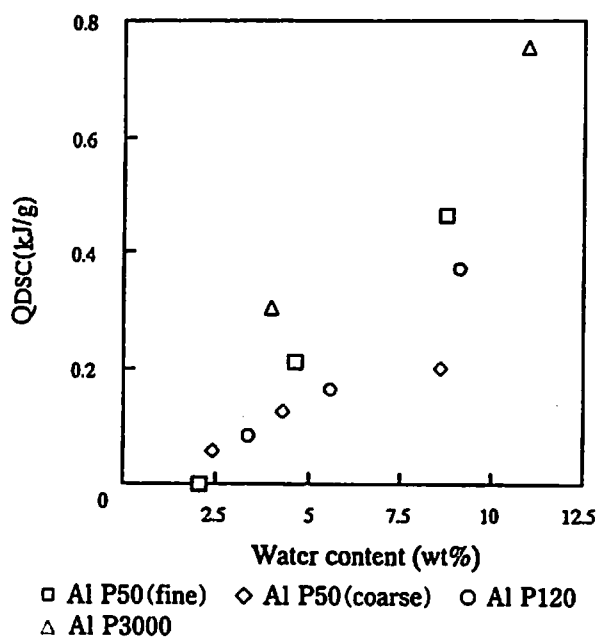


Fig. 1(b) Relationship between Q_{DSC} and water content in the reaction of raw materials with water

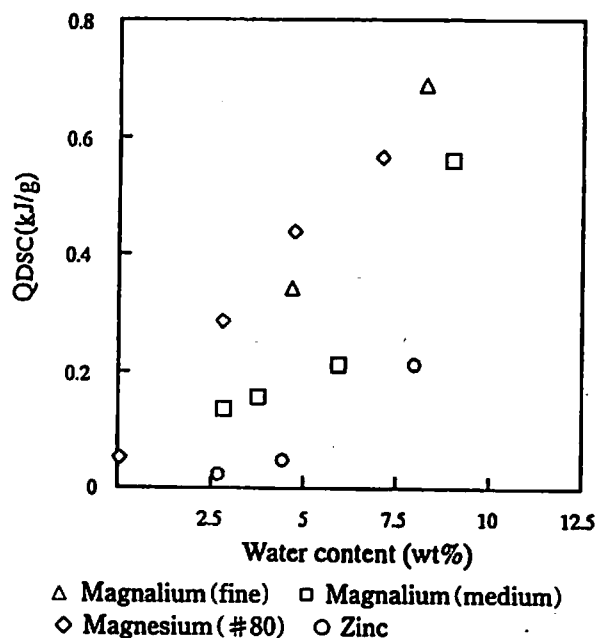


Fig. 2(b) Relationship between Q_{DSC} and water content in the reaction of raw materials with water

反応は100~170℃の温度で発熱反応を起こすが、この発熱反応は粒子径が小さいものほどより低温で起こり、また、発熱量も増加することが分かった。

Fig. 2 (a, b) より、マグネシウムは、水との反応により160℃~180℃付近で発熱反応を開始し、その反応はアルミニウムの場合と同様に、粒子径が小さいも

のほどより低温側で起こり、また、発熱量も増加する傾向を示している。

マグネシウム (#80) は、単独の場合の発熱開始温度は384℃であるが、水を含有すると、380℃付近で開始する発熱ピークの他に新たに130℃~145℃付近に発熱ピークが現れ、両者の発熱反応による発熱量は

水の含有量が増すと増加した。

亜鉛粉末は、水を含有した場合、180℃～210℃付近に小さな発熱ピークが観察された。亜鉛粉末と水との反応はマグネシウムやアルミニウムの場合より高温側で起こり、また、発熱量も小さいことが分かった。

チタンは、水を加えても発熱ピークは観察されなかった。このことから、チタンは、これらの条件下では、水との反応性はきわめて小さいといえる。

以上の結果から、煙火原材料である可燃剤に水を添加した場合、アルミニウム、マグネシウム、マグナリウムおよび亜鉛粉末は以下の反応により水との発熱反応を起こすものと思われる。

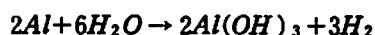
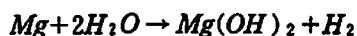


Fig. 1 (a, b)～2 (a, b)より、アルミニウム、マグネシウム、マグナリウム及び亜鉛粉末の場合の発熱開始温度はいずれの場合も水含有率によらずほぼ一定となり、これらの条件下では水含有率は発熱開始温度には影響を与えないものと考えられる。一方、粒子径は金属と水との反応に大きな影響を与え、粒子径が小さいものほど、水との反応が起こりやすいと言える。また、金属粉の種類については、発熱開始温度はアルミニウムP3000が一番低く、次いで、マグネシウム、アルミニウム(P3000以外)、マグナリウム、亜鉛粉末の順序に高温となり、水との反応性はアルミニウムP3000がもっとも大きく、亜鉛粉末がもっとも小さいと考えられる。

また、Fig. 1 (b)～2 (b)より、水との反応による発熱量はいずれの金属粉の場合でも、水含有率が増すほど増加する傾向を示し、その程度は、同一金属粉の場合では粒子径が小さいものほど大きく、また、金属粉の種類についてはアルミニウムP3000≒マグネシウム>アルミニウム≒マグナリウム>亜鉛粉末の順に小さくなることが分かった。

金属粉を大量に貯蔵する際の断熱状態での水との反応の開始温度が通常DSCによる発熱開始温度より50～100℃程度低い⁶⁾ことを考えると、アルミニウム、マグネシウム、マグナリウム等は、吸湿した場合、室温付近で発熱反応を起こして多量の熱を発生し、発火事故を起こす可能性が十分にある。従って、発火危険性の観点から吸湿防止に十分に留意する必要があると思われる。

3.2 煙火組成物と水との反応

各煙火組成物に水を加えた場合のSC-DSCによる発熱開始温度および発熱量をTable 3に示す。

Table 3より、煙火組成物と水との反応による発熱挙動については次のことがいえる。

雷薬は水の添加により、発熱開始温度は低下しないが、発熱量は増加しており、アルミニウムの存在により水との発熱反応が起こることを示している。

電光雷薬は水の添加により、発熱反応が低温側にシフトし、発熱量も増加する傾向を示すことから、アルミニウムの存在により水との発熱反応が起こり、電光雷薬の発熱反応が起こりやすくなっているといえる。

光露(ホウ酸配合品)はアルミニウムを含有しているため水の添加により、発熱反応は低温側にシフトし、発熱量も増加する。ホウ酸が配合されていない場合は水との反応はより低温で起こり、また、発熱量も顕著に増加することから、光露はアルミニウムの存在により水と発熱反応を起こすが、ホウ酸の配合により光露と水との反応は抑制されているといえよう。

紅点滅は水の添加により発熱開始温度は低下しないが、発熱量は顕著に増加することから、紅点滅組成物の成分であるマグネシウムと水との発熱反応が激しく起こることを示している。

紫は水の添加により、重クロム酸カリウムの配合の有無にかかわらず発熱開始温度はほとんどかわらないが、発熱量は増加しており、煙火組成物自身の大きな発熱反応に加えて、組成物中の成分として含まれるマグネシウムやアルミニウムと水との発熱反応も起こることを示している。

銀乱は水の添加により発熱開始温度は低下しないが、発熱量は顕著に増加しており、組成物の成分であるアルミニウムが水と激しく発熱反応を起こすことを示している。

銀滝は水の添加により発熱開始温度は低下し、発熱量は著しく増加しており、組成物中の成分であるアルミニウムが水と激しく発熱反応を起こすことを示している。

チタン錦は水の添加により、発熱開始温度および発熱量ともに若干の変化が認められる程度で、水との発熱反応は起こすが、その程度は顕著ではない。

煙火組成物と水との反応は煙火組成物の成分である可燃剤が水と反応することによると思われるが、そのことを確認するため、酸化剤として硝酸カリウムおよび硝酸バリウムを選び、それらの酸化剤と水との反応および酸化剤-アルミニウム系組成物と水との反応についてその発熱挙動を調べた。その結果をTable 4に示す。

Table 4より、酸化剤である硝酸カリウムおよび硝酸バリウムは単独では発熱は認められないが、アルミニウムとの組成物は500℃以上で発熱反応を起こす。

Table 3 DSC data on the reaction of fireworks compositions with water in the presence or absence of coating agents

Sample	H ₂ O (wt%)	H ₃ BO ₃ (wt%)	K ₂ Cr ₂ O ₇ (wt%)	T _{DSC} (°C)	Q _{DSC} (kJ/g)
Raiyaku	—	—	—	344	1.02
	2.7	—	—	364	1.44
	3.8	3.8	—	380	1.29
	2.1	—	4.2	373	4.42
	6.5	—	12.9	360	5.28
Denkohraiaku	—	—	—	524	>0.41
	4.5	—	—	501	>0.49
	3.0	8.3	—	473	>0.45
	5.3	3.5	—	492	0.48
	5.7	—	6.6	490	>0.38
	7.9	—	4.0	496	>>0.23
Kohro (In the presence of H ₃ BO ₃)	—	—	1.6	486	1.22
	5.4	1.6	—	413	1.89
Kohro (In the absence of H ₃ BO ₃)	—	—	—	442	0.94
	6.1	—	—	368	2.84
	17.1	—	20.5	446	0.58
Benitenmetsu	—	—	—	334	2.86
	4.3	—	—	362	4.79
	7.1	36.7	—	293	4.17
	4.7	—	41.9	330	4.38
Murasaki (In the presence of K ₂ Cr ₂ O ₇)	—	—	2.5	308	4.11
	4.3	—	2.5	312	4.75
Murasaki (In the absence of K ₂ Cr ₂ O ₇)	—	—	—	300	3.97
	5.2	—	—	308	4.82
Murasaki (In the presence of magnalium)	—	—	—	311	4.28
	5.8	—	—	319	4.58
	3.8	31.2	—	263	3.42
	6.0	—	26.7	317	3.22
Ginran	—	—	—	477	1.01
	5.4	—	—	474	2.10
	5.5	32.3	—	200	2.13
	3.0	—	22.6	494	1.91
Gintaki	—	—	—	453	2.03
	4.6	—	—	422	4.72
	4.1	30.1	—	426	1.86
	3.9	—	27.1	425	2.85
Titannisiki	—	—	—	305	1.50
	3.9	—	—	287	1.64
	4.8	25.6	—	163	1.23
	5.3	—	27.1	265	1.42

(> : approximate value)

Table 4 DSC data on the reaction of oxidizers-Al compositions with water in the presence or absence of coating agents

Oxidizers	H ₂ O (wt%)	Al (wt%)	H ₃ BO ₃ (wt%)	K ₂ Cr ₂ O ₇ (wt%)	T _{DSC} (°C)	Q _{DSC} (kJ/g)
Ba(NO ₃) ₂	—	—	—	—	—	—
	—	49.4	—	—	540	not calc.
	15.4	28.2	—	—	98	0.89
	6.5	20.1	22.9	—	—	—
	8.0	15.2	—	14.3	—	—
KNO ₃	—	—	—	—	—	—
	—	30.3	—	—	520	not calc.
	20.9	16.0	—	—	138	1.90
	9.5	11.4	10.1	—	—	—
	10.0	33.3	—	9.3	482	1.40

(not calc. : Q_{DSC} is not calculated due to peak over 600°C)

これらの組成物に水を加えると、いずれの酸化剤の場合も発熱開始温度は著しく低下し、大きな発熱ピークが見られることから、組成物中のアルミニウムと水とが顕著な発熱反応を起こしているものと推定される。酸化剤として用いた硝酸カリウムと硝酸バリウムとにより発熱開始温度および発熱量に差異が認められるが、これはアルミニウムと水との発熱反応により温度が上昇し、酸化剤とアルミニウムとの反応も関与したためと思われるが、詳細については今後の検討が必要である。

以上から、ある種の煙火組成物は水の添加により、発熱反応を起こすが、これは、主として煙火組成物の成分として含有される金属粉に依存し、水との反応性の大きい金属粉を多量に含むものほど激しく反応するといえる。発熱開始温度については、煙火組成物に種々の成分が含まれているため複雑となる。今後、さらに、他の成分 (Table 2 に示す) が金属と水との反応に及ぼす影響について検討する必要がある。

3.3 被覆剤の配合効果

ホウ酸や重クロム酸カリウムは、煙火原材料や組成物と水との反応を抑制することが知られている。これらは水と反応性のある煙火原材料の表面を被覆することにより煙火原材料や組成物の成分が水と反応することを抑制したり¹⁾、水の存在下で酸性雰囲気をつくることにより煙火原材料と水との反応を抑制するとされている³⁾。そこで、煙火原材料および組成物と水との反応におよぼすこれらの配合効果について検討した。

1) 煙火原材料と水との反応におよぼす被覆剤の配合効果

煙火原材料と水との反応による発熱挙動におよぼす被覆剤の配合効果を Table 5 に示す。Table 5 より次のことがいえる。

被覆剤であるホウ酸および重クロム酸カリウムは、アルミニウムとは反応せず、また、アルミニウムと水との反応について抑制効果を示し、特に重クロム酸カリウムの場合はその効果が顕著で、発熱反応はほとんど認められなくなった。

マグネシウム単独では 384°C に 0.04 kJ/g の発熱ピークが現れたが、ホウ酸との混合物では顕著な発熱ピークが観察されなかったことから、マグネシウムと被覆剤であるホウ酸との反応は認められない。一方、マグネシウムは重クロム酸カリウムと高温で発熱反応を起こす。また、マグネシウムと水との発熱反応はホウ酸の配合により逆に促進され、重クロム酸カリウムの配合によっても若干促進される。

2) 煙火組成物と水との反応におよぼす被覆剤の配合効果

煙火組成物と水との反応による発熱挙動におよぼす被覆剤の配合効果を Table 3 に示す。Table 3 より次のことがいえる。

雷薬と水との反応はホウ酸の配合により発熱開始温度は高温側にシフトし、発熱量は減少することから、ホウ酸の抑制効果が認められるが、重クロム酸カリウムの配合は発熱開始温度には影響をおよぼさないが、

Table 5 DSC data on the reaction of raw materials with water in the presence or absence of coating agents

Raw materials	H ₂ O (wt%)	H ₃ BO ₃ (wt%)	K ₂ Cr ₂ O ₇ (wt%)	T _{DSC} (°C)	Q _{DSC} (kJ/g)
Aluminium (P50 fine)	—	—	—	—	—
	—	22.5	—	—	—
	—	—	19.3	—	—
	4.6	—	—	166	0.21
	6.9	27.3	—	502	0.05
	8.3	—	13.2	—	—
Magnesium (#80)	—	—	—	384	0.04
	—	9.3	—	—	—
	—	—	17.8	515	0.29
	4.7	—	—	143	0.43
	4.8	19.9	—	127	0.79
	5.8	—	11.1	133	0.47

発熱量を著しく増加させる。このことから、重クロム酸カリウムの存在は、雷薬と水との発熱反応を促進させる可能性がある。

電光雷薬と水との反応はホウ酸の配合により、発熱開始温度はほとんど変わらない、発熱量は若干減少することから、ホウ酸は若干の抑制効果を示す。また、重クロム酸カリウムの配合は発熱開始温度にほとんど影響をおよぼさないが、発熱量が減少することから、重クロム酸カリウムは若干抑制効果を示すといえる。

光露と水との反応はホウ酸の配合により発熱開始温度は高温側にシフトし、発熱量は減少することから、ホウ酸は抑制効果を示す。また、重クロム酸カリウムの配合で発熱開始温度は高温側にシフトし、発熱量は顕著に減少することから、重クロム酸カリウムは顕著な抑制効果を示すといえる。

紅点薬と水との反応については、ホウ酸の配合は発熱開始温度を低下させ、発熱量を減少させ、また、重クロム酸カリウムの配合は発熱開始温度を低下させ、発熱量を減少させる。このことより、ホウ酸および重クロム酸カリウムとも発熱開始温度を低下させる意味で、水との反応に促進作用があるといえる。

紫と水との反応は、重クロム酸カリウムを配合した場合には、顕著な配合効果は認められない。一方、マグネシウム入り紫はホウ酸の配合により発熱開始温度は低下するが、発熱量が減少する。また、重クロム酸カリウムの配合により発熱開始温度は影響を受けない

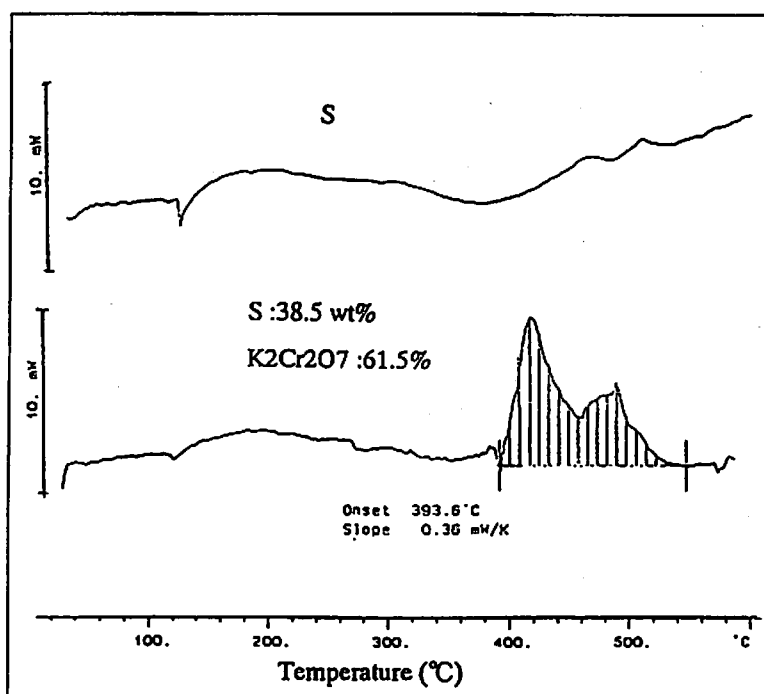
が、発熱量が減少することから、いずれの場合にも配合効果はあるといえる。

銀乱と水との反応はホウ酸の配合により発熱量は変わらないが、発熱開始温度は著しく低下することから、ホウ酸は逆に銀乱と水との反応を促進する作用があるといえる。一方、重クロム酸カリウムは発熱開始温度および発熱量に顕著な影響をおよぼさないことから、配合効果は認められない。

銀滝と水との反応はホウ酸の配合により発熱開始温度は変わらないが、発熱量が顕著に減少することから、ホウ酸は顕著な抑制効果があるといえる。一方、重クロム酸カリウムの配合は発熱開始温度には影響をおよぼさないが、発熱量が減少することから、重クロム酸カリウムも抑制効果を示すといえる。

チタン綿と水との反応はホウ酸の配合により発熱開始温度は低下し、発熱量は若干減少する程度で、ホウ酸は逆に促進作用があるといえる。また、重クロム酸カリウムの配合により発熱開始温度が低下することから、重クロム酸カリウムは逆にある程度の促進作用があるといえる。

ここで、煙火組成物の成分と水との反応におよぼす被覆剤の効果を明らかにするため、酸化剤として硝酸カリウムおよび硝酸バリウムを選び、可燃剤として水と反応性のあるアルミニウムを用いた組成物と水との反応による発熱挙動におよぼす被覆剤の配合効果を調べた。その結果をTable 4に示す。



Sample	T _{DSC} (°C)	Q _{DSC} (kJ/g)
Sulfur	—	—
Sulfur + Potassium dichromate	394	2.22

Fig. 3 DSC data on the reaction of sulfur and potassium dichromate

Table 4 より、組成物と水との発熱反応は被覆剤としてホウ酸または重クロム酸カリウムを配合することにより、いずれの場合も著しく抑制されており、アルミニウムと水との反応におよぼす被覆剤の配合効果と同様の傾向を示す。このことは組成物と水との反応におよぼす被覆剤の配合効果は一般的には被覆剤がアルミニウムと水との反応を主として抑制することに起因するものと推定される。

ところが、煙火組成物と水との反応におよぼすホウ酸および重クロム酸カリウムの配合効果は煙火組成物により異なる。すなわち、ホウ酸の配合は、銀澆と水との反応を顕著に抑制するが、銀乱と水との反応を逆に顕著に促進する。一方、重クロム酸カリウムの配合は光露、銀澆および紫と水との反応を抑制し、雷薬と水との反応を逆に促進する。これは煙火組成物の成分であるアルミニウムやマグネシウムと水との反応におよぼすホウ酸や重クロム酸カリウムの被覆効果や酸性雰囲気を形成する効果に加えて、煙火組成物の成分とホウ酸や重クロム酸カリウムとが直接反応するため、複雑な結果となっているものと考えられる。

例えば、雷薬と水との反応を抑制するため、重クロム酸カリウムを配合すると、重クロム酸カリウムは雷

薬の成分であるアルミニウムと水との発熱反応を抑制するが、一方、重クロム酸カリウムは酸化力を有するため、Fig. 3 に示すように雷薬の成分である可燃剤の硫黄と発熱反応を起こし、その結果、雷薬への重クロム酸カリウムの配合は雷薬と水との反応を促進する結果を与えてしまう⁵⁾。

したがって、煙火組成物と水との反応の抑制効果をもつ被覆剤を選択するに当たっては、煙火組成物の各成分と被覆剤との反応についても十分検討する必要があるといえよう。

4. まとめ

煙火原材料および組成物の貯蔵期間中での吸湿による発熱・発火に関する知見を得るため、煙火原材料および組成物と水との反応による発熱挙動をSC-DSCを用いて検討した。また、煙火原材料および組成物の吸湿による発熱・発火防止のため配合されているホウ酸あるいは重クロム酸カリウムの配合効果についても予備的検討を試みた。

その結果、次の知見が得られた。

- 1) アルミニウム、マグネシウム、マグネシウムおよび亜鉛粉末はいずれの場合も水と発熱反応を起こし、水含有率が増すと発熱量は増加する。
- 2) 金属粉末はその粒子径が小さくなるほど水との反

応は促進される傾向を示す。

- 3) 煙火組成物はその成分としてアルミニウムやマグネシウムなど水と反応性を有するものを含むものは水と発熱反応を起こす。
 - 4) ホウ酸や重クロム酸カリウムの被覆剤はアルミニウムを含有する煙火組成物と水との反応に対して抑制効果を示すが、マグネシウムを含む煙火組成物と水との反応に対しては逆に促進効果を示す。
- また、煙火組成物と水との反応におよぼす被覆剤の配合効果は複雑で、被覆剤の煙火組成物と水との反応におよぼす効果の他に、煙火組成物成分との反応についても考慮する必要がある。

謝 辞

本研究は(財)火薬工業技術奨励会の研究助成により

行ったものであり、ここに謝意を表する。

文 献

- 1) 衾沢俊雄, 工業火薬, 55, 46 (1994)
- 2) 吉田忠雄, 田村昌三編著, 「反応性化学物質と火工品の安全」, P97, (1988), 大成出版社
- 3) J. Conkling 編著, "CHEMISTRY OF PYRO-TECHNICS", P67, (1985), Marcel Dekker, Inc.
- 4) 清水武夫, 工業火薬, 47, 334 (1986)
- 5) 千谷利三, 「無機化学」, P831, (1959), 産業図書
- 6) 吉田忠雄編著, 「化学薬品の安全」, P169 (1982), 大成出版社

Study on reaction of fireworks compositions and their raw materials with water

by Weixin GU*, Mamoru ITOH*, Mitsuru ARAI*
and Masamitsu TAMURA*

In order to obtain some information on ignition and explosion hazards of fireworks compositions and their raw materials due to their reaction with water during storage, we have studied their exothermic behaviour using DSC. We have also attempted to examine the retarding effects of H_3BO_3 and $K_2Cr_2O_7$ on the exothermic reactions. As a result, it was shown that aluminium, magnalium, magnesium and zinc powder and fireworks compositions containing these metal powders could react with water to induce exothermic reaction. Addition effects of H_3BO_3 and $K_2Cr_2O_7$ are complicate, suggesting that they should be involving not only their retarding effect on the reaction of fireworks compositions with water but also their reaction with fireworks components.

(*Department of Chemical System Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, JAPAN)