

課題情報シート

課題名：	小平市の大気粉じん中に含まれる多環芳香族炭化水素の測定		
施設名：	職業能力開発総合大学校東京校		
課程名：	専門課程	訓練科名：	環境化学科
課題の区分：	総合制作実習	課題の形態：	研究・制作

課題の制作・開発目的

(1) 課題実習の前提となる科目または知識、技能・技術

有機化学・有機化学実験Ⅰ・有機化学実験Ⅱ・機器分析法Ⅱ・大気工学・大気測定実習

(2) 課題に取り組む推奨段階

2年生後期

(3) 課題によって養成する知識、技能・技術

課題を通して、大気粉じんのサンプリング法・SPM中のPAHsの抽出法・GC-MS分析法に関する応用的な知識・技術・技能を身に付けます。

(4) 課題実習の時間と人数

人数：1名

時間：216時間

大気中に浮遊する粉じんは、粒径がおよそ 100 μm までのものです。この中で特に人間の気管支及び肺胞内に侵入する粒子径は 10 μm 以下といわれており、環境調査においても大気中に浮遊する 10 μm 以下の粒子を浮遊粒子状物質 (SPM) と呼び、重点的に調査が進められています。また、大気中の有機物のうち比較的沸点が高い多環芳香族炭化水素 (PAHs) は、主に粉じんに付着して気中に存在しています。標準的な調査方法としては、まず石英繊維ろ紙に大気粉じんをサンプリングします。このとき、サイクロンなどの分粒装置を用いて 10 μm 以下の粒子のみ採取します。その後、粉じん濃度は採取量をサンプリング空気量で除して求めます。また、多環芳香族炭化水素は石英繊維ろ紙を 1cm 角程度に細かく破碎した後、石英繊維製円筒ろ紙に入れ、ソックスレー抽出装置により溶媒抽出します。抽出液は濃縮後、油分などを取り除くためにシリカゲルカラムによりクリーンアップを行います。その後、重水素化ベンゾ[a]ピレン (BaP) を内標準物質としたガスクロマトグラフ質量分析法 (GC-MS) で分析します。この前処理において従来は、ベンゼンやジクロロメタンが使用されてきましたが、いずれも発がん性が指摘されており労働衛生面から改善が望まれていました。そこで、本実習課題の一つ目の目的として、抽出溶媒とクリーンアップ溶媒の代替溶媒を検討するこ

としました。一方、従前から行っている大気粉じん中の BaP や他の PAHs を調査することは大気汚染の現状を把握する上で重要なことであり、調査を継続しつつ BaP と他の PAHs の相関関係を調査し、大気汚染の状況を把握することを二つ目の目的としました。

本課題への取り組みによる結果として、まず代替溶媒については、トルエンとアセトンを組み合わせて用いることにより、ベンゼンやジクロロメタンと同程度の精度を確保でき、労働衛生面の大幅な改善をはかることができました。一方、今年度から新しく調査項目に加えたベンゾ[b]フルオランテン (B-FUL) と BaP との間に強い相関が見出され、大気中の PAHs 調査に新しい視点を導入できました。

また、この本課題を通して、複雑な前処理工程を伴う場合のサロゲート物質の意味を理解し、分析精度における回収率の概念を身につけられたと思います。また、環境分野で高い評価を受ける GC-MS の知識・技術も身につけることができるので、環境に配慮した「ものづくり」を実践できる技術者の育成に寄与できると考えます。

課題の成果概要

大気粉じん中の PAHs 分析における前処理法及び分析法をトレースすることにより、PAHs の分析方法及び GC-MS について知識・技術を身につけることができました。また、分析方法を見直し労働衛生面から見た改善を図ることにより、分析法などの改善方法の考え方・実践の仕方についても身につけることができました。さらに、新しい PAHs を調査物質に加えることにより、大気汚染への取り組みに新しい視点を導入できました。

1. PAHs の分析方法及び GC-MS 技術の習得

サンプリング法、溶媒抽出法、カラムトマトグラフィー、濃縮操作、内標準検量線、そして GC-MS 分析と化学分析における数多くの技術・技能を含んだ PAHs 分析を通して、分析における知識・技術・技能だけでなく、各操作段階における注意点や精度についても理解することができました。

2. 抽出・クリーンアップ溶剤の代替化

抽出溶媒としてはトルエンを用いることにより、ベンゼンと同じ PAHs の抽出効率を確保できました。しかしながら、トルエンの沸点 (111℃) はベンゼン(80℃)に比べ 30℃ほど高いために最終的な窒素パージにおける濃縮に時間がかかるという欠点がありました。この欠点を補うために、まずトルエンで PAHs をソックスレー抽出した後、抽出液をロータリーエバポレーターにかけ大部分のトルエンを留去します。乾固直前に濃縮をやめアセトンに転溶します。この後、濃縮管に溶液を移し内標準物質の添加などの操作を加え再び窒素パージで濃縮します。このように、ロータリーエバポレーターと窒素パージの二つの濃縮操作において溶媒を使い分けることにより、分析時間の短縮も行うことができ問題点を改善できました。その結果、従来法と同じ分析精度・分析時間を確保しつつ労働衛生面の改善を図ることができました。

3. 新しいPAHsの調査

今年度より新しく B-FUL を調査項目に加え、職業大東京校 4 号館屋上に設置したハイボリュームエアサンプラーでサンプリングした SPM に含まれる PAHs を調査しました。その結果、SPM 濃度や BaP やベンゾ[g,h,i]ペリレンについては例年並みの濃度でした。B-FUL については、BaP の 2 倍程度の濃度であり、かつ BaP と強い相関をもつ物質であることが分かりました。このことは、BaP だけでなく B-FUL など他の PAHs を調査することにより、より詳細な大気汚染の現状を把握するのに大いに役立つと考えます。

今後の課題としては、さらに数多くの新しい PAHs を新規に調査し、全国的に調査されている BaP との相関関係を調べ、大気汚染の現状を新しい角度から考察できるように検討することです。

課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

<PAHsの分析方法及びGC-MS技術の習得>

サンプリング法、溶媒抽出法、カラムトマトグラフィー、濃縮操作、内標準検量線、そして GC-MS 分析と化学分析における数多くの技術・技能を含んだ PAHs 分析の技術を習得したことにより、PAHs 分析に限らず様々な分析技術に対応できる実践技術者の育成につながる見本的なテーマになったと考えます。

<抽出・クリーンナップ溶剤の代替化>

溶媒の代替化を検討するに当たり、まず抽出溶媒やクリーンナップ溶媒に求められる物性を学ぶ必要があります。溶媒抽出では、主に目的のPAHsを十分に溶解できる溶解度と抽出液を濃縮できる程度の沸点であり、クリーンナップにおいては、PAHsは移動するがオイル分は移動させないような溶解度と極性です。この点を十分に考えて溶媒の代替化を検討することがポイントです。また、溶媒抽出では抽出効率を、クリーンナップでは回収率を常に意識して改善に取り組むことが重要であることも指導することがポイントです。

今回は、現状のベンゼンと類似する化合物群から検討するようにアドバイスを行うことで改善につながりました。

<新しいPAHsの調査>

PAHsの主な発生源であるディーゼル排ガス中にどのようなPAHsが含まれているのか各方面の資料を調べ、その中から今まで調査されていない成分や調査されていてもデータ数が少ない成分をピックアップすることがポイントです。また、医学的に発がん性が認められているBaPと相関を取らせることにより、PAHsによる大気汚染の考察に大いに役立つことを理解させます。

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<p>○大気中の PAHs の一般的な分析法を理解させ、農薬や環境ホルモンなど高度な分析方法の知識・技術・技能を身につけさせます。</p>	<p>◇一般的な分析方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一般的に知られている分析方法を体験させ、その利点や問題点を整理させ、学生のひらめきを引き出す素地を作ります。 	<p>●一般的な分析方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハイボリュームエアサンプラーによる SPM のサンプリング法におけるろ紙の水分吸湿量を理解させ、秤量誤差の要因を理解させます。 ・ソックスレー抽出装置を理解させ、固体から有機成分を抽出する方法を抽出効率とともに理解させます。 ・ソックスレー抽出の欠点として目的物以外の成分も抽出されることを理解させ、クリーンアップ操作の重要性を理解させます。また、クリーンアップによる目的成分のロスを防止し回収率についても理解させます。 ・サロゲート物質の役割を上記二つの要素から理解させます。 ・GC-MS の基本操作を習得させるとともに内標準法による GC-MS 分析を理解させます。
<p>○労働衛生面からみた従来の分析方法における課題を見つけさせ、その対応策を考えられる考察力・技術を身につけさせます。</p>	<p>◇抽出・クリーンアップ溶剤の代替化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発がん性の疑いがもたれているベンゼンにかわる抽出・クリーンアップ溶媒の代替化をはかり、分 	<p>●抽出・クリーンアップ溶剤の代替化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・代替溶媒による抽出効率の確認に自然界に存在しないサロゲート物質（重水化試薬）が用いられる

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<p>○常に新しい調査項目の検討を行うことにより、PAHsによる大気汚染の現状把握に大きく役立つことを理解させます。</p>	<p>析試薬の毒性について考え、自らの健康障害防止の意識を高めました。</p> <p>◇新しい調査項目の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今まで調査されていない成分や調査されていてもデータ数が少ない成分をピックアップさせことがポイントです。 	<p>ことを理解させます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・クリーンアップの代替溶媒の検討においてもサロゲート物質が必要であることを理解させます。 ・労働衛生工学の授業内容を復習させ、有害性が高い化学物質を再確認させます。 <p>●新しい調査項目の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全国的に若干の調査事例がある PAHs を選定した方がベターですが、調査報告例のない成分の調査も含めると学生の探究心を育てるのに役立ちます。

<所見>

JISや各方面の分析・測定指針における従来の分析法を利用するだけでなく、労働衛生面・分析時間の短縮・グリーンケミストリーなどあらゆる面で自由な発想で物事に取り組む姿勢を養うことができるように、2年間の分析技術が数多く盛り込まれた分析方法を用いるテーマを選ばれることを望みます。そのためには、指導員自らが専門性にとらわれず幅広い分析技術を身につけておくことが必要と考えます。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 職業能力開発総合大学校東京校
 住 所 : 〒187-0035
 東京都小平市小川西町2-32-1
 電話番号 : 042-341-3331
 施設 Web アドレス : <http://www.tokyo-pc.ac.jp>