

報 文

煙火用色光剤に関する研究

第7報 実用配合系列について

(昭和33年10月8日 受理)

清水 武 夫

(相谷火工株式会社)

I. 緒 言

前報までに於いて、一応炎光スペクトルの調査によつて主たる発色スペクトルの状態、これに影響を及ぼすべき条件、妨害スペクトルの成因とその除去対策等に関し基礎的検討を行い実用配合決定のための指針を得た。本報に於いては以上の成果を応用し実用配合成分決定上の要件を述べ且つ実用配合の代表的な系列の例を列挙しその特性に言及する。

II. 前報までの要約と実用配合成分決定上の要件

2.1 低温系色光剤の配合

(1) 何れの場合に於いても CO_2 酸化までの酸素バランスが大体とれている配合の附近が最も高温の炎を生じ、所望の色光スペクトルの発現は酸素バランスがとれているか若しくは酸素過剰である配合の附近に於いて強度最大である。これによつて酸化剤と助燃剤(被酸化剤をいう)との配合比は自ら定まる。

(2) 助燃剤の種類を選択については、バックグラウンドの関係上炭素量が少なく、且つ燃焼し易い物質が適する。これが為現在この試験の範囲ではセラックが最適である。但しセラックは一般に配合剤の燃焼速度を遅くするから、目的に応じてなるべく炭素量が少なく且つ所望の燃焼速度を与え得る物質を選ぶべきである。

(3) 炎色剤の種類を選択については、その発現し得べきスペクトル強度は発色金属濃度が或値に達するとその濃度以上に量を増加してもこれを増大し得ないことが一般に認められる。またその陰イオンも概して影響しないことが認められる。但し硝酸塩たる炎色剤は一般に炎の温度を高め目的とする色光スペクトルの

強度を高めるが、これに伴つて妨害スペクトルの強度もまた増加する。

一般に炎色剤の種類を選定するには発色金属濃度や陰イオンの種類を考慮するよりも、むしろその精製純度(Na 時に Ba 含有率の少ない方がよい)、和剤とした場合の吸湿性、燃焼持続の難易、燃焼速度、着火性、ならびに有毒性、取扱の難易、価格等に関して使用目的に応じて決定すべきものと考えられる。

(4) 酸化剤の種類を選択については、一般に過塩素酸アンモニウム剤の炎は妨害スペクトルを現わすことなく何れの場合にもその色調は鮮明美麗であるが吸湿性の大きな欠点がある。また一般に炎の温度が低くスペクトルの強度は一般に過塩素酸カリウム剤に比較して弱い。

過塩素酸カリウム剤に於ける炎は一般に過塩素酸アンモニウム剤のそれより高温であり、従つてスペクトルの強度も大であるが、同時にカリウム原子による線スペクトル及び連続スペクトルを現わす。この連続スペクトルは色光に対して最大の障害となる。また CuCl バンドスペクトルを青光に利用する場合に於いては可なり強い緑光連続スペクトルも現われる。然しながらこの種の和剤は比較的吸湿性について顧慮を要しない利点がある。

硝酸カリウム剤は一般に炎の温度が低いのでスペクトルの発現強度が十分でなく通常実用に堪えない。

酸化剤兼炎色剤たる硝酸ストロンチウム、硝酸バリウム等は低温系に於いては炎色剤として他の酸化剤に添加して用い得るのみである。

(5) 塩素又は塩酸ガスを炎に供給し得る添加物は低温系に於いては炎の温度を下げる影響があり、これが為炎の色彩の発現が十分でなく添加の効果は少ない。

2.2 高温系色光剤の配合

(1) この配合に関する炎光スペクトルに於いては、一般にバックグラウンドを形成する連続スペクトルは強いが、これは塩素又は塩酸ガスを炎中に供給し得る添加物の混入によつて弱められる。またセラック等の炭素量の比較的少ない助燃剤を添加することもこの連続スペクトルを弱めるに有効である。

(2) 以上によつて酸化剤として含塩素酸化剤たる過塩素カリウム、過塩素酸アンモニウムを用いることは常に有効であり、後者の如く塩酸ガスを炎中に供給し得る酸化剤は特に発色効果が著しい。また塩素酸カリウムの場合は過塩素酸カリウムの場合とほぼ同一効果を発現するものと看做される。

(3) 無塩素酸化剤たる硝酸カリウム、硝酸バリウム、硝酸ストロンチウムの場合は含塩素添加物の混入によつて、その炎は著しく鮮明さを益す。また CuCl バンドスペクトルを青光に利用する場合はこのとき生ずる緑光連続スペクトルを完全に消滅させる為には炎中に塩酸ガスが存在することが必要である。このような場合には過塩素酸アンモニウム、塩化ビニール、塩化アンモニウム等の添加が望ましい。但しこの場合塩化ビニールの場合を除いては完全防湿が必要である。

カリウム塩を酸化剤として用いるときは低温系にて述べたと同様カリウム原子による連続スペクトルが強く現われる。但し一般に高温系では炎中の金属酸化物の灼熱による連続スペクトルは常に可なり強いので、これと前者とを分離して観測することは困難である。このカリウム連続スペクトルは塩素又は塩酸ガスによつて消滅することが出来ないことが金属酸化物連続スペクトルと異なる特色である。これが為一般にカリウム塩を酸化剤として使用する場合は配合を如何に工夫しても炎の色調が肉眼にて白味を帯びて見えることは避けられない。

(4) 酸化剤とマグネシウムとの配合割合については、これに適当な助燃剤(例えばセラック)を少量加えるとき有効発色配合域は相当広くなり、また酸素不足の状態にても甚だ強い発色を示す。

III. 配合成分の相互作用 に対する対策

既往の諸実験に於いては配合成分の相互作用に関しては全く無視して論じたが、実用に当つてはこの問題を処理しなければならない。通常起り得る最も重要な相互作用は次の諸反応である。

(1) マグネシウムと過塩素酸アンモニウムとの反

応 この反応は水分の存在に於いてのみ起り得るが如く、水素とアンモニアガスを発生し発熱を伴う。後に生成した物質は過塩素酸マグネシウムでありこのものは潮解性が甚だ大である。

(2) マグネシウムと塩化アンモニウムとの反応 この反応は(1)に類似であり、水分の存在に於いてのみ起り得るが如く水素とアンモニアガスを発生し発熱を伴う。後に生成した物質は塩化マグネシウムでありこのものも潮解性が甚だ大である。

(3) 硝酸カリウムと過塩素酸アンモニウムとの反応 これは所謂複分解反応であつてその分解方程式中には H_2O 項が必要ではない。これが(1)、(2)の場合と異なる特色である。反応の結果として過塩素酸カリウムと硝酸アンモニウムを生じ、後者は甚しく吸湿性である。

なお(3)類似の場合として硝酸バリウムと過塩素酸アンモニウムの反応が考えられるが両者を混合した粉体を無防湿の状態にて18ヵ月保存した結果では複分解は認められなかつた。

以上に関する対策としては(2)及び(3)の場合は実用配合の選択によつてこれを避けることが出来る。即ち塩化アンモニウムは塩化ビニールを以つて十分代用し得ることが実験的に判明している。特に無吸湿、可燃性に於いて前者よりも後の方が実用上勝つている。また硝酸カリウムと過塩素酸アンモニウムとの接触は黒色火薬と色光剤との接触点にて起る機会が多いが、この点に於いては過塩素酸カリウム色光剤を用いる等の手段によつて故障を避けることが出来る。

(1)の場合のみは必ずしも常に避けることは出来ないが完全防湿をすることによつて反応の進行を防止することが出来る。即ち容器または固化剤等の工夫によつて現在では殆んど完全防湿に近く長年月の保存に堪え得る構造が比較的安価に得られる¹⁾。一般に(1)の反応に止まらず、高温系に於いてはマグネシウムの風化を防止する為にも完全防湿は必要である。即ち防湿加工は色調の優秀にして強度の大なる炎光を得る為には欠くことの出来ないものであつて、これは正に煙火色光剤進歩の為の要点である。この点に関しては稿を改めて報告するであらう。

IV. 実用基本配合系列の例

前報までに於ける炎光スペクトルの研究成果を基礎として更に広い配合範囲について炎色試験を行い、得られた実用配合系列を掲げる。実用性の判定に当つては本報に於いては専ら炎色に重点を置いた。斯く炎色

について実用配合範囲が定めれば、この範囲の配合について目的に応じて燃焼速度、填実密度等の適当なものを選択すればよい。而してこの範囲が広ければ広いほど選択の自由度が大であつて優秀な配合系と言ひ得るわけである。

本章の図2以下に掲げる実用配合区域(平行斜線をもつて示す)は二つの因子によつて定まる。その一つは炎色によるものであつて優秀な炎色を発現し得る配合がその区域に入る。他の一つは可燃域、不燃域の区別によるものであつてたとえ炎色が優秀であつても燃え難い配合はその区域に入らない。後者の区域の定め方については若干の問題が存在する。即ちこの区域を定める実験に用いた試料薬包の直径は次に述べる如く可なり小さいものであるが、一般に薬包の直径が増すときは可燃域も広がるからである。従つてこの場合本章の図に於いては実用区域に入らない配合も薬包直径を試料のそれよりも益すことによつて実用区域に入り得ることもあり得る。

4.1 実用配合域決定の方法

(1) 各種の配合剤について炎色を肉眼観察することによつて実用区域に入るか否かを定める。配合成分の変化は通常10%の差をつけ、要点又は重要配合は5%の差をつけた。肉眼による色調の観察は甚だ鋭敏にして有効である。(分光器は発色機構の探究にのみ役立つものと考えてよく、この場合はあまり有効ではない。)

(2) 試料は直径9.5mm長さ60mmのハトロン紙三重巻の紙筒を用いこれに填装した。これは仕掛花火のランス²⁾と同一大きさである。填実比重についてその一例を示せば図1の如くなる。一般に他の配合に於いてもこの例と大体同一の傾向を有し、その填実比重はマグネシウムと酸化剤との配合割合(重量比)に関

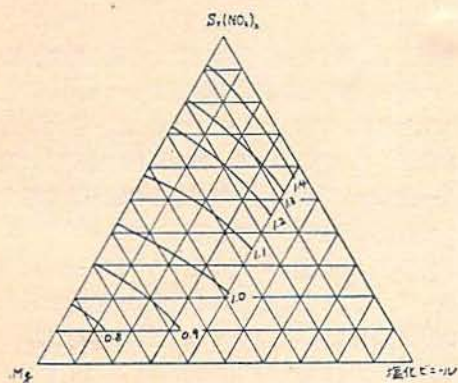


図 1

係しこの比が大であるほど填実比重は減ずる。(図1中の曲線の数字は填実比重 g/cc を示す。)

(3) 原料薬品はすべて工業用のものを用いた。従つて炎色に関しては NaD 線時に BaCl α バンドの影響が相当にあるものと考えられる。

(4) 炎に対する観測距離は低温系では約 1m, 高温系では約 50m とした。

4.2 低温系系列

低温系々列に於いては有効配合域が極めて狭いことは既に第4,5報によつて明かである。即ち酸化剤と助燃剤との配合比は酸素バランスの影響が大であり、酸素過剰であるか又はバランスがとれている配合域が最も発色に有利である。従つて配合成分の割合の変化によつて燃焼速度を調節することは大体に於いて望み得ない。

低温系の色調は酸素バランスの影響が大である為に助燃剤の種類によつて影響されることが甚だ大きい。またスペクトルバンドの状態及び燃焼温度による影響も大きいから色調は酸化剤の種類によつても甚しく左右される。

低温系実用配合の具体例については第4,5報及び拙著³⁾に記載したのでここでは銅粉を用いる青光剤について補足するに止める。

銅粉を用い過塩素酸アンモニウムを酸化剤とする場合は助燃剤としてセラック、松根ビッチ、洋チャンの順序に有効であり、その添加量は10%附近が最も良好な炎色を与える。銅粉は5%より80%附近まで有効な炎色を与えるが、量の増加に比例して必ずしも強度は大とならない。よつてこの量は5~10%が実用上有利であると思われる。従つて次の基準配合が得られる。

過塩素酸アンモニウム	80~85%
助燃剤(セラック、松根ビッチ、 洋チャン)	10%
銅粉	10~5%

銅粉を用い過塩素酸カリウムを酸化剤とする場合は助燃剤としてセラックを用いた方がよい。銅粉の量は前同様に5~80%にて有効な炎色を与えるが実用上は5~10%とした方が効果的である。従つて次の基準配合が得られる。

過塩素酸カリウム	80~85%
セラック	10%
銅粉	5~10%

4.3 高温系々列

4.3.1 赤光系

(1) 硝酸ストロンチウム系

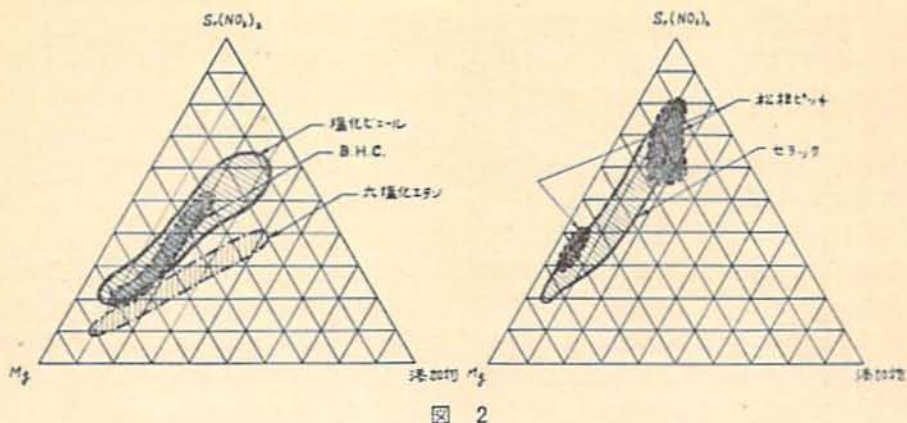


図 2

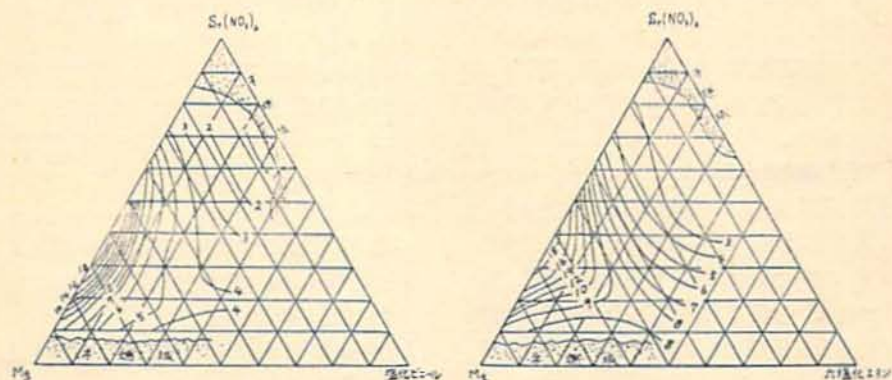


図 3

この系では硝酸ストロンチウム自体では無塩素である為に連続スペクトルが強いから、これを消滅させる為に添加物（即ち添加助燃剤）を加える。B.H.C.、塩化ビニール、六塩化エタン、セラック、松根ピッチを加えた場合の色光発生状況を示すと図2の如くである。

含塩素添加物を加えた場合：B.H.C.及び塩化ビニールは発色の有効域が甚だよく似ているが後者の方が前者よりも相当に広い。このことにより塩素又は塩酸供給添加物として塩化ビニールの方がB.H.C.よりも有利である。即ち燃焼速度又は燃焼密度の調節の点に於いて塩化ビニールの方が弾力性があるわけである。有効域の炎の色調は塩化ビニールを用いたものが最も鮮明美麗であった。B.H.C.が之に次ぎ六塩化エタンは最も劣る。塩素含有量から言えば六塩化エタンが最大であるからこれが最も有効な管であるが事実とは之に反する。（第4,5報参照）

無塩素添加物を加えた場合：含塩素の場合とは可なり異つた有効域を示す。またセラックと松根ピッチと

を比較しても可なり異つている。即ちセラックの場合にはその量が大体10~15%のところに色調の最良部があるが、松根ピッチの場合は二つの群に分れる。無塩素の場合の炎の色調は含塩素の場合とやや異り、少しく黄色を帯びた赤色に見える。これはこの配合にてはSrO α バンドのみ強く β , γ , δ バンドが弱い為である。

燃焼速度に関する例を示せば図3の如くなる。図中曲線に附した数字は試料の燃焼速度 mm/secを示す。これは左右互いに相似している。この例は一般の傾向を代表するものと看做される。即ち発色の有効域に於いては一般にマグネシウムと酸化剤との重量比を増すに従つて燃焼速度を益すものと看做してよい。

発色の有効域は図2の例に於けるが如く一般には酸化剤-Mg線に平行した帯状をなすのが通常である。その燃焼状態はマグネシウムと酸化剤との重量比が小さい区域では火の粉を発して燃え難く、段々この比が大きくなるに従つて燃え易くなり火の粉を減少する。然しながらこの比が極端に多くなると再び多くの

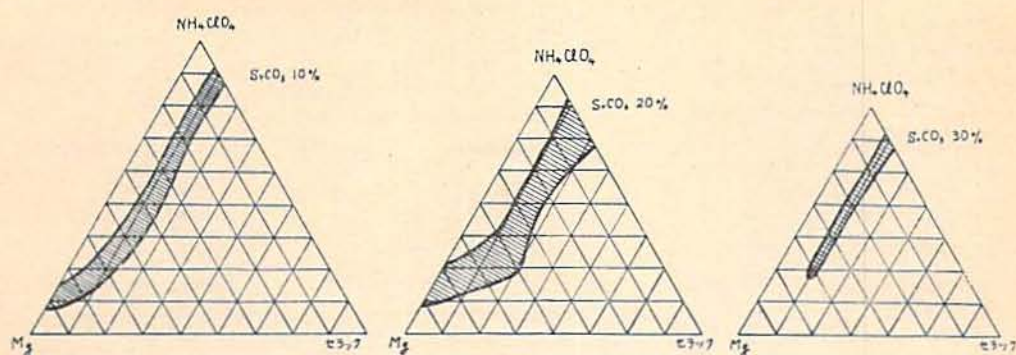


図 4

火の粉を生ずるに至る。このことは一般の配合剤に於いて共通である。

(2) 過塩素酸アンモニウム系

添加物としてセラックを用いた場合の結果を示すと図4の如くなる。図によれば炭酸ストロンチウムの量の如何に拘わらずセラックの量は10~15%に於いて最も有効である。而して炭酸ストロンチウムの量は10~20%附近が最適であり、これより少なくても多くても効果が小である。

過塩素酸アンモニウム系に於いては色光の発現に有利な塩酸が炎に供給されるから、特に別の含塩素添加物を加える必要はないように考えられる。実際塩化ビニール、B.H.C.、六塩化エタンを加えた場合の成績は色調、発色有効域に於いてセラックの場合に及ばない。特に B.H.C.、六塩化エタンの場合は有効域が小である。図5参照。

(3) 過塩素酸カリウム系

含塩素添加物の場合：この場合炭色剤の量は相当多量に必要であり所要有効量は20~30%に及ぶ。塩化ビニール、B.H.C.を添加物とした場合の実験結果を示すと図6の如くである。

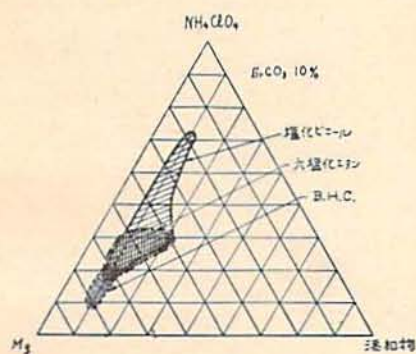


図 5

炭酸ストロンチウム30%まではこの量を増すに従つて炎の色調は良くなる。これは過塩素酸アンモニウム系と異なる特色である。添加物の量はこの場合10~20%附近が最も有効である。炎の色調は桃色を帯びている。塩化ビニールを添加した場合の有効域は次に述べるセラックの場合よりもやや広い。六塩化エタンを添加した場合は(その分量10%)炭酸ストロンチウム相当量に増しても炎の色調は不良である。

無塩素添加物の場合：セラック添加の場合には含塩素

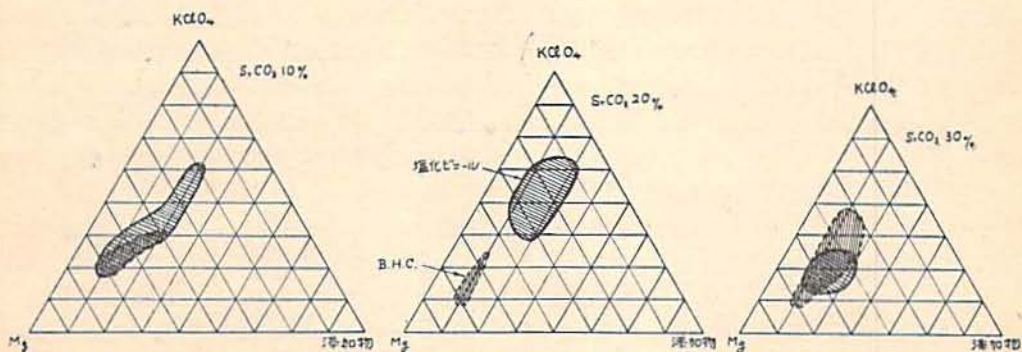


図 6

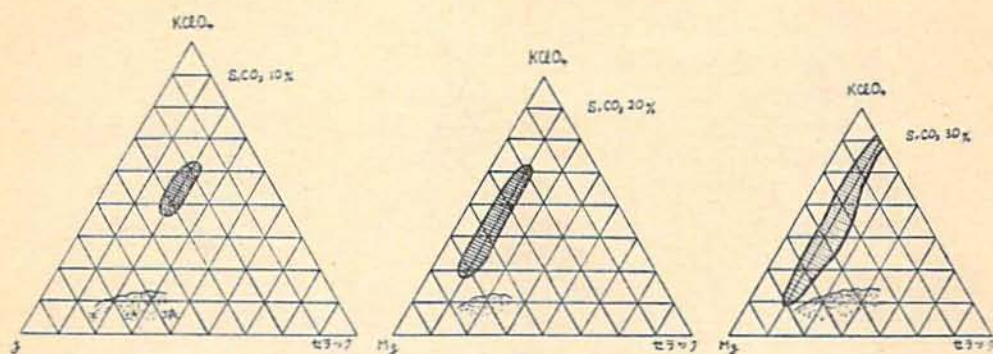


図 7

添加物を加えた場合よりも炎の色調は鮮明で美しい。その発色有効域の状況は図7の如くである。この場合炭酸ストロンチウム10%では効果が現われないが20~30%に於いて著しく炎の色調が鮮明になる。セラックの量はこの場合10%附近が適度と考えられる。

(4) 硝酸カリウム系

無塩素酸化剤の場合であるから、硝酸ストロンチウムの場合と同様に含塩素添加物が炎色に対して有効に作用するであろうことは予測される。塩化ビニールを添加した場合の実験結果を示せば図8の如くである。

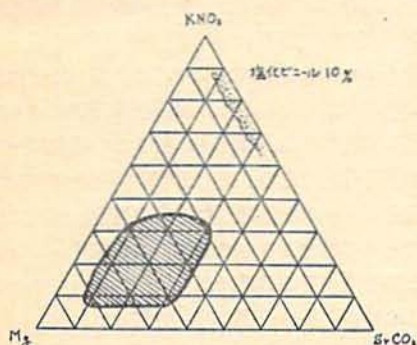


図 8

この実験に於いては硝酸カリウム20%附近が最も炎の色調が良く有効であった。而して炭酸ストロンチウムの量は20%附近が最も適当なようである。このように硝酸カリウムを発色剤に利用し得るのは高温系に限られる。

以上の実験範囲では赤色光にては、添加物として塩化ビニール及びセラックが最も広い有効配合域を与える。而してセラックの場合はやや赤橙色に近いが、これはαバンドのみの強い影響もあるが、一面酸化剤等に含まれる不純物に原因する NaD 線の強い影響もまた之に加わるものと考えられる。

4.3.2 黄光系

NaD 線の発現は極めて容易であり、且有効域が広いので煙火にて純粋な黄色光を得ようとする場合のほか配合についてはあまり問題とはならない。一般に高温系にては NaD 線は別に可なり広い CS(Na) 連続スペクトルを伴うので炎の色調はやや赤味を帯び、所謂黄金色となる。

酸化剤として過塩素酸アンモニウム、過塩素酸カリウムを用いた場合の有効域を示せば図9の如くなる。

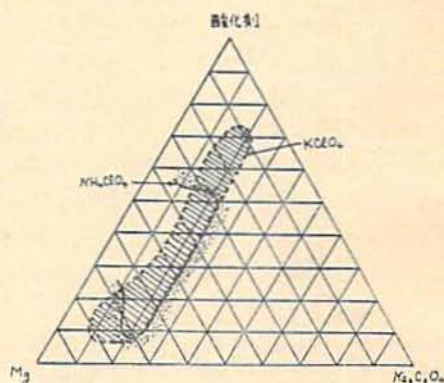


図 9

但し過塩素酸アンモニウムを酸化剤とする場合は不燃域にて囲まれた区域を示す。即ちこの場合、この種の三味配合では燃焼し難いが、燃焼すれば必ず有効な炎色を与え発色有効域を現わす。

過塩素酸カリウムを酸化剤とする場合、この種の三味配合では修酸ナトリウム10%附近が最も炎色の良い有効域を与える。

硝酸カリウムを酸化剤とする場合、酸化金属の連続スペクトル消滅の為に塩化ビニール10%を加えた実験例を示すと図10の如くなる。これは非常に有効域が広いので配合選定上の問題とならない。またこの場合修酸ナトリウムは10%にてよく目的を達する。

4.3.3 緑光系

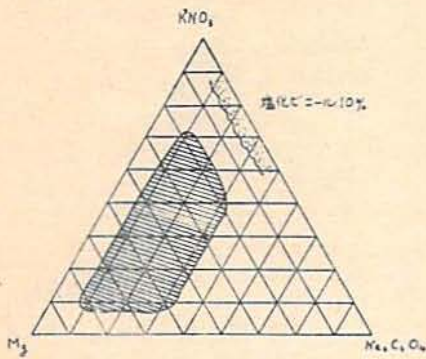


図 10

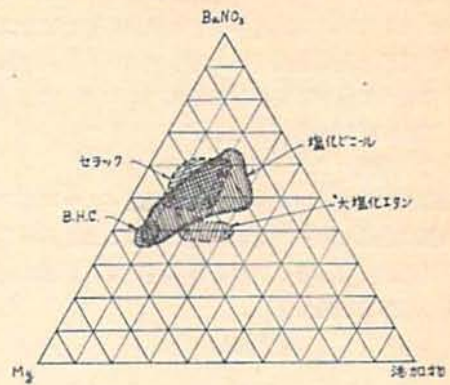


図 11

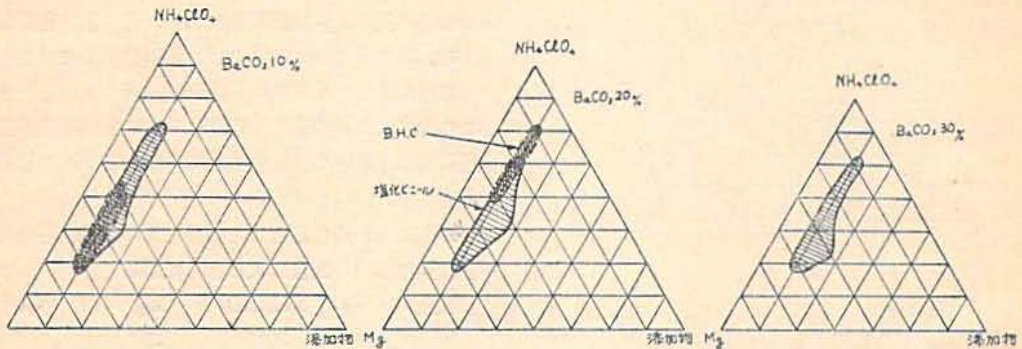


図 12

(1) 硝酸バリウム系

この場合は酸化剤が無塩素であるから、BaCl バンドの強度を高め、且つ連続スペクトルを消滅させる為に含塩素添加物を加える必要がある。実験結果を示すと図11の如くである。

図によれば塩化ビニールを添加物とする場合が最も炎色の有効域が広い。その中でも塩化ビニール20%、硝酸バリウム50%附近が最も炎色が良好である。B.H.C. 及び六塩化エタンを添加物とする場合は甚だ有効域が小さく、また炎の色調も塩化ビニールを用いた場合ほどに鮮明でない。

無塩素添加物たるセラックを加えた場合は僅かに発色するのみで、図11にはその区域を示してはいるが色調は不鮮明で実用には適しない。これは BaCl バンドの強度を高める作用が無い為である。

(2) 過塩素酸アンモニウム系

この場合は含塩素酸化剤を用いるのであるが、金属酸化物の灼熱による連続スペクトルの消滅の為に含塩素添加物を更に加えて試験した。その結果を示せば図12の如くである。

この場合にも塩化ビニールを添加物とした場合が最

も広い有効域を示した。B.H.C. 又は六塩化エタンを添加物として用いた場合は炎の色調が良くない。

(3) 過塩素酸カリウム系

過塩素酸カリウム、マグネシウム、炭酸バリウムの三味混和(無添加物)の場合には緑光は殆んど発現しない。(僅かに過塩素酸カリウム20%のところに発色が見られる。)これは金属酸化物の灼熱による連続スペクトルの強度が甚だ大きい為である。これに10%の添加物を加えて試験した結果を示すと図13の如くである。塩化ビニールを添加物とする場合は炎の色調が良

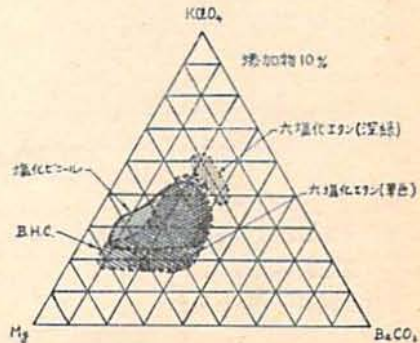


図 13

く有効域が広い。B.H.C. を添加物とする場合は炎の色調が良くない。六塩化エタンの場合は有効域は二群に分れ特異な現象を呈する。即ちマグネシウムの量を増すに従つて最初は炎色が深緑色であり次いで白味が強く次いで美しい草色になる。

(4) 硝酸カリウム系

硝酸カリウム、マグネシウム、炭酸バリウムの三味配合物に塩化ビニールを添加して試験した結果を示せば図14の如くである。この配合に於いて有効域に於ける炎の色調は草色である。

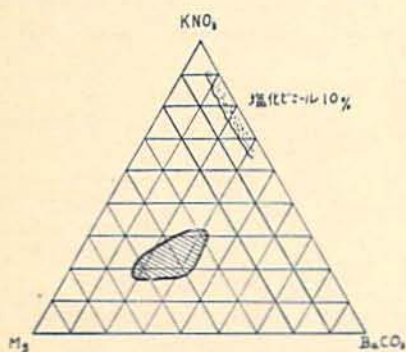


図 14

4.3.4 青光系

CuCl バンドを利用する場合高温系ではマグネシウムの存在の為に極めて発色が困難である(第5報参照)。

(1) 過塩素酸アンモニウム系

i. 添加助燃剤を用いない場合

過塩素酸アンモニウム、マグネシウム、炎色剤の三味配合にて試験した結果を示すと図15の如くである。

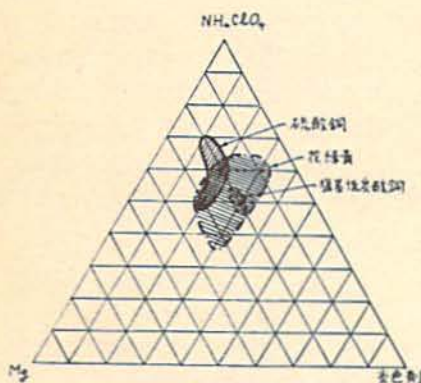


図 15

この場合炎色剤として花緑青を用いたものが最も有効域が広く且色調が美しい。

ii. 添加助燃剤を用いた場合

上記の配合に塩化ビニールを10%添加して試験した

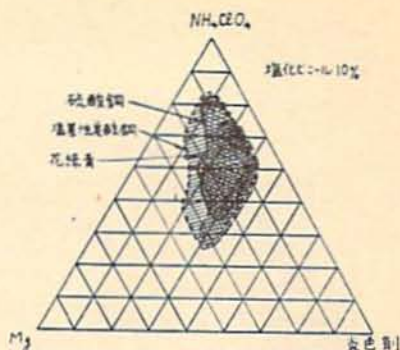


図 16

結果を示せば図16の如くなる。

この場合は塩基性炭酸銅が最も優秀な色調と広い有効域を与える。次は硫酸銅であり、その次は花緑青である。前報までのスペクトルの検討に於いては炎色剤の種類によつては炎色に明瞭な差は認められないが、この場合には相当著しく現われる。これは薬品が工業用品であり恐らくは炎色剤中に含まれる Na の影響であろうか。

以上のほか炎色剤として銅粉を用いた場合有効な炎色を発揮し得る配合は次の如くである。

塩化ビニール	NH ₄ ClO ₄	Mg	Cu
10%	70%	20	2%
10	80	10	
10	70	20	4%
10	80	10	
10	60	30	6%
10	70	20	
10	80	10	

但し Cu% は銅粉の外挿百分比を示す。

次に添加助燃剤として塩化ビニールの代りに B.H.C. を用いて試験した結果は図17の如くである。

B.H.C. を添加助燃剤とし銅粉を炎色剤とした場合

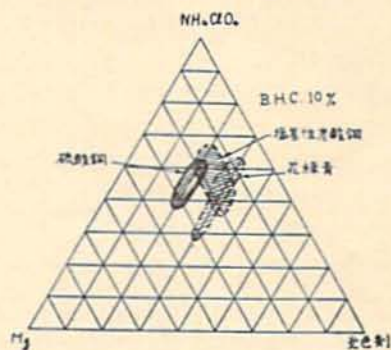


図 17

の炎色は白味を帯び発色不鮮明であつて実用に供し難い。

六塩化エタンを添加助燃剤として試験したがこの場合は炎の色調が良くない。

セラックを添加助燃剤として試験した結果は図18の如くである。この場合にもマグネシウムの量が多くなるに従つて炎の青色は現われなくなる。

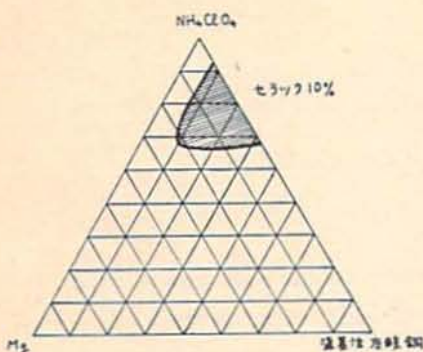


図 18

(2) 過塩素酸カリウム系

この系ではカリウム連続スペクトルの為炎の色調は過塩素酸アンモニウムの場合ほどには良くない。

i. 過塩素酸カリウム、マグネシウム、炎色剤の三味配合について試験した。炎色剤として花緑青、硫酸銅、植基性炭酸銅を用いたが何れも殆んど青色炎が得られない。僅かに青色炎とみられるものは過塩素酸カリウム60%、マグネシウム10%、花緑青30%なる配合である。

ii. 上記配合に塩化ビニール10%を添加して試験した。炎色剤としては花緑青を用いたものが最も良好な炎色を与える。銅粉を用いたものは炎が白色で実用し難い。以上の結果を示せば図19の如くである。

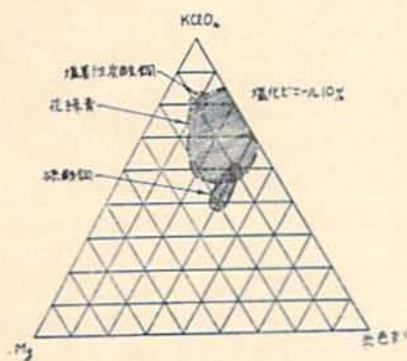


図 19

V. 結 論

以上に於いて前報までに得られた研究成果を基礎とし炎色の立場より実用し得る有効な配合区域を種々な配合剤について探究した。実用に当つては之等のうち目的に叶つたものを選択採用すればよいことになる。之が為にはなおこの有効配合域にて各々の配合について圧縮率、星葉等各種の用途に応じて燃焼速度、発光々度、横突又は成形比重等を調査しておけば実用に便利であろう。これは将来の研究にゆずることとするが、之等について概観する程度の要求には第4,5報の成果が参考となるであろう。

本報に於いて共通した要点を述べると次の如くなるであろう。

(1) 有効配合域について低温系と高温系とを比較するに、前者は酸素バランスの影響を受けることが大なる為甚だ狭く選択の自由度が小である。之に反して後者は酸素バランスに関せず広い為配合選択の自由度が大であり、燃焼速度、発光量の範囲が遙かに広い。

(2) 高温系配合はマグネシウムを助燃剤として用いる為保存上通常常に完全防湿の処理又は構造を必要とする。低温系の配合の場合は通常この必要がない。

(3) 高温系に於ける酸化剤としては現在のところ過塩素酸アンモニウムの如く炎中に塩酸ガスを供給し得るものが最も美麗にして深い炎色を与える。但し過塩素酸アンモニウムは完全防湿を行い得る場合のみ実用し得る。

(4) 高温系に於いて過塩素酸カリウムは赤光及び黄光に対して過塩素酸アンモニウムに甚しく劣ることなく実用し得る。

(5) 硝酸カリウムは高温系に於いてのみ実用し得る。而して現わし得る炎色は赤光、黄光、緑光(草色)の三つであつて青光には適しない。

(6) 塩化ビニール、B.H.C., 六塩化エタン等の含塩素添加物のうち塩化ビニールは最も効果が大きくて優秀な炎色を与える。B.H.C. は之に次ぎ六塩化エタンは配合成分組成にもよるがあまり有効ではない。

(7) セラックは無塩素添加物ではあるが赤光黄光に対する添加物として用いて有効である。

本文中に於いて述べた如く本試験に供した試料は薬種が小さいものである。従つてこの薬種では燃え難い配合も薬種が大となれば燃える如き配合もあり得ると思われる。これに関しても後の研究にゆずるが、その

一例として次の配合を掲げておく。この配合は薬径20 mm以上にて美麗なる青色炎をあげて燃焼する。

硝酸バリウム	50%
マグネシウム	20%
六塩化エタン	30%
銅粉	5% (外挿)

本報を以つて主題の研究を一応終了する。終りに臨み平素指導を賜つた東京大学工学部山本祐徳教授に

深甚の謝意を表し併せて実験を手伝つて戴いた高田、細谷、金蔵、木崎、遠藤の諸君に御礼申上げる。

文 献

- 1) 筆者, 花火 p. 151 (昭和32年)
- 2) 同上, p. 277
- 3) 同上, p. 129

Studies on colour Flame Composition of Fireworks

7. On Composition Series for Practical Use

by Takeo Shimizu

(1) The spectroscopic studies in previous papers are summarized so as to apply the principle of flame colour creation to practical use.

(2) According to the results of (1), various samples of red, yellow, green and blue of several composition series are prepared. Their flame colours are examined by eyes and good colours are selected. According to these, effective colour zones are written as circular lines in trigonometrical graphs.

(3) As far as these studies are concerned the important results which seem to be common for each series are as follows:

a) The width of an effective composition zone in a graph is very narrow in case of

low temperature class and is fairly wide in case of high temperature one.

b) Ammonium perchlorate is the best oxidizer, for it can produce HCl in a flame and creates deep colour.

c) Vinyl chloride is also the best additional ingredient which can create a deep colour by producing HCl gas in flame like ammonium perchlorate.

d) It is necessary to protect compositions from moisture perfectly in case of high temperature class lest magnesium and other ingredients should react each other. For practical applications deep and brilliant colour flames are obtained only with this consideration. (Hosoya Fireworks Co. Ltd.)

第 5 報 正 誤 (第20巻第3冊)

頁	行	誤	正
183	下より9	5310	5610
