

環境工学における高等教育と高度分析機器

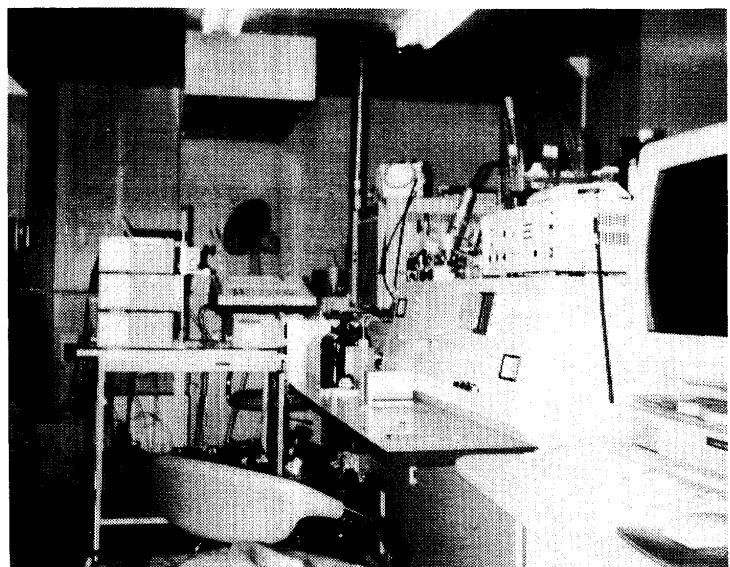
津 野 洋（工学研究科環境工学専攻）

1. はじめに

健康で文化的な生活をおくるための環境を論ずる場合、環境の質の把握は不可欠である。環境の質は、生物のおよび非生物的なものを問わず、物質の移動や生物学のおよび化学的な変換によって規定されており、この循環過程や機構を解明し、それを保全・創造・管理することは、我々人間を含めた生物の持続的生存に極めて重要である。衛生工学科および衛生工学専攻では、この理念に基づいた教育・研究、すなわちそれらに関する必要な知見の解明および工学技術の開発に関する教育・研究を行ってきたところである。

環境の質を問題とする場合、人間の存続基盤である環境は限りあるもので生態系が微妙な均衡を保つことにより成り立っており、将来にわたっても維持されなければならないという基礎に加え、人間の価値評価や社会形態も重要な要素となる。筆者の専門分野である水質で考え、またその中で有機物による水質汚濁を例にとってみると、公害時代には水域の溶存酸素の確保の観点からBODやCODといった有機物指標が重要であり、濃度にして mg/L のオーダーであった。つぎに、水域の富栄養化による内部生産が問題となると、その原因物質である窒素やリンの濃度を問題とするようになり、また水道水中の発癌物質であるトリハロメタンを問題とする場合には、 $\mu\text{g/L}$ のオーダーの物質が問題となっている。さらに水道水の異臭味問題、変異原性・発癌性、化学物質の蓄積などを問題とする場合、さらに低濃度の $\mu\text{g/L}$ から ng/L の濃度が問題となっている。また、公害の時代には事象把握の水質指標としてBODやCODといった総合的に把握する指標でよかったものが、今日の環境の時代には個別物質を同定・定量する必要が生じてきた。さらに、移動・変換といった循環過程や機序を把握するためには、関連する多くの指標や物質を個々に把握する必要が生じている。

このようななかで、従来なら手分析主体であったものが、種々の高度分析機器が必要となり開発され、その使用の重要性が増してきた。このような観点から、高等教育とくに大学院での教育・研究の進展のために、衛生工学科では、高度分析機器の予算要求をここ数年にわたって行い、平成5年度ではICP発光分析装置と液体クロマトグラフ／ガスクロマトグラフ質量分析計（写真参照）を、また平成7年度で蛍光X線分析装置、X線光電子分析装置、核磁気共鳴分析装置および電子スピン共鳴スペクトロメータを揃えることができ、現在、教育・研究に必要と考えていた機器の大半を整備し得ることができた。



ICP発光分析装置とクロマトグラフ質量分析計

2. 効果的な教育に使用する体制

分析機器を教室内での共通装置として活用し、有効に使って教育を行うには、常に整備・管理され、必要なときにはすぐに使い得る環境を作っておくことが要求される。このような観点から、平成6年度から、ICP発光分析装置と液体クロマトグラフ／ガスクロマトグラフ質量分析計について、管理委員会を作り、その中の重要なスタッフとして操作専門官を決め、その指導のもとに学生が使用することとしている。特定の装置管理のための人員配置の配慮はなく、既存のスタッフの中から操作専門官として技官の方をお願いし、仕事の一部として活動していただくことので

解を取り、必要な所定の講習を受けるなど機器に熟練する機会を積極的に持っていただくよう図っている。この体制は、今日まで有効に機能しており、この機器を用いた卒業論文および修士論文は、平成7年度で、それぞれ10件近くに及び稼働率も高く、十分な教育効果をあげている。

さらに、今後の機器分析装置の新規開発・展開をにらみつつ、各研究室で保有していた基本分析機器を集中して管理することを計画し、教室全体として機器分析に関する学生の教育を進める予定である。

3. 高度分析機器の特性と期待される教育

環境保全・管理のために不可欠な科学的知見を得るため、元素や重金属の消費、環境放出、および環境中での物質の循環・変換機構の解明、ならびに環境技術の開発に関する教育・研究が重要である。I C P 発光分析装置は液体試料中での元素や重金属を迅速に多成分同時に同定・定量測定することが可能で、また蛍光X線分析装置は固体・粉末試料の元素や重金属を迅速に多成分同時に同定・定量測定することが可能である。後者は、固体試料の局所分析と組成分布の評価・解析も可能である。そして、X線光電子分析装置は、無機物質の結合状態、物質表面での存在形態と濃度およびこれらの変化の評価・解析が可能である。

環境の質の評価に関する研究や安全性に係わる研究の展開において、環境微量汚染物質、変異原性物質、おいしい水、機能水、紫外線・オゾン等の高度酸化処理等でのフリーラジカルや活性酸素の関与する処理法の機能評価、さらには共存物質の毒性への影響に関する研究が重要となっている。液体クロマトグラフ／ガスクロマトグラフ質量分析計は、環境試料中の有機物質の同定・定量に用いることができ、また微量物質の定量にも効果を発揮する。核磁気共鳴分析装置は、水分子や微量有機物の分子の定性・定量分析や構造の解析と評価が可能である。また、電子スピン共鳴スペクトロメータは、水中や生体中のフリーラジカルや活性酸素の定性・定量分析と解析・評価に適用可能である。

各分析装置の特徴と期待される具体的研究例を表に示す。これらの研究を通じて、大学院学生の研究指導を実施し、効果的な教育を進めることをめざしている。

4. おわりに

米国の大学に比較しても、小規模ではあるがかなり高いレベルの分析機器の整備が完了したことにより、およそこの10年間程度のタイムスパンで新しい高度の教育・研究の展開が図られるものと期待され、またそのように実行される支援体制を、実働管理人数と財政的な面とから補完しつつ、整備する必要がある。

表 分析装置の特徴と期待される具体的研究

機器名	特徴	研究内容例
I C P 発光分析装置	誘導コイルに高周波電流を流し、発生したプラズマにキャリアガスと共に溶液試料を導入すると、中心部の温度が周辺部より低くなった高周波誘導結合プラズマ (ICP) が形成される。これを光源とする分析装置である。 ppbレベルの高い検出能力 元素間の干渉が少ない 分析濃度範囲が広い 安定性・再現性に優る 多元素同時分析可能	・広域物質循環と管理 ・酸性雨による土壌溶出水の特性 ・水域生態系での元素循環と濃縮機構 ・下水処理場での元素の挙動解析 ・水域での流動特性把握 ・雨水中の元素組成解析 ・藻類増殖と元素組成の関係解析など

蛍光X線分析装置	固体・粉末試料にX線をあて励起して、二次的に発生する元素特有の蛍光X線の波長および強度を測定することにより、元素分析をする。 多元素同時分析 局所（1 mm ϕ）分析 高感度・高分解能 高精度	・広域物質循環と管理 ・水域生態系での元素循環と濃縮機構 ・下水処理場での元素の挙動解析 ・土壌特性と酸性雨 ・粉塵中の元素組成解析 ・廃棄物中の有害元素解析 ・局所元素分布解析 など
X線光電子分析装置	X線を照射した試料が放出する光電子を分光検出する。表面・界面のキャラクタリゼーションには不可欠の手法である。 20オングストロームの極表面分析 検出元素の化学的結合状態分析 深さ方向の変化分析	・環境保全施設の腐食等変化解析 ・沈澱物物質解析 ・土壌特性と酸性雨 ・粉塵中物質解析 ・環境試料中の化合物解析 ・化学反応解析 ・凝集沈澱解析 など
液体クロマトグラフ／ガスクロマトグラフィー質量分析計	クロマトグラフで分離された物質に電子線をあて構成基に分解し、それを磁場内で回折させて、各々の基をスキャンにより測定する。 高感度のスペクトル 多成分同時・高感度分析 組成式決定 迅速測定処理	・環境中での化学物質の運命解析 ・含有有害有機物の同定と定量 ・環境中での農薬の挙動解析 ・化学物質の生物分解解析 ・変異原性物質の同定・定量分析 など
核磁気共鳴分析装置	核スピンを持つ核が磁場の中で共鳴エネルギーに相当する電磁波を吸収することを利用した分析法である。 物質の同定 構造決定 運動状態の解析 反応機構の解析	・環境中での有害化学物質の構造決定 ・水分子の構造と生物化学反応 ・おいしい水と水の構造 ・反応機構解析 ・変異原性と化学構造 など
電子スピン共鳴スペクトロメータ	発振器から出たマイクロ波を平衡状態にある空洞共振器中の試料にあてると、磁気共鳴吸収により平衡が破れて検出器に吸収を生ずる。 選択的にフリーラジカルや活性酸素を定性・定量測定できる唯一の分光装置である。 スーパーオキシドアニオン 過酸化水素 ヒドロキシラジカル 一重項酸素	・高度酸化システムの機能評価 ・活性酸素と変異原性 ・大気汚染物質のハロメタン、オゾン、浮遊粉塵解析 ・食品の新鮮度 ・酸化処理機構解析 ・生体影響解析 など