

D

火災焼残物の油性反応分析

焼残物の油性反応分析とは、火災に助燃剤（ガソリンおよび灯油）が使用されたか否か、すなわち、サンプリングした焼残物中にガソリンおよび／または灯油が含まれているか否かを調べるもので、火災の原因調査の一つとして、損害保険会社や調査会社等からのご依頼により実施している。今までの調査案件は約200件以上、また前述の分析調査に付随した火災模擬実験も約50件以上の実績を有している。

本文では油性反応分析に使用するガスクロマトグラフー質量分析（GC-MS分析）の概要を紹介し、その後一連の油性反応分析調査として、①分析調査の流れ、②火災現場での焼残物のサンプリング、③分析および結果の解析手順、および④裁判支援業務について紹介する。

D-1

GC-MS分析の概要

ガスクロマトグラフ（GC）の概要

GCに注入された、複数の成分を含む試料が、キャリアーガス（ヘリウムなどの不活性ガス）を通して、充填材が詰まった細長い管（カラム）に導入される。各成分と充填材との相互作用の違いにより、各成分が分離され、それぞれ異なった保持時間（導入してから、検出器に到達するまでの時間）で検出される。すなわち充填材との相互作用の少ない成分ほど、短い保持時間で検出される。通常検出器には、水素炎イオン化検出器（FID）が使用される。同定は、標準試料（ガソリンおよび灯油）との保持時間の一致でおこなうが、同定精度が高くない。したがって、通常後述の質量分析を併用する。

質量分析装置（MS）の概要

分離された成分をその成分の質量（分子量）により検出する。具体的には、カラムにより分離さ

れた各成分について、その成分分子が分解した分子の断片の質量（ m/z と表記し、フラグメントイオンと言う）を測定（マススペクトルと言う）することにより、成分の化学構造に関する情報を得る事ができる。例えば、トルエンでは、 m/z 91と92、キシレンでは、 m/z 91と106、ノナン、デカンなどの飽和炭化水素では、 m/z 57、71、85が、各成分に固有なフラグメントイオンとなる。従って、保持時間の一致および成分に固有のフラグメントイオンの一致を確認することで、高い精度で成分の同定が可能になる。写真1に、GC-MS分析装置を示す。



写真1 油性反応分析用GC-MS装置

D-2

油性反応分析調査の進め方

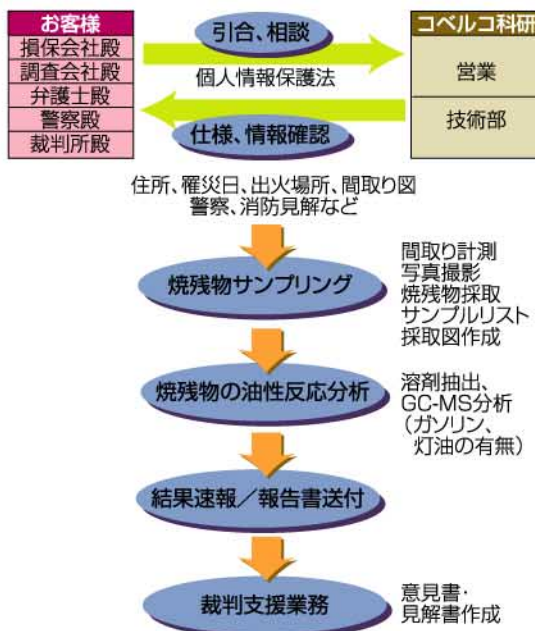
焼残物の油性反応分析調査の流れ

分析調査の流れを第1図に示す。

お客様（損害保険会社や調査会社等）から引合を頂いた時点で、調査内容等の仕様、情報の確認をさせていただき、お客様のご承認を得た後、焼残物のサンプリング、焼残物の油性反応分析を実施し、その結果をお客様に報告する。さらに必要に応じて、裁判支援業務をおこなう。

焼残物サンプリング

火災現場での分析用焼残物のサンプリングについては、以下の点に留意して作業を実施している。
◎出火源と推定される焼毀（しょうき）の激しい箇所にある「焼残物（焼け残り品）」を中心にサンプリングする。



第1図 火災焼残物の油性反応分析調査の流れ

- ◎サンプリングした試料間の相互汚染に注意する。
- ◎サンプリング位置を記録するとともに、各サンプリング試料には試料No.を付し、かつサンプリング位置との関係を明確にする。
- ◎サンプリング作業は危険をとまうため、安全保護具（ヘルメット、安全靴、防塵マスクなど）を着用するとともに、足場の確認、頭上からの落下物に注意する。
- ◎サンプリング試料は、密封した状態で冷暗所に保管し、できるだけ速やかに分析を実施する。

焼残物の油性反応分析

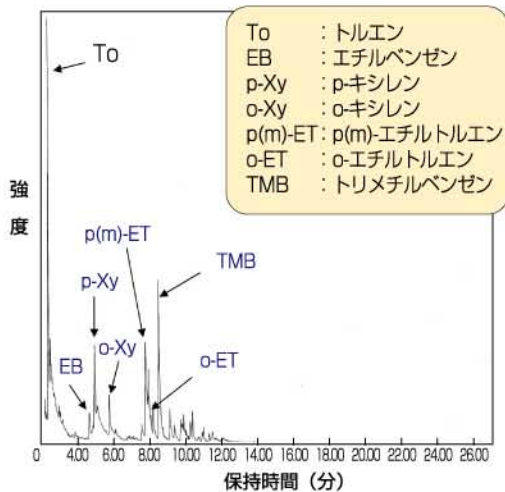
現在、多種多様な石油製品が市場に上市されており、たとえば燃料、合成樹脂、塗料、接着剤、オイルなどはそれら特有の成分を含有する混合物である。したがって、そのような特有の成分およびそれらの含有パターンを把握し識別することが、焼残物中に上記製品が含有されるか否かの判定に対する基本的な考え方である。

弊社では、上記製品のうち燃料であるガソリンや灯油が、火災の助燃剤として使用されることが多いため、ガソリンと灯油に注目して、焼残物中にこれらが含まれているか否かの油性反応分析をおこなっている。

ガソリン、灯油は、ともに各種成分の混合物であり、ガソリンの場合は、トルエン、エチルベンゼン、p-キシレン、o-キシレン、p(m)-エチルトルエン、o-エチルトルエン、トリメチルベンゼンなどが、灯油の場合は、炭素数 9~15 の飽和炭化水素が主要成分として含有されている。

(a) 油性反応分析のフロー

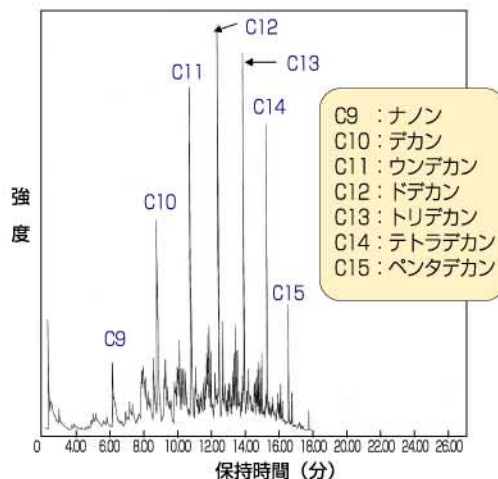
油性反応分析のフロー概略図を第2図に示す。焼残物試料から採取した試料に抽出溶剤を加えて抽出を行う。抽出液を規定量まで濃縮したものを試料溶液とする。この試料溶液と標準溶液（ガソリンおよび灯油の溶液）を、前述のGC-MSを用いて分析する。



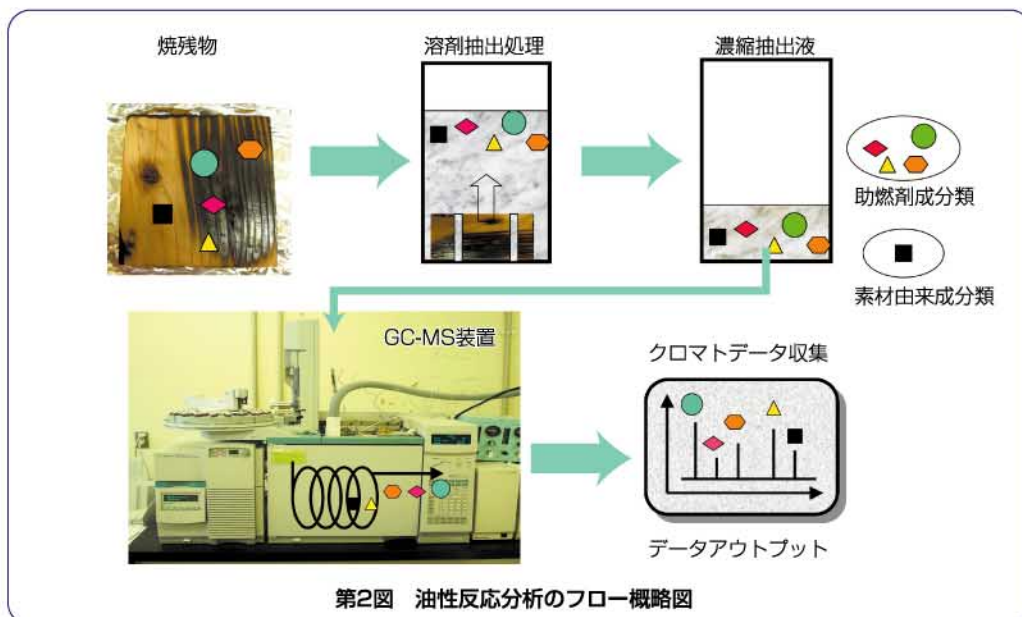
第3図 ガソリンのGC-MS分析例

(b) GC-MSによる油性反応分析結果

第3図にガソリンのGC-MS分析例を示す。また、横軸は保持時間で、縦軸はピーク強度を示す。第3図では、トルエン、エチルベンゼン、p-キシレン、o-キシレン、p(m)-エチルトルエン、o-エチルトルエン、トリメチルベンゼンなどが主要成分として検出される。各成分の確認は、それぞれ、2つのフラグメントイオン（下記イオン）の検出の有無で判断する。



第4図 灯油のGC-MS分析例



第2図 油性反応分析のフロー概略図

検出イオン；

トルエン： m/z 91, 92

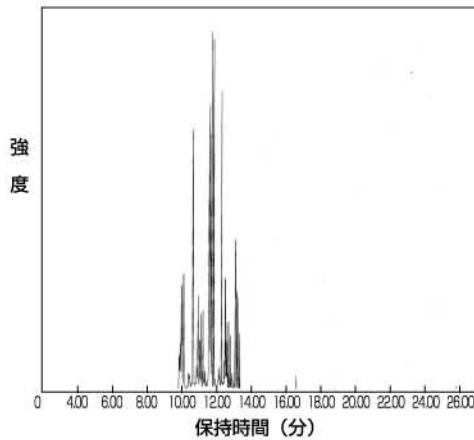
エチルベンゼン、キシレン類： m/z 91, 106

エチルトルエン類、トリメチルベンゼン： m/z 105, 120
また第4図に灯油のGC-MS分析例を示す。

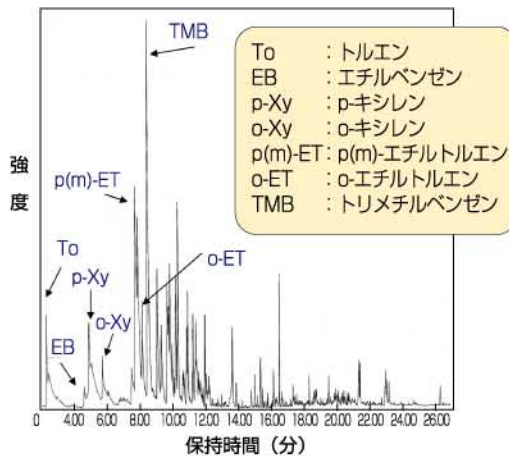
第4図では、炭素数9から15までの炭化水素（ノナン、デカン、ウンデカン、ドデカン、トリデカン、テトラデカン、ペンタデカン）が、保持時間の短いほうから順に周期的なピークとして検出される。

各成分の確認は、それぞれ、3つのフラグメントイオン（下記イオン）の検出の有無で判断する。
検出イオン；

・炭素数9～15の飽和炭化水素： m/z 57, 71, 85



第5図 パラフィンオイルのGC-MS分析例



第6図 ベニヤ板焼残物試料抽出液のGC-MS分析例

炭素数9～15の飽和炭化水素は、以下の通り。

C9：ノナン(C₉H₂₀)、C10：デカン(C₁₀H₂₂)、C11：ウンデカン(C₁₁H₂₄)、C12：ドデカン(C₁₂H₂₆)、C13：トリデカン(C₁₃H₂₈)、C14：テトラデカン(C₁₄H₃₀)、C15：ペンタデカン(C₁₅H₃₂)。

さらに第5図にその他石油製品としてパラフィンオイルのGC-MS分析例を示す。第5図より、パラフィンオイルの主要ピークが、ガソリンや灯油の主要ピークと明らかに一致しないことがわかる。上記標準試料のGC-MS分析で検出された成分と、各焼残物試料の抽出液のGC-MS分析で検出された成分との一致性を比較する。

たとえば、第6図にガソリンを塗布したベニヤ板を燃焼させた焼残物試料の抽出液のGC-MS分析例を示すが、第3図に示すガソリンの分析例で認められる成分と同じ成分が、板焼残物試料の抽出液にも認められる。その結果により、焼残物試料にガソリンが含まれていると判断される。得られた結果を「火災焼残物の油性反応分析結果」報告書として、お客様に提出する。また、第5図にその一例を示したが、各種市販接着剤類、シンナー類、自動車エンジン関連液体などの分析例を、比較用データとしてデータベース化し、日々そのデータを増強し、解析能力の向上に努めている。

裁判支援業務

当社で作成した報告書は、裁判における提出書類として使用されることがあるため、その報告書に関する意見書作成、見解書作成等の裁判支援業務も実施している。

当社では、上記裁判支援業務の他に、実際の火災事故などを模擬した火災模擬実験や自動車事故調査の一部を実施している。その実験において、着火の有無、延焼状況の経時的変化を調査し、各燃焼部位の温度の経時的変化を連続的に測定することも可能である。さらに、火災模擬実験で得られる焼残物のGC-MS分析を行い、火災現場からサンプリングした実焼残物の分析結果と比較することが可能である。

[環境化学事業部 技術部 藤澤和久]



ついこの間までの暑さから、いつのまにかオロギの鳴き声に耳を傾け、今や朝夕の寒さを肌で感じる季節になりました。月日の経過を早く感じるのには寄る年波の成せるところでしょうか。

季節の変化を感じているこの間にも人々の営みは休むことなく続いており、先の経済新聞によると日本の経済活動は成長を続け、景気拡大期間が本年十一月に戦後最長を更新するとのこと。当社は総合試験研究会社としてこの好景気を少しでも下支えできればと、技術レベルの向上に努めていく所存です。

本号では、従来の測定・解析技術を、より高度かつ特徴のある形に展開した評価技術として、「低真空型F E I S E M 観察」、「ミニチュアサンプルによる力学的特性評価」、「半導体材料の『深い単位』の評価解析法」、「火災原因調査のための油性反応分析」などを紹介させていただきました。

これらの技術が、お客様商品の競争力向上にお役に立てることを願っております。また記事の内容について、ご意見ご要望をお寄せくだされば幸いです。(編集委員長 水上俊一)