

## 調査・研究報告書の要約

書名	平成 19 年度次世代産業の実用化を加速する分析の自動化に関する調査報告書				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会・社団法人 日本分析機器工業会				
発行年月	平成 20 年 3 月	頁数	156 頁	判型	A4

序（金井会長の序）

序（堀場会長の序）

目次

調査の概要

第 1 章 分析の自動化に関する現状と動向

1. 1 はじめに
1. 2 自動化全体のすすみ具合
1. 3 個別の要素に対する現状
1. 4 自動化の目的と自動化に対する意識
1. 5 ヒヤリング調査から見た自動化の現状と期待
1. 6 自動化の現状に関するまとめ

第 2 章 分析の自動化に関する技術開発の実際

2. 1 分野ごとの分析の自動化に関する技術開発の動向
2. 2 まとめ

第 3 章 分析自動化の実用化への課題と提言

3. 1 分析自動化の実用化の可能性
3. 2 技術戦略マップに見るニーズとシーズ
3. 3 課題と提言

添付資料

添付資料 1. アンケート調査

添付資料 2. 調査文献リスト

[要 約]

第 1 章 分析の自動化に関する現状と動向

## 1. 1 はじめに

研究開発の効率的な実用化のために技術戦略マップが作成されている。この中の多くの分野で計測・分析技術の必要性が謳われている。材料の開発や量産プロセス技術の確立の段階では、出来た部材の品質等について現場で評価をし結果をフィードバックして開発を迅速に進める必要がある。このため現場で迅速に計測分析が出来る機器システムが必要となる。現状では評価を高性能、高機能のラボ用分析機器に頼ることが多い。しかし、このような機器では測定からデータ解析の過程はシステム化されているが、サンプリングや前処理を手作業に頼ることも多い。このためラボ用の計測・分析機器にサンプリング、前処理、測定からデータ解析という分析のプロセスを自動的に行えるシステムを構築することにより効率的に測定することが必要となる。分析自動化のニーズが具体的にどの分野のどのような対象にあるかを調査し、あわせて分析時間の短縮に効果的と思われるサンプリング、前処理プロセスを自動化法と開発状況についての現状を、アンケートを通して調査した。

## 1. 2 自動化全体のすすみ具合

自動化の満足度に関しては、全体では半数が不満又はやや不満と考えており、自動化に対する期待の大きさが窺える。分析の工程を、「サンプリング」、「前処理」、「分析」、「データ処理・報告」、「制御」と分けた場合、自動化が進んでいない工程は、半数が「前処理」、1/4が「サンプリング」であった。

## 1. 3 個別の要素に対する現状

### 1. 3. 1 「前処理・サンプリング」に対する自動化の現状

分離分析分野で70%を超える人が、光分析分野では50%以上の人が、前処理の自動化を必要としていた。サンプリング・前処理の自動化が進まない阻害要因は、試料によって前処理の方法が異なり一様に自動化できないこと、処理工程の多さや、信頼性、あるいは時間のかかることである。今後の課題は、①自動化しやすい前処理方法の開発、②前処理装置のユニット化、③組み合わせによる様々な前処理方法への対応、④微量試料の扱い、などがあげられる。

### 1. 3. 2 「測定・分析」に関する自動化の現状

自動化の機能に対する要望は、「機器のコンディショニング・キャリブレーション」、「自動メンテナンス・故障診断」である。また、自動診断機能の充実と、自動復帰機能、外部からの診断機能と復帰作業などが、自動化の方向性としてあげられる。

### 1. 3. 3 「データ処理」および「制御」に関する自動化の現状

データ処理に関しては、データ解析の改善と報告機能の充実がある。データ処理は機種によってその形式、フォーマット、報告の方法などが異なっているため、データファイル

に関する共通化を望む声が多かった。制御やシステムに関しても、基本的な部分で共通化を望む声が高い。

#### 1. 4 自動化の目的と自動化に対する意識

自動化を導入するうえで最も重要視する内容は、分析に対する迅速化・効率化であった。また、精度の向上や省力化に対しても重要視のポイントが集まった。自動化によるメリットは、コストダウンが最も多く、次いでデータの信頼性や専門家を必要としないことである。最近では技術者・専門家の確保が難しく、これらが影響していると思われる。

#### 1. 5 ヒアリング調査から見た自動化の現状と期待

水道水質分析の外部委託費用は、前処理に時間がかかり、精度管理も必要となるため高価である。前処理の自動化が進めば、時間も費用も節約できる。新規物質の分析方法を検討するうえでも、分析自動化の進展が期待されている。タンパク質結晶構造解析における各プロセスの自動化ロボットについてヒアリング調査した。高輝度X線源を使用することの効果も合わせて、従来は数時間かかっていたタンパク質結晶の回折データの取得が 20 分できるようになるなど、自動化は効率向上に大きく寄与している。

#### 1. 6 自動化の現状に関するまとめ

アンケート及びヒアリングを通して、自動化に対する現状および自動化への期待が明らかになった。分析の裾野が広がるにつれて、自動化の必要性が大きく取り上げられるようになってきている。自動化によるメリットは、コストダウンが最も多く、次いでデータの信頼性や専門家を必要としないことである。

- (1) 自動化を進める上で最も大きな要素は、前処理、サンプリング及びデータ処理のインターフェイスである。個々の分析自動化ニーズに対して個別の設計が必要となる。ユーザとメーカーのコラボレーションの確保とリスクの分担が重要である。
- (2) 自動分析のシステムアップ上での課題は、サンプリング、前処理、分析機器、データ処理の 4 モジュール間のインターフェイス、及びこれらを統合するユーザインターフェイスである。
- (3) モジュール間インターフェイスは、ロボットシステムや、流体移送技術との連携が必須となる。効率的なシステムアップには、モジュール間の制御系・データ通信系のプロトコルの公開や共通化が求められる。特に共通化を進めるためには様々な場面での規格化・標準化が求められる。
- (4) データ処理に対する基本フォーマットの共通化のニーズは、いわゆる生データの要求と、分析レポートのような最終アウトプットを求める二通りのケースがある。いずれにせよ、試料・分析条件と測定データなどの情報を、最終的にデータベース化することを

視野に入れての設計となる。

- (5) 最終的に自動分析システムからアウトプットされる分析結果の信頼性確保が最重要課題である。機器操作の単純化が求められ、分析過程のブラックボックス化は避けられない。そこで、バリデーシヨンの自動化と、それらのデータを判断する技術が重要となる。また、システム自体を自動メンテナンスする機能も必要となる。このために、拡大するネットワーク技術を利用して、システムの保守管理や故障対策に供するサービスも現実味を帯びてくる。
- (6) 前処理、サンプリング、検出部、データ処理に加え、システム全体の制御を司るモジュールの全てに何らかの共通の土台を与えて標準化し、個別システムを自在に構築できるシステム・インテグレーション（統合）プラットフォームづくりに加え、それを実現できるベンダなどの養成が必須であろう。共通化を進める上ではどの程度の自由度を含み、どこまでを標準化するかのコンセプトを得る必要がある。そのためには、ユーザも含めた横断的なコラボレーションの構築が重要な鍵となる。

## 第2章 分析の自動化に関する技術開発の実際

### 2. 1 分野ごとの分析の自動化に関する技術開発の動向

分析の自動化にかかわる技術開発の動向について、科学技術文献調査、科学系雑誌調査などから関連する資料を収集し、予備検索で、文件数の多かった環境、食品、バイオ、医薬品、半導体、工業・プロセスの6分野に分けてまとめた。実際に行われている研究開発のテーマを以下にピックアップする。

- (1) オンライン SPE-HPLC/MS/MS を用いるヒト血漿中有機フッ素系化合物の一斉分析法
- (2) オンライン固相抽出ー温度プログラム気化ーGC / MS による水試料中の内分泌攪乱化合物の定量
- (3) HPLC / MS / MS と組み合わせたインチューブ固相マイクロ抽出(SPME)による環境水中エストロゲンの全自動分析
- (4) 多重免疫学的試験及びポリメラーゼ連鎖反応を用いた確認によるエアロゾル化生物学的作用薬の自立的検出
- (5) MEMS チップを用いた国産細菌検知システム
- (6) タンパク質分析でバイオリアクタと LC-MS をオンライン結合した事例
- (7) 生体試料中薬物濃度測定法
- (8) ASE 法の利用
- (9) 近赤外分析計

- (10) フローインジェクション法
- (11) ロボットを利用した自動化
- (12) フーリエ変換赤外分光分析計による薬液の高速オンライン分析
- (13) 超高純度ガス自動分析システム
- (14) ICP質量分析装置専用インテグレートオートサンブラ
- (15) ワイン中のポリフェノール含有物の連続分別及び定量のための自動分析計
- (16) 農産物中残留農薬一斉測定のためのオンライン自動ゲルパーミエーションクロマトグラフィー-ガスクロマトグラフ質量分析計の開発
- (17) 連続フロー分析計においてガス拡散, 透析, 固相抽出及び沈殿/溶解を実行するための多目的チャンバ

## 2. 2 まとめ

環境と食品分野の前処理部と測定部の文献は、固相抽出法との組み合わせが多く見受けられる。また、固相マイクロ抽出 (SPME) を用いた文献も数多く見受けられる。フローインジェクション分析は、どの分野においても見受けられ、環境で18報、食品で23報と特に多く、様々な検出器と組み合わせて使用されている。医薬、バイオ分野でも前処理部と測定部を組み合わせた文献は、固相抽出法との組み合わせが多く見られた。バイオ分野における特徴は、フローインジェクション (FIA) やキャピラリー電気泳動 (CE) の検出系に酵素電極などの酵素センサーやELISAなどの免疫アッセイを用いた文献が多いことである。工業・プロセス分野における自動化は、製造工程に何らかのセンサーを組み込んで、そのデータをフィードバックしてプロセスを制御していくというものであった。半導体分野においても、半導体製造プロセス工程にセンサーを導入してプロセスを制御していくという文献が多かった。また、自動化において半導体検出器を利用した文献も6報あった。

## 第3章 分析自動化の実用化への課題と提言

### 3. 1 分析自動化の実用化の可能性

現在の分析機器は測定とデータの表示についてはブラックボックス化が進んでおり、試料を入れさえすれば自動的にデータが取得できる。しかし、機器分析全体のプロセス—試料のサンプリング、前処理(試料調整)、データ測定、データ処理、報告書の作成—を俯瞰すると全体の自動化には程遠いのが現状である。第1章のアンケート調査に示されているように、サンプリングと前処理の自動化を求める声が4分の3を占めている。しかし、自動化を要望する意見とともに自動化の問題点を指摘する意見も相変わらず多い。何を自動

化するかについてのコンセンサスが希薄であることに一因がある。第2章の文献調査にあるように、サンプリング・前処理を含めた機器分析の自動化は目的を絞って進んでいる。つまり、自動化は目的がはっきりしていれば、現在の技術で実用化が推進できる。

### 3-2. 技術戦略マップにみるニーズとシーズ

経済産業省が平成18年4月に発行した技術戦略マップより、分析の自動化を促進するテーマについてニーズとシーズの両面から拾い上げた。ニーズからのテーマ（第3-1表）は、分析の自動化に直接的に結びつくフレーズが必ずしもないが、潜在的には多数の自動化を必要とするテーマであるように見受けられる。

第3-1表 ニーズから分析の自動化を推進するテーマ例

分野	技術分野 大項目	中項目	小項目	重要課題
情報通信	半導体／支援 技術	歩留まり向上技術	欠陥検出・故障解析技術	局所的微細不良解析
		計測技術	測長技術・形状観察技術	高速で低価格な観察技術
	新材料の評価解析技術		インラインオフライン計測	
	半導体／テスト	テスト・故障解析	故障診断	多重解析技術
ライフサイエンス	創薬・診断	シーズ探索	分離担体・機器修飾	分光光学的モニタリング
		蛋白質相互作用解析		
		糖鎖機能解析		
		構造解析技術		
		メタボローム解析		
	診断・治療機器	生体モニタリング	遺伝子診断・生化学検査	
発症前予防の推進		バイオ検査		
環境・エネルギー	化学物質総合 管理	ナノ粒子のリスク評価・リスク管理	環境・生体中のナノ粒子計測技術	
	3R	3Rエコデザイン	検査技術	組み立て加工型製品全般
製造産業	航空機	材料・構造分野	材料軽量化技術	複合材料高性能化
				金属材料高性能化
			基盤技術	材料評価技術
	ナノテク	ナノ加工	ナノ空間技術	共通基盤技術・評価技術
	グリーンバイ	生物機能を活用した	化学品	代謝解析

	オ	物質生産		
--	---	------	--	--

自動化を促進するシーズとなるであろうテーマを第 3-2 表に示す。シーズ面でも様々な分野で技術開発が進んでおり、これらの技術を活用することが可能であると思われる。

第 3-2 表 シーズから分析の自動化を推進するテーマ例

分野	技術分野 大項目	中項目	小項目	重要課題
情報通信	半導体	ディスクリートデバイス	高周波デバイス	
	ユーザビリティ	センサー・スマートタグ		
製造産業	ロボット	次世代産業ロボット	生産システム	無人化ロボットセル
			作業者とのワークシェアリング	人との協働作業
			環境認識	3次元計測
				ビジョン装置による環境計測
		サービスロボット	マニピュレーション	
		特殊環境ロボット	遠隔操作・ヒューマンインターフェイス	
	ナノテク	ナノ計測	物性計測	組成比計測
	部材	情報家電	素子・センサー部材	
		環境・エネルギー	環境負荷低減部材	センサー
		共通基盤技術	材料製造技術) 液相プロセス	分離。分割用技術
計測・検査・評価				化学的特性計測 組織・構造解析
MEMS	バイオ MEMS			
超電導	マグネット応用	NMR。質量分析器		
	高周波デバイス応用	MRI/NMR,MS, テラヘルツ波		
	SQUID 応用	高感度検出器		

### 3-3.課題と提言

#### 1. 機器分析プロセス全体の自動化を推進するために、テーマの明確化を図る。

自動化の課題は、分析装置の稼動を自動にするだけでなく、サンプリングからデータ解析までを含めた自動化である。機器分析の全プロセスの自動化を促進するためには、分析機器メーカーのもつ技術だけでは不十分である。まず、ユーザーと共に機器分析自動化のフューチャビリティスタディーを行い、お互いの認識を共通にすることから始めることが望まれる。

#### 2. 分析機器の自動化を測定、データ処理から、校正や装置の故障診断等まで進める。

初期の分析機器の操作を経験した技術者が定年を迎え、機器分析の実務者、保守技術者の不足が現実のものとなりつつある。このため測定データの信頼性を確保するためにも自動化を促進することが必要である。

#### 3. データ表現、ユーザインターフェイスの標準化を推進する

分析の目的がサンプルに含まれる特定の物質の分析から、サンプルそのもののプロファイルを求めることになってきた。このため複数の分析機器のデータを収集して解析を行うことが多くなる。装置の操作はコンピュータの画面を通して行われるが、分析手法ごとに操作方法が異なる。ユーザにとって、複数の操作に習熟することを要求され負担が大きい。このためユーザインターフェイスの標準化を進めることが必要である。また、複数の装置から必要なデータを収集することも増大しているが、装置から出力されるデータ形式（表現）も標準化することが大切である。

#### 4. 公定法が技術進歩の妨げとならないように、見直しが容易に出来る仕組みを確立する。

ほとんどの公定法は、精密な分析をする規格に基づくようになっている。分析の自動化において分析の手順を変えることが多く、公定法に適合する分析法として認められないケースが多い。このことは自動化の阻害要因となるので、規格の見直しが公正に実施できることが必要である。また、精密分析にかかる労力とコストを考慮して、簡易な分析方法でスクリーニング検査を行い、疑わしいものだけ精密測定するが必要になってきている。



この事業は、競輪の補助を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp/>

