

# 環境分析におけるバイオセンサーの実用化

高木 陽子

京都電子工業(株) バイオ研究部

## 1. はじめに

環境中の有害化学物質に起因する汚染の把握に際しては、精密機器による化学分析的な手法によって原因物質を同定し、その物質の個々の濃度を定量することが一般的である。しかし、環境分析においては、汚染濃度・エリアを迅速に把握して対処しなければならない場面も多く、現場で迅速・簡便な分析を実現し得るバイオアッセイのような手法が切望されてきたが、適切な分析対象にこの分析法が適用されなかったために、信頼できない分析方法というマイナ

スイメージを与えてきた。近年、わが国においては、環境省等が中心となり、環境試料を使用した精度、確度、再現性等における評価を経て、ある一定の技術水準に達し、実用可能と判断されたバイオアッセイを、その特性に応じて規格化、マニュアル化を行い、機器分析の補完法あるいは置換法として公に活用できるよう整備が進められてきた。ここでは、その中でも特に、現場の専門的な分析技術を保有していない作業担当者であっても、汚染の把握やモニタリングを可能とする、簡易なダイオキシン・PCB 分析法として実用化に至ったフロー式イムノセンサーについて紹介する。

## 2. KinExA<sup>®</sup> を原理とするフロー式イムノセンサー

フロー式イムノセンサーは、Kinetic Exclusion Assay (KinExA<sup>®</sup>) 結合平衡除外法に基づく、高精度な免疫測定を自動で行うことが可能なセンサーである。ダイオキシン分析を例とすると、前処理済み試料と蛍光標識した抗ダイオキシンモノクローナル抗体とを反応させ、測定試料中で抗原抗体複合体を形成しなかった未反応の抗体のみを、その平衡状態への干渉を抑えて設計された抗原を固相化した測定セルで捕捉させ、励起波長 650nm に対する蛍光波長 665nm の蛍光強度を測定し、蛍光量の低下に応じてダイオキシン濃度 (毒性等量: TEQ) として算出される (図 1)。捕捉された抗体は、再生液の通液により乖離して元の

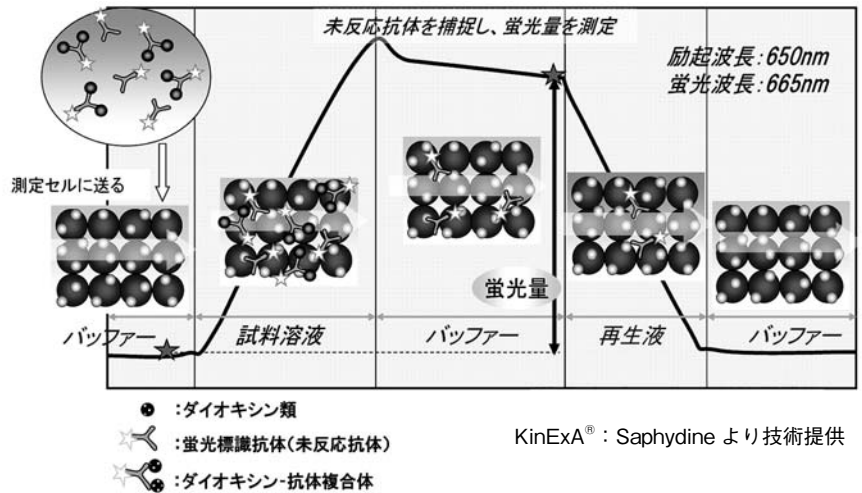


図 1 フロー式イムノセンサーによる測定の流れ

状態に戻ることから、一つの測定セルでは繰り返し約 70 ピーク分の測定を行うことが可能である。分析値は、3~4 試料分の蛍光量が 3 分ごとに各 1 ピークずつセンサーグラムとして連続取得され (図 2)、CSV 形式で得られた分析値をエクセルに転送するわずか数分内で、予め作成しておいた 4 係数ロジスティック曲線の回帰式より自動的に算出される。分析用抗体は、燃焼系の試料中のダイオキシン異性体全体に占める組成比が一定であり、かつ TEQ に寄与が高い事が明らか 2,3,4,7,8-PeCDF (2,3,4,7,8-ペンタクロロジベンゾ

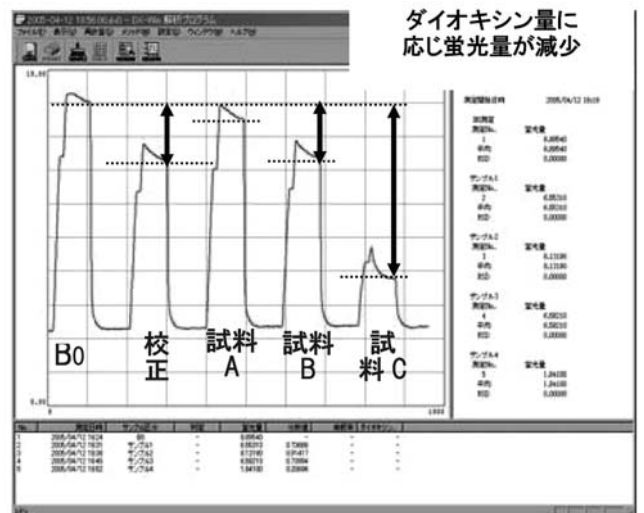


図 2 分析値のセンサーグラム

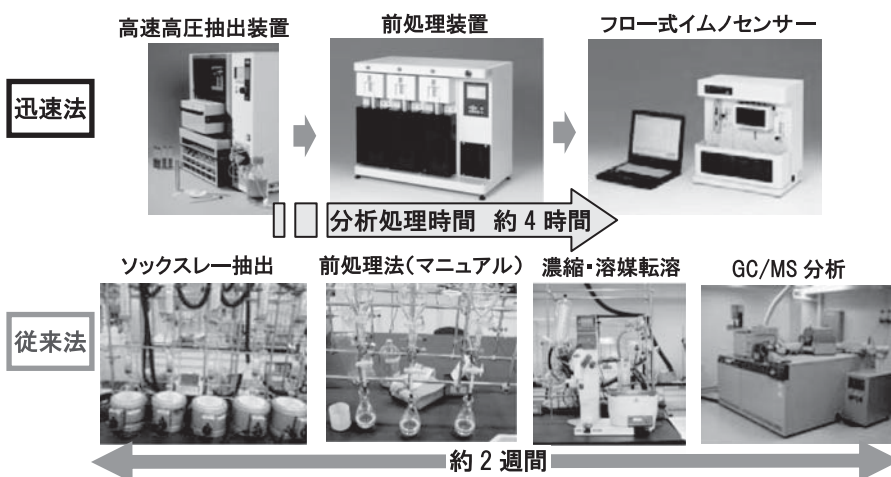


図3 ダイオキシン類分析システムの比較



図4 移動式分析車

フラン) をターゲットとして自主開発してきたため、センサーによる正確性の高い分析を実現することが可能である。

### 3. ダイオキシン類簡易分析システム

イムノアッセイは、多様な環境中のマトリクスによる分析への影響を、機器分析のように内部標準により補正することができないため、精度・再現性共に高い安定した前処理法を採用することが実用化に不可欠である。そこで、加熱多層シリカゲルカラムによる多環芳香族や硫黄成分を効率的にクリーンアップし、濃縮、溶媒転溶の一連の操作を自動で行える前処理装置と、前述したフロー式イムノセンサーと組み合わせることにより人的誤差を最大限排除し得るダイオキシン類簡易分析システムとなっている(図3)。本システムは、器具類の準備、多工程にわたる煩雑な処理、専門知識を伴う解析などが一切不要である。さらに、高速高圧抽出装置と組み合わせることで、従来、約2週間を要するGC/MSによるダイオキシン分析法に対し、わずか4時間の迅速分析を提供することができる。

### 4. 移動式分析車によるPCB分析

バイオアッセイに期待される要件の一つに、オンサイト分析が挙げられる。2トントラック内に、耐震機能、冷蔵施設、空調、換気等の機能を付帯させ、前処理装置とフロー式イムノセンサーを搭載した絶縁油中PCB分析用の移動式分析車(図4)で実証試験を行った結果、実験室と遜色ない結果を得ている(図5)。今後、移動が不可能な大型トランス中の油分析等への適用が期待される。

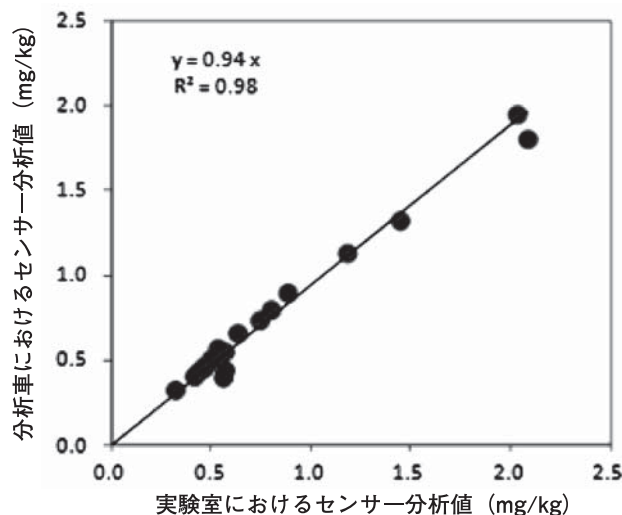


図5 移動式分析車における実証試験

### 5. まとめ

バイオアッセイは、その特性に合わせて正しく利用さえすれば、モニタリングや危険因子の早急な検知など、平易な操作で人や場所を選ばずに機器分析では不可能な多様な活用例が考えられる。すでに本センサーは絶縁油中PCB分析及び作業環境中のダイオキシン管理などにおいても実用化されているが、今後はさらに迅速性、簡易性が切に求められる土壌浄化処理現場におけるダイオキシン分析や、食物出荷および輸入検査に利用できる農薬類分析系などへとアプリケーションを拡大し、分析の負担を軽減しうる現場のニーズに合致したバイオアッセイ技術が開発されてくると考える。