

花火はサイエンス

今野 宏

(株式会社秋田今野商店 代表取締役社長)



花火と微生物

日本国内で年間およそ8,500回開催されている花火大会ですが、大仙市大曲では、「日本三大花火大会」のひとつである「全国花火競技大会（大曲の花火）」が8月26日に開催されます。中でも競技会の合間に打ち上げられる大会提供花火は毎年大人気です。去年は雨にたたられました。今年はずれるといいですね。今日は花火にまつわる話をしましょう。

花火に必須の黒色火薬は、中国人の羅針盤、紙、木版印刷に並ぶ発明と言われています。この火薬の主成分は硝石で、硫黄と炭と75：10：15の割合で配合されたものです。その後、この発明はイタリアのフィレンツェを中心として15世紀頃までにはヨーロッパ各地に広まってきました。もっともこの頃の花火は単色で、鮮やかな色彩になったのは19世紀になってからのようです。日本には一般の火術とともに天正年間(1573年～1592年)にオランダ人またはポルトガル人によって伝えられたといわれています。この花火の主成分である硝石は、日本では微生物による発酵法で作られていました。硝石とは硝酸カリウムのことで乾燥地帯の地表や洞窟の床に薄く結晶化します。雨が多くて湿度の高い日本では産出せず、世界中で限られた地域にしか存在しません。中国はまさにその地であったのです。そこで硝石が産出しない地域の人々は微生物を利用しました。その主役になるのが硝化細菌です。土壌中には硝化細菌がいて、この菌が動物の糞尿や植物の遺体から生じたアンモニアを空気中の酸素を使って硝酸に変え、カ

リと結合して硝石を作るのです。このため中世ヨーロッパでは家畜小屋の糞尿を爆薬の原料にするため政府が管理するほどでした。

花火の打ち上げでは現代においても黒色火薬が主流で、代替品では威力が大きすぎたり適切な打ち上げ速度が出ないといわれています。

日本ではチリ硝石が輸入される明治中期まで、黒色火薬の主成分である塩(煙)硝の製造方法は、富山県五箇山地方で門外不出の技として400年近く守られていました。なにしろ爆薬の原料になるので軍事機密扱いです。秘密を守るために山奥で作り続けていたのです。この方法たるや驚くべきものです。家の囲炉裏の床下にすり鉢状の穴を掘り、そこにヒエ殻やヨモギの茎を敷きつめ、その上に肥沃土と蚕の糞と鶏糞を混ぜ合わせたものを敷きます。これを交互に何層にも重ね、最後に一番上から人の小便を大量にかけ土をかぶせ5～6年かけて硝化菌によって発酵を促します。囲炉裏のそばに発酵穴があるので雪深い地でも凍ることはありません。硝化菌は蚕の糞や鶏糞、人尿に含まれる尿酸や尿素をアンモニアに分解し、さらに酸化され一酸化窒素を経て過酸化窒素になるのです。こうした長い発酵期間を経た土を桶に移してたっぷりの水をふりかけると、桶底の口から出てきた液には硝酸が含まれています。その液を釜で煮詰めて木灰を混ぜ、さらに煮詰めていくことにより木灰に含まれるカリウムと先の硝酸が結合し、乾燥して硝酸カリウム(硝石)が出来るのです。いやはや実に高度な化学ですね。現在では火薬そのものが進化し硝石を原料としない火薬に需

要が移ったため、この発酵方法は全く姿を消してしまいましたが、今こうして花火を楽しめるのも微生物のなせる技と思うと感慨もひとしおです。

もうひとつの黒色火薬の主成分である炭。大曲の花火では花火の火薬に使われるマツ炭づくりにおいて、「花火産業構想」の一環で地元の原材料を使った「メイドイン大曲」の花火を生産する取り組みが進められています。マツ炭（主にアカマツ炭）はコークス（石炭を蒸し焼きにした燃料）がまだなかった明治以前の銑鉄および銅の製造に多く用いられ、また鍛冶屋炭として特別な需要がありました。それはマツ炭が急速に高温に達し、また下降も早いからです。また硫黄、硝石は精製できるのに対して、木炭は精製できないため、黒色火薬が一定状態で燃焼するには木炭の品質が極めて重要です。火薬用のマツ炭は一般的には中国や東南アジア産が多いのですが、マツの供給量や製造時期がはっきりしない場合が多く、品質にばらつきがあるといます。このため原材料の調達から花火玉の製造まで一貫して地元で行うことによって、安全で質の高い花火の打ち上げにつながるものと期待されています。

花火は化学

花火を楽しむには光、音、煙が重要な要素です。花火の「光」には和火と洋火があり、和火は黒色火薬を主とした日本古来のもので、マツ炭が威力を発揮します。洋火は明治以降ヨーロッパから日本へ伝えられた色火材（いろびざい）やアルミニウム、マグネシウムなどの光輝材が主です。現在ではこれらが長短補って花火が作られています。科学的にみると花火の光は固体の発光によるものと、気体の発光によるものがあります。花火の火の粉は高い温度で加熱されると温度の上昇とともに色調が異なります。いわゆる炎色反応です。アルミニウムは明るくそ

の温度によって赤橙色から美しい黄金色になります。この光は2～3秒と短命でしたが1960年代後半にチタンなどの新しい原料を用いて長い寿命の黄金色の光が出来るようになりました。高温の気体（炎）の中に特殊な金属蒸気が含まれると、赤、黄、緑、青などの原色光を出すこともできます。赤にはストロンチウム、黄にはシュウ酸ナトリウム、緑には硝酸バリウム、青には酸化銅などが用いられます。このように花火はまさに見事な化学なのです。

花火の「音」もしかり。爆発音は過塩素酸ナトリウムにアルミニウムの微粉を混合した薬剤が使われ「雷」と呼ばれています。雷は運動会の合図に使われるものです。唸り音は「蜂」と呼ばれ、黒色火薬を丈夫な紙筒に固く詰め燃焼ガスの噴き出し口を非対称に開けているため、燃えながら筒が一種の螺旋運動をするため生ずる音です。振動燃焼音は「笛」と呼ばれ、特殊な薬剤（安息香酸カリウムと過酸化カリウム）を細長い筒の一端に詰め、5センチほどの空長を残しておきます。空長側に点火すると笛に似た鋭い振動音を出すのです。このように「雷」「蜂」「笛」の三つを適当に組み合わせると一種の音楽花火を作ることが出来るのです。しかし、一般に花火はある程度の距離を置いて鑑賞するものであり、光と音の速度の不一致があります。またリズムと点火技術との関係もあり、花火師の腕の見せどころでもあるのです。

花火の「煙」も鑑賞の重要な要素です。沸点の異なる物質を一緒に加熱すると両者はいったん均一の混合物になりますが、これが冷却される過程で複雑な煙が得られます。赤には赤の、緑には緑の、黄には黄、青には青の、それぞれの発熱材から出る燃焼ガスを上手に利用しているのです。

古の日本人の知恵と花火に思いをはせながら、過ぎゆく大曲の夏の一夜をお楽しみください。