

環境計測・分析技術に関する技術動向調査

平成 13 年 9 月 28 日
技 術 調 査 課

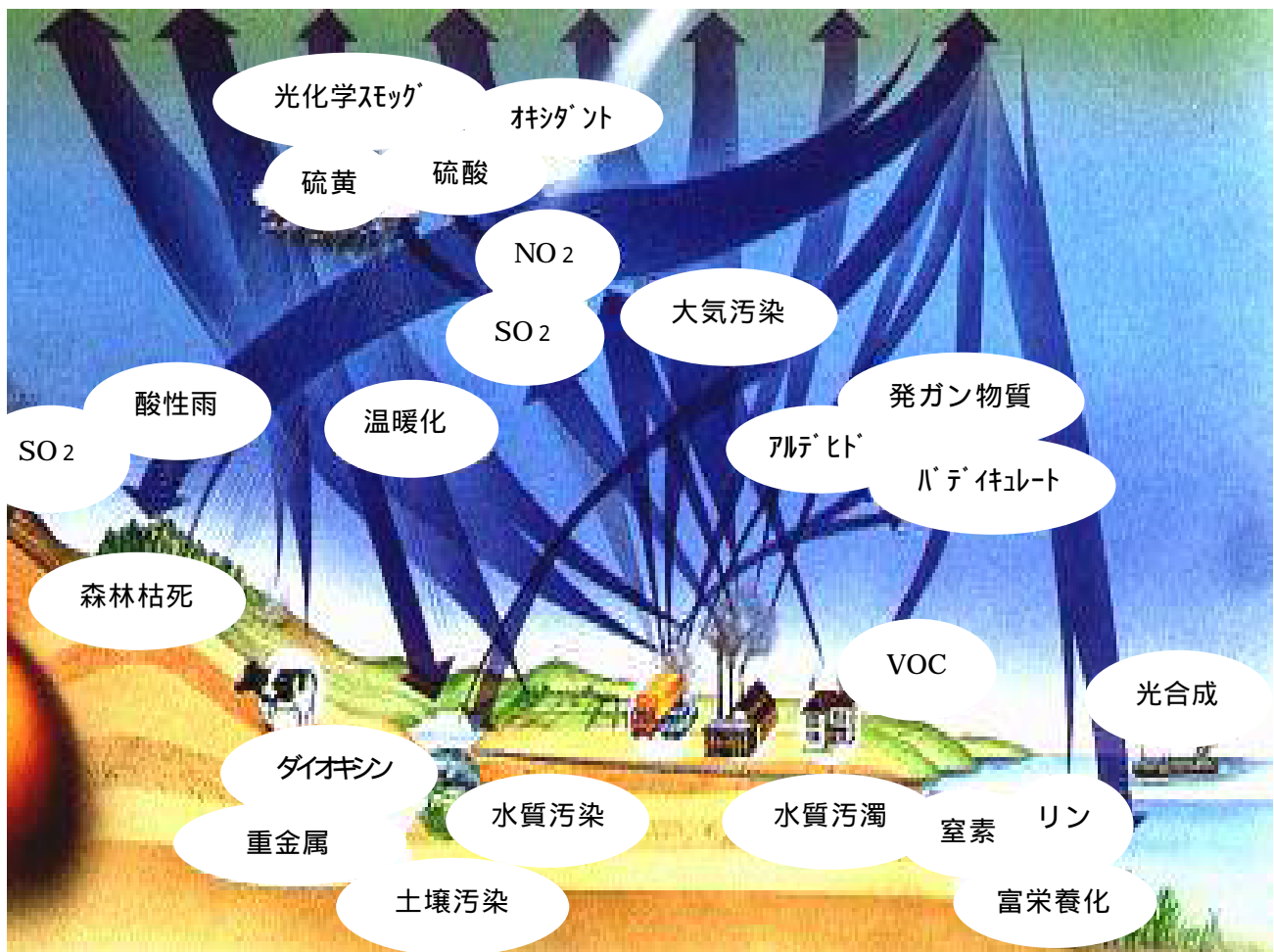
1 . 背景

1-1 地球環境問題

人間の生産活動の飛躍的な増大により地球環境の変化が顕在化した結果、地球環境容量や自浄能力は有限であるという事実がようやく理解されはじめてきた。現在、地球温暖化 オゾン層の破壊 酸性雨 熱帯林の減少 砂漠化 開発途上国の公害問題 野生生物種の減少 海洋汚染 有害廃棄物の越境移動が主たる地球環境問題として取り上げられている。これらの問題に適切に対応するためには環境保全の観点からモニタリング、測定を正確に行う環境計測・分析技術が重要となっている。

第 1 図は種々の汚染物質が周囲環境に排出され、その結果地球環境問題が引き起こされる因果関係を模式的に示したものである。

第 1 図 汚染物質の排出と地球環境問題



出典：(社)日本分析機器工業会

1-2 環境問題の変遷

1970年代初頭は公害問題、1970年代の後半から80年代初めにかけては非常に微量な有害物質に長期間晒されることによる影響も問題となった。1990年代に入って行政的な措置が採られ、1993年には水質汚濁防止法の改正、1996年には大気汚染防止法の大幅な改正が行われた。環境問題の変遷と主要環境計測・分析法の最初に報告された年を第2表に示す。

第2表 環境問題の変遷と主要環境計測・分析法の開発史

年	環境問題	主要環境計測・分析法
1940		ガスクロマトグラフィー
1950		原子吸光法 ガスクロマトグラフ-質量分析法 (GC-MS)
1960	沈黙の春 (R.カーソン) : 農薬問題	誘導結合プラズマ (ICP) 発光分析法 (ICP-AES)
1970	公害問題 発癌性物質に長期間晒されることによる問題	ICP-質量分析法 (ICP-MS)
1980		
1990	ダイオキシン類、環境ホルモン 水質汚濁防止法の改正 大気汚染防止法の改正	
2000		

固体レベルでの影響
種の保存への影響

1990年代までに起こっていたことがガン等の個体レベルでの影響であったのに対し、現在問題となっているダイオキシン、環境ホルモンは種の生存に関する影響という非常に長期的な問題となってきている。過去20年余りの間に有害化学物質対策にはあまり手が打たれなかったため、ずっと蓄積されてきたものが今後少しずつ現れてくることも考えられる。これから実態を含めた調査と測定を使ったモニタリングの技法等の整備が必要であり、新化学物質への対応も含め分析技術の一層の進展と展開が期待される。

2 . 現状分析

2-1 環境規制動向

下表に示したように、日米欧とも技術が規制をリードする、すなわち現時点での技術で達成可能な範囲の基準とする形になっている。これは、現時点での技術では達成できないような厳しい規制とならないよう、自国の産業の発展とのバランスをとったものである。第3表に日米欧の環境基準設定に対する考え方を示す。

第3表 日米欧の環境基準の考え方

環境基準の考え方																													
米国	<p>大気清浄化改正法（The 1990 Clean Air Act Amendments）に記述されている最大限達成可能な制御技術（Maximum Achievable Control Technology：MACT）</p> <p>これは、現時点で技術的に達成可能な範囲の基準とすることである。1963年の大気清浄化法（The Clean Air Act）の規制が余りに厳しく、技術的に対応できない生産設備の操業停止により部分的に米国産業が衰退したことを考慮している。</p>																												
欧州	<p>原則として既存技術に関わり無く科学的に証明された人体あるいは環境への影響</p> <p>ただし EC が定める環境基準は各国の規制より優先されるため、厳しい基準を詳細に定めることはしない。実質的には EC は枠組みのみを定め、加盟各国は各国の方針すなわち各国の産業を衰退させない範囲での基準が定められる。EC が定める環境基準は意図的に不十分なものとなっている。</p>																												
日本	<p>技術的に達成可能な範囲</p> <p>以下に日本の主な環境関係法令を示す。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>年月日</th> <th>関係法令</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991.8.23</td> <td>土壌汚染に係る環境基準について</td> </tr> <tr> <td>1996.10.25</td> <td>大気汚染に係る環境基準について改正</td> </tr> <tr> <td>1997.2.6</td> <td>指定物質抑制基準</td> </tr> <tr> <td>1997.2.12</td> <td>有害大気汚染物質モニタリング指針について</td> </tr> <tr> <td>1997.3.13</td> <td>地下水の水質汚濁に係る環境基準について</td> </tr> <tr> <td>1998.4.24</td> <td>土壌汚染に係る環境基準について改正</td> </tr> <tr> <td>1999.2.22</td> <td>地下水の水質汚濁に係る環境基準について改正</td> </tr> <tr> <td>1999.3.31</td> <td>有害大気汚染物質モニタリング指針について改正</td> </tr> <tr> <td>1999.7.16</td> <td>環境基本法改正</td> </tr> <tr> <td>1999.7.16</td> <td>大気汚染防止法改正</td> </tr> <tr> <td>1999.7.16</td> <td>水質汚濁防止法改正</td> </tr> <tr> <td>1999.7.16</td> <td>ダイオキシン類対策特別措置法</td> </tr> <tr> <td>2000.3.29</td> <td>水質汚濁に係る環境基準について</td> </tr> </tbody> </table>	年月日	関係法令	1991.8.23	土壌汚染に係る環境基準について	1996.10.25	大気汚染に係る環境基準について改正	1997.2.6	指定物質抑制基準	1997.2.12	有害大気汚染物質モニタリング指針について	1997.3.13	地下水の水質汚濁に係る環境基準について	1998.4.24	土壌汚染に係る環境基準について改正	1999.2.22	地下水の水質汚濁に係る環境基準について改正	1999.3.31	有害大気汚染物質モニタリング指針について改正	1999.7.16	環境基本法改正	1999.7.16	大気汚染防止法改正	1999.7.16	水質汚濁防止法改正	1999.7.16	ダイオキシン類対策特別措置法	2000.3.29	水質汚濁に係る環境基準について
年月日	関係法令																												
1991.8.23	土壌汚染に係る環境基準について																												
1996.10.25	大気汚染に係る環境基準について改正																												
1997.2.6	指定物質抑制基準																												
1997.2.12	有害大気汚染物質モニタリング指針について																												
1997.3.13	地下水の水質汚濁に係る環境基準について																												
1998.4.24	土壌汚染に係る環境基準について改正																												
1999.2.22	地下水の水質汚濁に係る環境基準について改正																												
1999.3.31	有害大気汚染物質モニタリング指針について改正																												
1999.7.16	環境基本法改正																												
1999.7.16	大気汚染防止法改正																												
1999.7.16	水質汚濁防止法改正																												
1999.7.16	ダイオキシン類対策特別措置法																												
2000.3.29	水質汚濁に係る環境基準について																												

2-2 日米欧市場動向

日米欧ラボ用分析機器（現場からサンプリングした汚染物質を輸送して分析室で分析するための機器）と環境（公害）用分析機器（汚染現場に備えられた機器）の市場規模は、米国約 3300 億円、欧州約 3200 億円、日本約 1800 億円で、米国と欧州はほぼ同じ市場規模、日本はその約半分である。第 4 表に日米欧市場規模と貿易収支のまとめを示す。

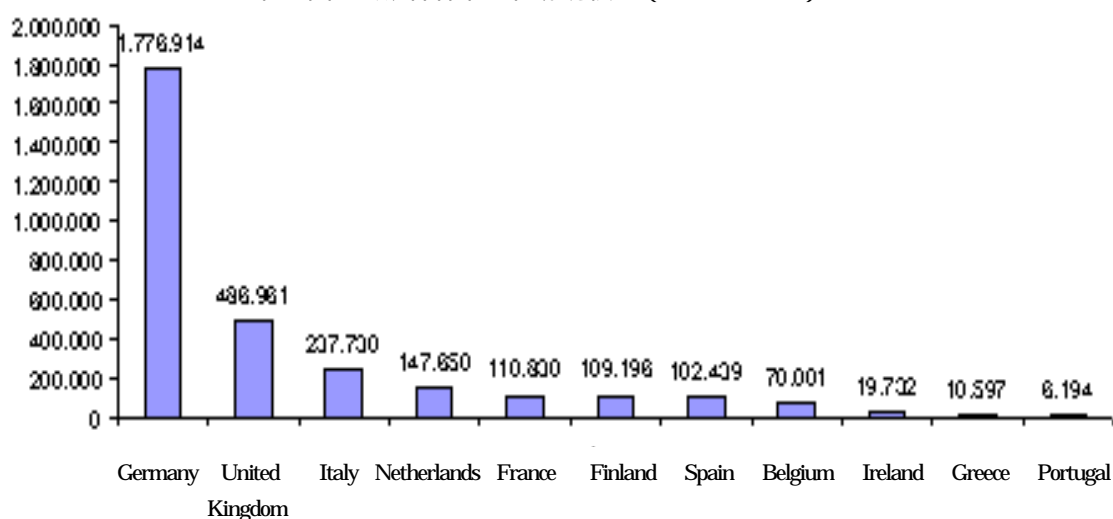
第 4 表 日米欧市場規模

	国内市場	国内生産高	輸入高	輸出高
米国 (US\$ 1000s) (億円)	2,732,720 3,334	3,091,297 3771	317,069 387	675,646 824
欧州 (US\$ 1000s) (億円)	2,587,235 3,156	3,318,968 4,049	2,058,257 2,511	2,789,990 3,404
日本 (億円)	1,829	1,836	519	526

第 5 図に示したように欧州ではドイツがその市場の約 2/3 を占める。国民総生産あるいは人口当たりの市場規模ではドイツが世界一である。ドイツ市場の大きい理由は 2 つあり、1 つは、東西ドイツの統一（1990 年 10 月）後、西側の厳しい環境基準が東側に適用され、多くの地区の汚染が指摘されたこと、もう 1 つは、罰則規定付きの自主的な協定を結んだことである。これらの結果、基準・自主協定を守りつつ産業を維持するために測定が必須となり、大きな市場となっている。

英国とイタリアが EU 市場の約 20% と 8% で、残りの国（オランダ、フランス、フィンランド、スペイン等）のシェアはほんのわずかである。

第 5 図 欧州各国の市場規模 (US\$1000s)



ユーロスタット (European Statistical Office : Eurostat)

2-3 技術俯瞰図

主な有害汚染物質とその測定法

主な有害汚染物質とその測定法を第6表に示す。ICP 発光分析法、ICP 質量分析法、GC-MS 法、原子吸光法が大部分の有害汚染物質の分析に使われる現在主流の分析法であることが分かる。

第6表 主な有害汚染物質とその測定法

	対象物質名	測定分析法
大気汚染物質	浮遊粒子状物質	ろ過捕集による重量濃度測定法
	二酸化窒素	ベータ線吸収法、光散乱法、圧電天秤法
	ベンゼン	ザルツマン試薬を用いる吸光光度法
	トリクロロエチレン	オゾンを用いる化学発光法
	テトラクロロエチレン	キャニスター採取 GC-MS 法
	ダイオキシン類	捕集管採取 溶中抽出 GC-MS 法
	アクリロニトリル	捕集管採取 加熱脱着 GC-MS 法
	クロロホルム	捕集管採取 溶媒抽出 GC-ECD法
	ジクロロエタン	捕集管採取 加熱脱着 GC-MS 法
	ホルムアルデヒド	キャニスター採取 GC-FID法
アセトアルデヒド	GC-MS 法	
砒素	容器採取 GC-MS 法	
水・土壌汚染物質	カドミウム、鉛	固体吸着 溶媒抽出 GC-MS 法
	全シアン	固体吸着 加熱脱着 GC-MS 法
	六価クロム	固相捕集 HPLC 法、固相捕集 GC 法
	砒素	固相捕集 GC-MS 法 、溶液吸着 HPLC 法
	アルキル水銀	水素化物発生 原子吸光法
	シマジン	水素化物発生 ICP 発光分析法
	ダイオキシン類	ICP 質量分析法
	カドミウム、鉛	フレイム 原子吸光法 、電気加熱 原子吸光法
	全シアン	ICP 発光分析法 、 ICP 質量分析法
	六価クロム	ピリジン-ピラゾロン吸光光度法
砒素	ピリジナルボン酸ピラゾロン吸光法	
アルキル水銀	イオン電極法	
シマジン	ジフェニルカルバジド吸光光度法	
ダイオキシン類	フレイム 原子吸光法 、電気加熱 原子吸光法	
環境ホルモン	ポリ塩化ビフェニール	ICP 発光分析法 、 ICP 質量分析法
	ビスフェノール A	吸光光度法、水素化物発生 原子吸光法
	2,4-ジクロロフェノール	水素化物発生 ICP 発光分析法 、 原子吸光法
	ペンタクロロフェノール	GC 法及び薄層クロマトグラフィー 原子吸光法
	トリブチルスズ化合物	GC 法及び薄層クロマトグラフィー 原子吸光法
	トリフェニルスズ化合物	溶媒又は固層抽出 GC 法
ポリ塩化ビフェニール	溶媒又は固層抽出 GC 法	
ビスフェノール A	GC-MS 法	
2,4-ジクロロフェノール	トリメチルシリル誘導体化 GC-MS 法	
ペンタクロロフェノール	トリメチルシリル誘導体化 GC-MS 法	
トリブチルスズ化合物	o-フタルアルデヒド誘導体化 HPLC 法	
トリフェニルスズ化合物	プロピル誘導体化 GC 法	
	プロピル誘導体化 GC-MS 法	

主要測定・分析法

原子吸光法：炎(フレイム)や黒鉛炉に高電流を流すことで生じる高温下で、試料中の目的元素を原子化し、その原子中で元素固有の共鳴線が吸収される現象を利用して目的元素の濃度を測定する方法である。

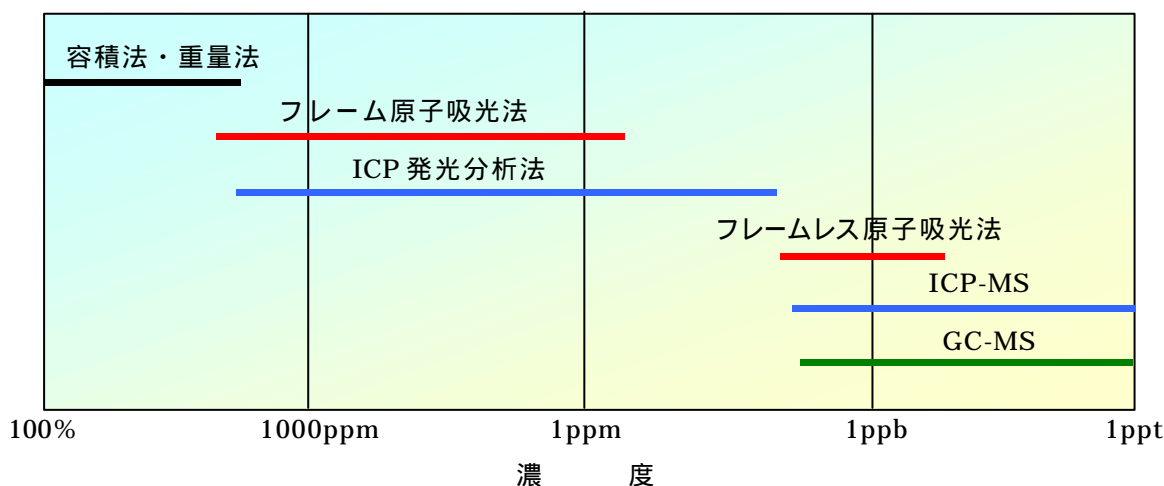
ICP (結合誘導型プラズマ) 発光分析：プラズマ光源で試料原子を発光させ、この発光を分光して得られる原子スペクトルの波長・強度から元素の種類・量を分析するものである。

ICP 質量分析法 (ICP-MS)：イオン源に ICP 発光分析法と同じ原理のプラズマ発生機構を用いて、プラズマ中に生成したイオンを質量分析計で検出する方法である。感度は非常に高く、原子吸光法やプラズマ発光分光法と比べて検出下限を 2 ~ 3 桁低くできる。多元素迅速分析が可能であり、定性分析が容易でまた同位体分析ができるなど優れた特徴を持っているので、超微量分析の分野で威力を発揮する。

ガスクロマトグラフィー質量分析 (GC-MS 法)：有機化合物 (特に低分子量成分) の定性・定量を目的とした分析で、ガスクロマトグラフィー(GC)と質量分析(MS)を結合した複合分析法である。GC で分離した単一成分について MS スペクトルを測定することにより成分の定性を行い、MS により検出されたイオンの強度により定量を行う。ダイオキシンの分析にはこのガスクロマトグラフィー質量分析計が用いられる。

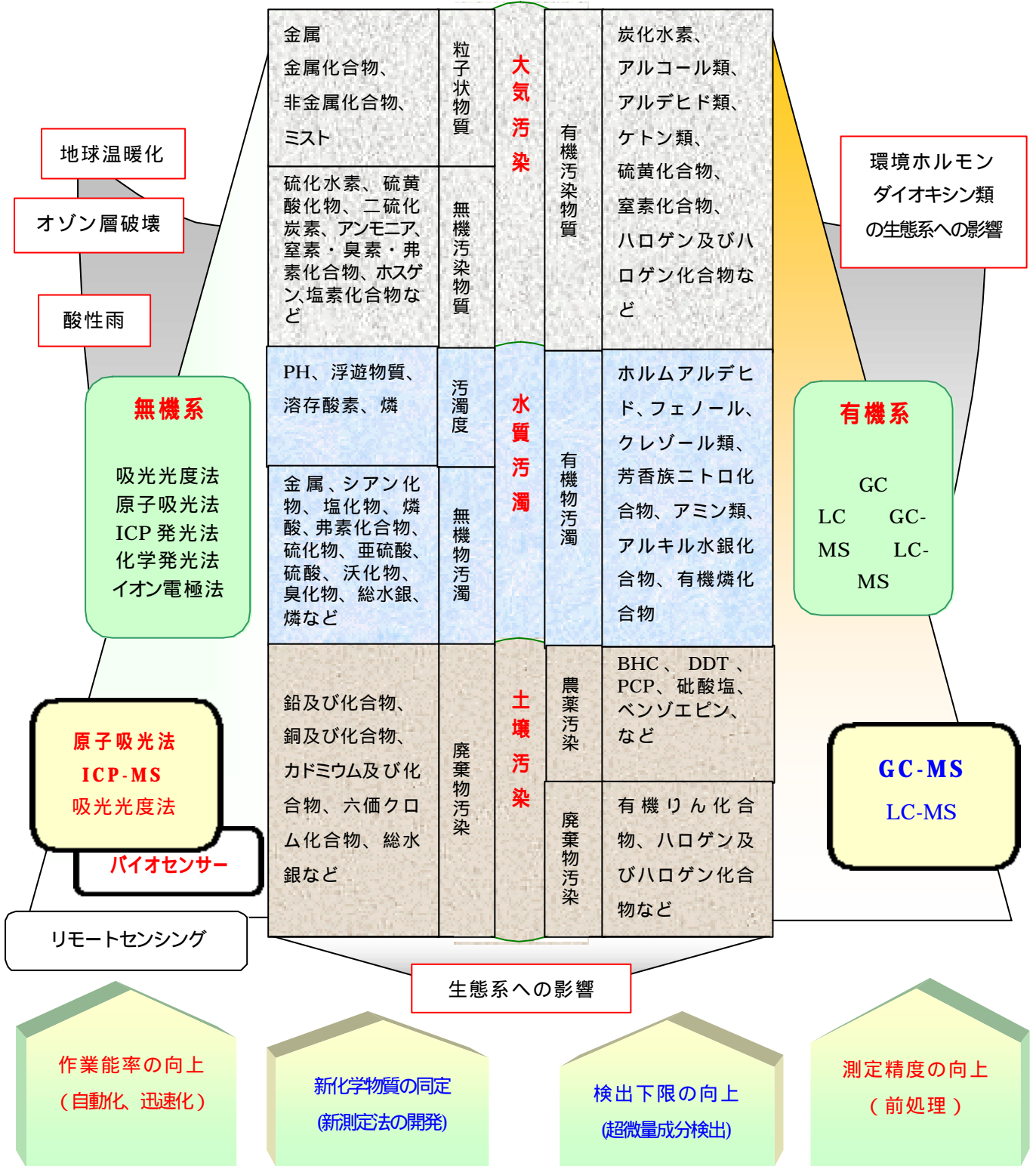
主要測定・分析法の濃度測定範囲は第 7 図の通りで、微量成分の分析には ICP-MS と GC-MS が使われる。

第 7 図 主要測定・分析法の濃度測定範囲



環境計測・分析技術俯瞰図

第8図 環境計測・分析技術俯瞰図



2-4 技術競争力比較

ダイオキシン類の分析に代表されるような超微量成分濃度の分析や環境計測・分析機器に対する産業界の期待を踏まえ、調査した論文の情報を基に分析限界、分析精度、分析対象範囲、迅速化、小型化の観点から日米欧の競争力を比較した。

全般的には、日本は分析精度向上に関する研究が注目され、米欧は複数の分析法の結合による分析限界・分析対象の拡大に関する研究が注目されるが、第9表に示した各対象技術の競争軸ごとの優位国を見ると米国5、日本3、欧州2となり、総合的には米国がやや優位と判断される。

なお調査期間は1980年以降、論文調査範囲は以下の通りである。

国内：環境化学、資源と環境、人間と環境、分析化学、環境と測定技術、水環境学会誌

海外：International Union of Pure and Applied Chemistry、The Pittsburgh Conference、The Science of Total Environment、Journal of Analytical Atomic Spectrometry、Atomic Spectroscopy、Applied Spectroscopy

第9表 各競争軸の技術優位国と優位点

対象技術	競争軸	優位国	優位点
ICP	分析限界	米国	誘導結合プラズマ/マイクロ波誘導プラズマ二重励起源により濃度0.53 ppb～40 ppbの検出限界を達成
	分析対象範囲	欧州	分析波長の拡大によりこれまでICP発光分析で測定ができなかった塩素、臭素等の分析技術を確立
ICP-MS	分析精度	日本	新スプレーチャンバーによる干渉除去やレーザー照射エネルギーバターンの変更による信号安定化等による分析精度向上
	分析対象範囲	米国	キャピラリー電気泳動とダブルフォーカシングセクターフィールドICP-MSあるいはICP-飛行時間型質量分析との結合、粒度分布解析とICP-MSとの結合等による測定対象範囲の拡大
GC-MS	分析精度	日本	長期モニタリングで検出限界として0.01-0.05 ppb
	小型化	米国	可搬型野外用GC/MS(重さ約25 Kg、大きさは約0.23 m ²)を開発
	迅速化	米国	極性のある化学物質を安定な誘導体にして標準試料を用いずに分析
原子吸光	分析精度	日本	マグネシウム/タングステン(Mg/W)の試料セルを溶液試料中の電解濃縮に応用しビスマス(BI)を濃縮するとともにマトリックスを除去し分析精度を向上
	分析限界	米国	エシェル分光器とセグメントドアレイ CCD(電荷結合素子: Charge Coupled Device)検出器を用いることにより黒鉛炉原子吸光法の検出限界を大幅に改善
		欧州	原子化と気化の過程を別々にすることにより、検量線範囲を3から6倍に拡大

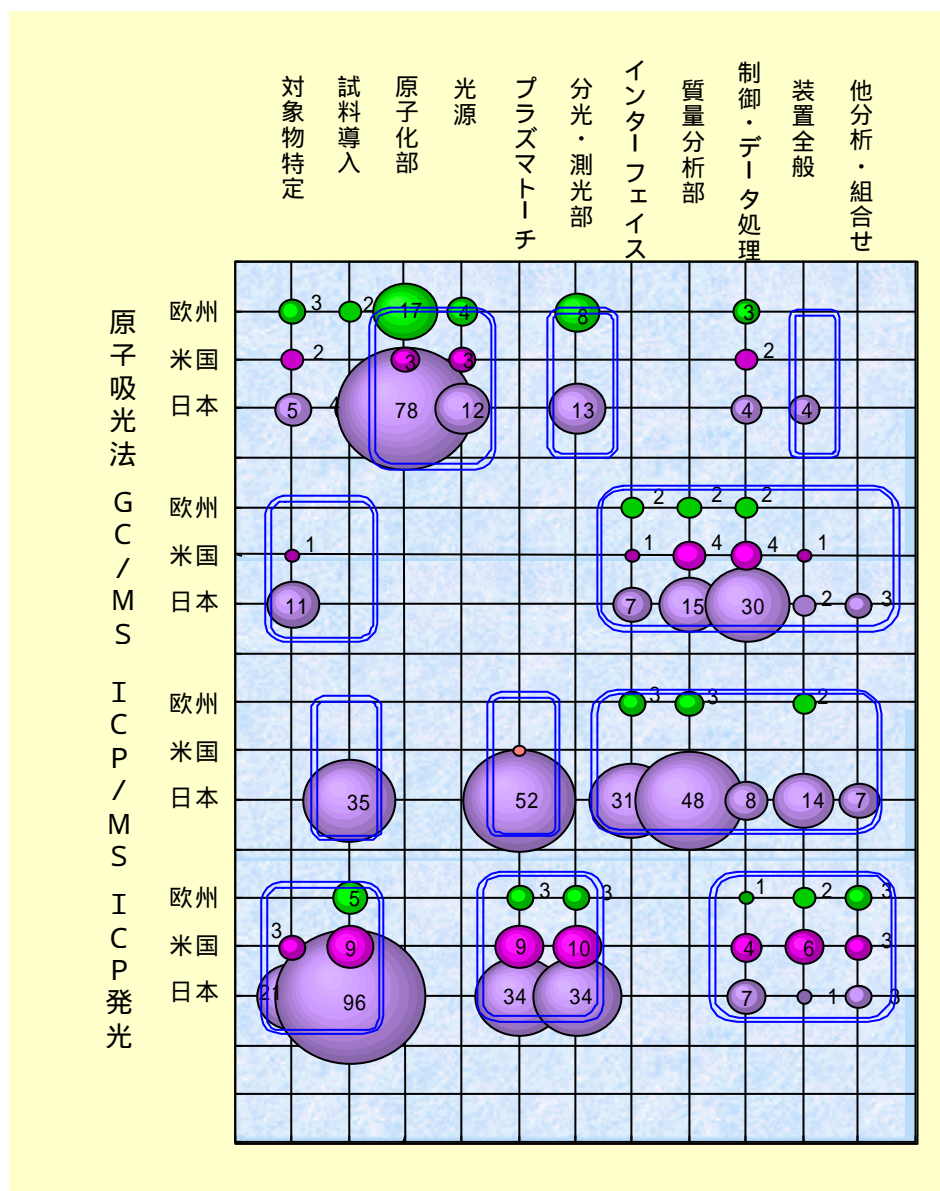
2-5 特許競争力

構成技術別特許出願件数比較

下図に代表的な 4 分析法の構成技術別に日米欧出願人による全世界における 1989 年～1998 年の 10 年間の特許出願件数をまとめて示す。

4 分析法ともに日本出願人の出願件数が米欧出願人のそれを凌駕しており、件数だけでは圧倒的に日本が優位にあるといえる。日本と欧米では出願傾向から見ると注力分野に差がある。すなわち、日本では試料導入やプラズマトーチに関する出願がかなりの比率を占めているのに対し、欧米では装置全般に関する出願比率が高い傾向が見て取れる。

第 10 図 主要分析法の構成技術別日米欧出願件数比較



脚注： 部は日米欧競争力評価の主要構成分野を示す。DIALOG/WPI 使用

特許競争力比較

全般的に、日本は分析精度や迅速化に力点を置いた特許が注目されている一方で、米欧は、分解能（分析限界）や分析対象範囲さらには小型化を目指した特許が注目されている。特許技術内容からは、ICP 発光では日欧が米国より優位に立っている一方で、ICP-MS や GC-MS では米国の先進性が目立っている。

第 11 表 特許内容分析から見た主要分析技術ごとの日米欧技術力比較

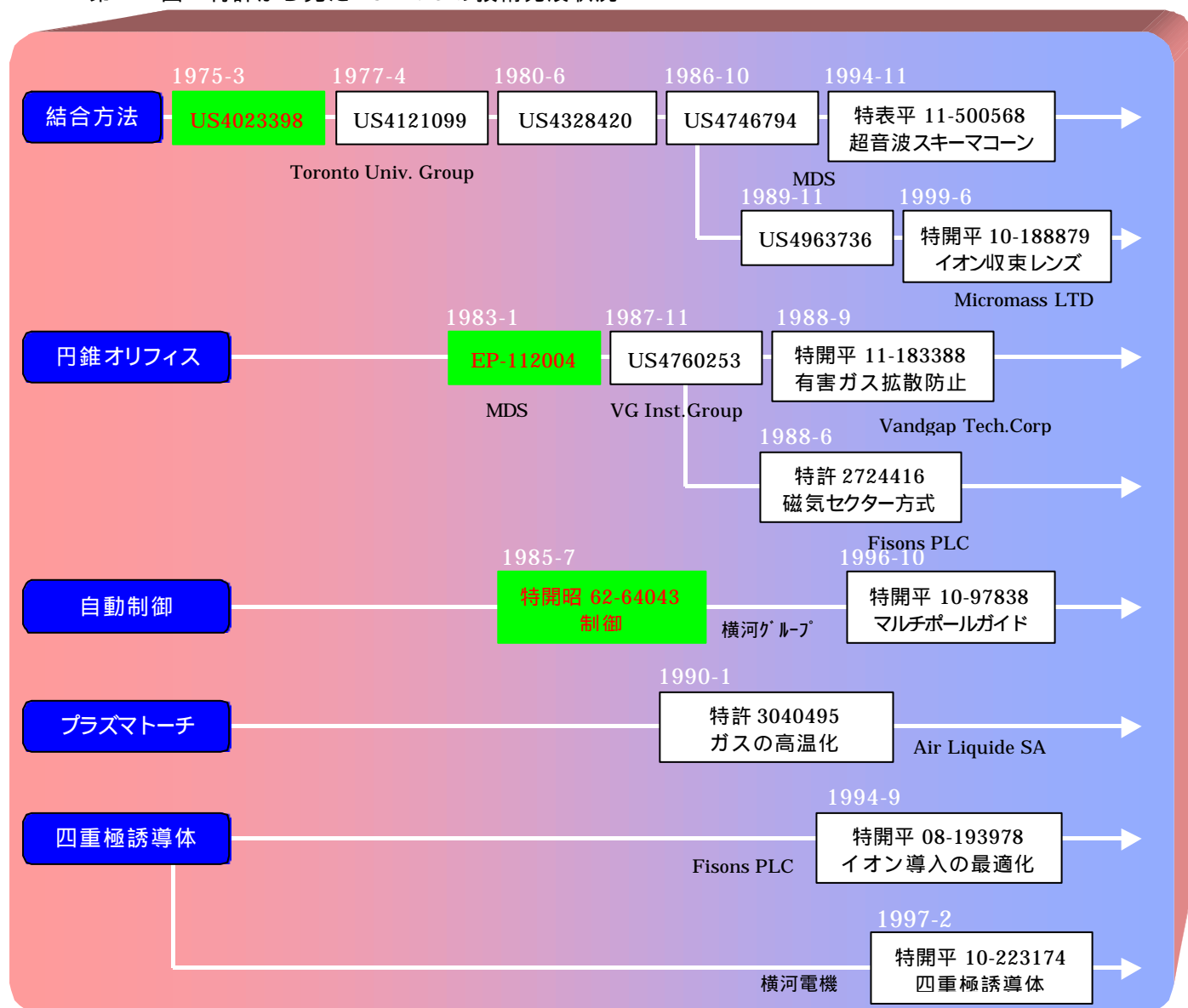
対象技術	競争軸	優位国	技術優位性評価内容	出願人
ICP 発光	分析対象範囲	日本	水素化物発生装置	セイコ電子工業
		欧州	分析用気体を直接プラズマ内に導入	AIR LIQUIDE
	分析精度	日本	超音波ワライザによる導入制御	島津製作所
		米国	垂直回転式スプレッドチャンバー	INDIANA UNIV.
	迅速化	欧州	液体・固体試料の加熱気化導入装置	ARL APPLIED RE. LAB 等 2 件
米国		固体試料の直接分析	USA	
ICP-MS	迅速化	米国	加熱溶液試料中にキャリアガスを吹き込み ICP に導入し残分は吸収液に吸収除去	BANDCAP TECH. CORP
	分析精度	欧州	プラズマガスにメキャップガスを混合させたりスクリーン部構造を最適化することにより高温化の際のコーン汚れ防止	AIR LIQUIDE および FISIONS の 3 件
		欧州	イオンソースやイオンビームガイド構造ガス導入方式を最適化	MICROMASS LTD
		日本	4 重極型 MS	横河電機グループ 2 件
GC-MS	迅速化	日本	ノイズレベル検出感度を予め測定して対象成分の最適レベル検出感度を短時間に設定および高温環境下で安定使用可能な試料容器導入回収具	島津製作所およびフロンティア
		欧州	GC での分離燃焼チャンバーでの酸化後に希釈手段設置、スペクトルパターン認識	FINNEGAN MAT GmbH 等 2 件
		米国	時間圧縮型 GC、同位体存在比監視	LECO CORP 等 2 件
	分析限界	米国	イオントラップ型 GC 用ガス流量制御システム、極微量気体検出用 GC-MS 装置	VARIAN ASSO の 2 件
		日本	赤外線・低エネルギー電子線併用	島津製作所
	小型化	米国	物質感知分析をオンサイトで可能とする可搬型 GC-MS 分析装置	VIKING INST.
原子吸光	分析対象範囲	欧州	還元気化時に分光吸収補正方法および半導体を利用した光学検出システム等	BODENWERK PERKIN-ELMER の 3 件
	分析精度	日本	黒鉛炉発光制御法	日立製作所

特許から見た技術発展状況

一例として ICP-MS 法の特許から見た技術発展状況を第 1 2 図に示す。

ICP-MS 法の特許は、基本的に ICP と MS の結合方法・多段真空系の円錐オリフィスの改良・光量の自動制御・プラズマトーチ部の改良・MS 部の四重極誘導体に分類される。ICP と MS の結合に関する特許は、古くは 1975 年 3 月出願の US4023398 に遡る。本特許は、ICP と MS を結合するインターフェイス部の多段真空排気方法および装置に関するものであり、カナダ・トロント大学の分析研究の成果が長文で詳細に説明されている。真空排気用プローブ円錐オリフィスに関する特許は、1983 年 1 月出願の EP-112004、マススペクトル光量の自動制御に関する特許は、1985 年 7 月出願の特開昭 62-64043 に遡る。結合方法と円錐オリフィスは ICP-MS のポイントであるが、この両者では欧米の特許が先行しその後日本が改良特許を出願する構図となっている。

第 1 2 図 特許から見た ICP-MS の技術発展状況

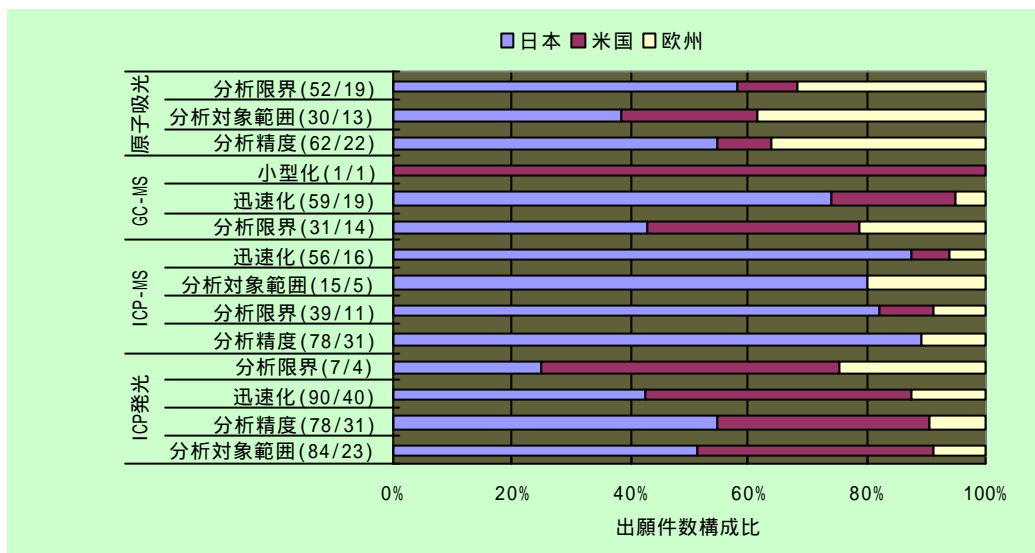


特許競争力比較

-1 件数補正による出願件数比較

2000年版特許庁年次報告書によれば1997年実績で日米欧出願件数比はほぼ3.8:1.0:1.6である。この比率が産業全分野の競争力均等レベルを表わす平均的出願件数比であると仮定して環境計測・分析関連特許出願件数を補正すると第13図が得られる。

第13図 代表的4分析法の競争軸別の日米欧出願人による特許出願件数の比較

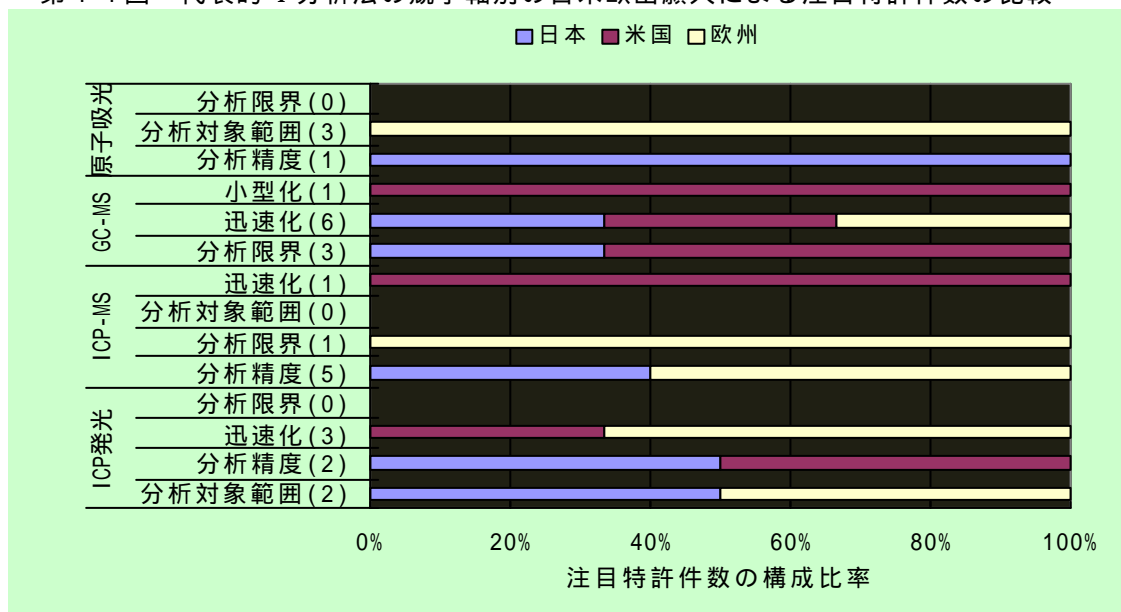


图中括弧内数値：(延出願実件数 / 補正後件数)

-2 注目特許出願件数比較

特許内容分析により抽出された注目特許の件数比較をすると第14図が得られる。原子吸光では米国、GC-MSでは欧州、ICP-MSでは米国からの注目特許がほとんど見られない。

第14図 代表的4分析法の競争軸別の日米欧出願人による注目特許件数の比較

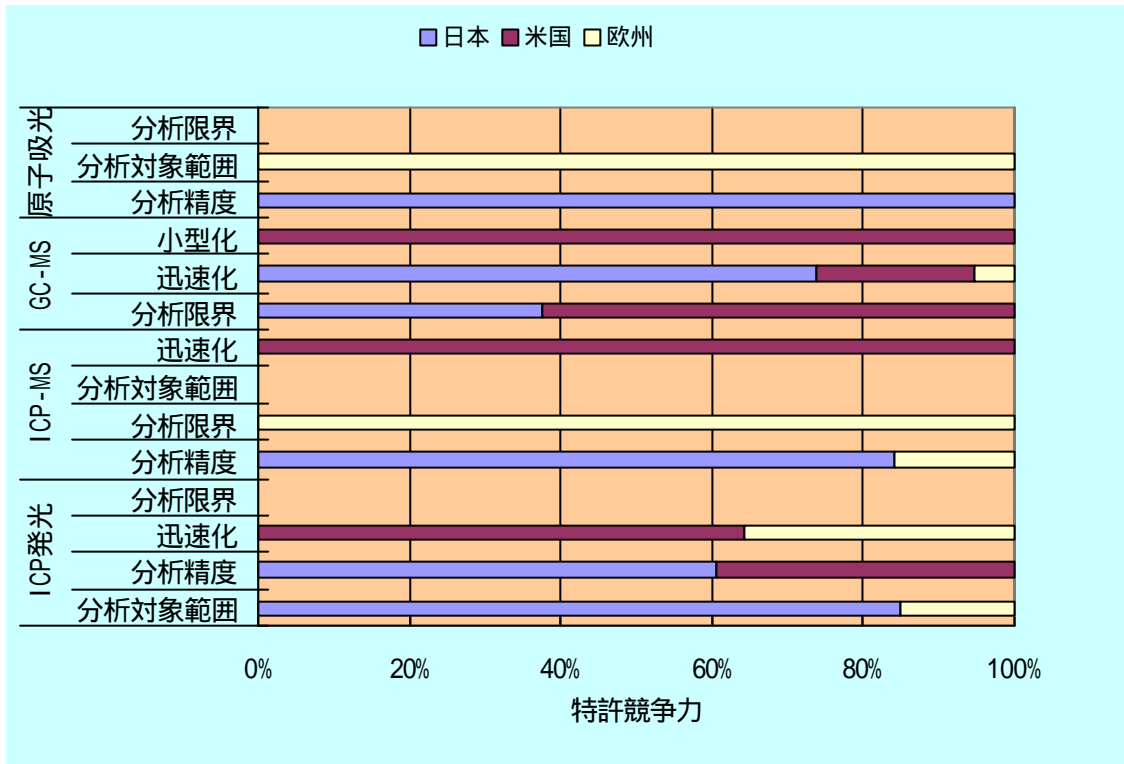


图中括弧内数値：注目特許件数

-3 特許競争力比較

件数補正による出願件数比較と注目特許出願件数比較それぞれで得られた日米欧比率を掛け合わせ、日米欧特許競争力比較を行った。この方式により、特許件数と特許の技術的特長を総合的に評価することができる。

第15図 特許から見た日米欧競争力比較



特許出願から見た日米欧競争力を纏めると以下ようになる。

(1) ICP 発光法 :

分析精度、分析対象範囲を競争軸として評価すると日本が優位であり、迅速化を競争軸として評価すると、米国、欧州が優位である。

(2) ICP-MS 法 :

分析精度を競争軸として評価すると、日本が優位であり、分析限界を競争軸として評価すると、欧州が優位であり、迅速化を競争軸として評価すると、米国が優位である。

(3) 原子吸光法 :

分析精度を競争軸として評価すると、日本が優位であり、分析対象範囲を競争軸として評価すると、欧州が優位である。

(4) GC-MS 法 :

迅速化を競争軸として評価すると、日本が優位であり、分析限界を競争軸として評価すると、米国が優位であり、小型化を競争軸として評価すると、米国が優位である。

3 . 日本が取り組むべき課題

3-1 産業競争力

技術競争力、特許競争力とこれらを取り巻く市場等情勢が総合的に産業競争力を支配する。技術競争力では、日本は分析精度向上に関する研究が注目され米欧は複数の分析法の結合による分析限界・分析対象の拡大に関する研究が注目されるが、総合的には米国がやや優位と判断される。一方特許競争力では、日本は分析精度向上に関して強みがあり、米欧は分析対象範囲の拡大・迅速化・小型化に関して日本と同等かやや優位にあるが、総合的には日本は米欧に対しやや優位にあると判断される。

これら技術競争力と特許競争力を纏めると第16表が得られる。優位となっている競争軸は米国9、日本7、欧州5で、総合的には米国が優位にあり、次いで日本、欧州の順となっていることが分かる。

第16表 各競争軸と技術競争力・特許競争力における優位国

対象技術	競争軸	優位国	
		技術競争力	特許競争力
ICP	分析対象範囲	欧州	
	分析精度		日本
	分析限界	米国	
	迅速化		米国、欧州
ICP-MS	分析精度	日本	日本
	分析対象範囲	米国	
	分析限界		欧州
	迅速化		米国
GC-MS	分析精度	日本	
	迅速化	米国	日本
	小型化	米国	米国
	分析限界		米国
原子吸光	分析精度	日本	日本
	分析対象範囲		欧州
	分析限界	米国、欧州	

3-2 日本が取り組むべき課題

今後日本が検討すべき研究テーマ

環境計測・分析技術は現時点では米国がやや優位と考えられるものの、この技術は1960年代以前に基礎技術が報告されている、すなわち成熟した技術であり、日米欧の技術力に本質的な差はないと考えられる。今後日本は日本の得意とする分野、例えば基本技術の展開・用途に合わせた機器の改良・システムの総合化等に注力し、欧米に対する優位性を確立すべきである。

この観点から第16表に示した主要分析技術の競争軸ごとの優位国を基に、第17表に今後日本が検討すべき研究テーマを整理した。

第17表 今後日本が検討すべき研究テーマ

対象技術	競争軸	優位国	日本が検討すべきテーマ
ICP	分析対象範囲	欧州	分析波長範囲の拡大による測定範囲の拡大
	分析精度	日本	
	分析限界	米国	
	迅速化	米国、欧州	
ICP-MS	分析精度	日本	他の測定法との結合による測定対象範囲の拡大
	分析対象範囲	米国	
	分析限界	欧州	
	迅速化	米国	
GC-MS	分析精度	日本	小型・可搬型 GC-MS 超微量成分の迅速分析
	迅速化	日本、米国	
	小型化	米国	
	分析限界	米国	
原子吸光	分析精度	日本	システム構成の最適化による分析限界の拡大
	分析対象範囲	欧州	
	分析限界	米国、欧州	

日本が注力すべき技術開発の方向

産業界の環境計測・分析機器への期待は、基本的に計測・分析機器の精度・分析限界の向上と言う分析技術本来の目的の他に、多成分同時測定・連続化・自動化・一つの分析系での分析対象範囲の拡大・簡易測定といった現実面での課題も大きい。日本ではこれら現実面での検討が遅れており、今後この方向での技術開発が望まれる。具体的な取り組むべき課題を第18表に示す。

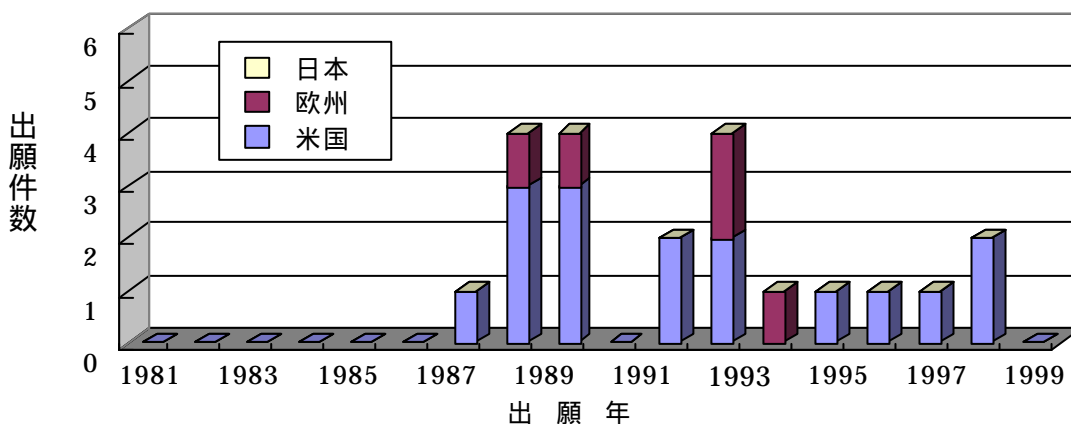
第18表 今後日本が取り組むべき課題

技術分野	取り組むべき課題
小型分析装置の開発	インライン分析、オンサイト分析 パーソナル分析
簡易分析法の開発	作業現場での利用促進 環境計測の普及 バイオセンサー
分析技術のプロセス技術化	フローインジェクション

-1 小型分析装置

近年来小型分析装置が話題となってきているが、これが実現できれば社会に非常に大きなインパクトを与える。分析装置が小型ないしは超小型になればインライン分析やオンサイト分析に用いられ、時間的・空間的濃度変化の多くの情報を入手することが可能となる。利用分野が飛躍的に広がり、コストが下がり、産業・社会・市民生活に大きな波及効果が期待できるであろう。しかし、第19図に示した小型分析装置に関する日米欧の出願動向に明らかなように、出願しているのは米欧で日本からの出願はなく、本来強みのある分野への積極的な検討が行われていないことが分かる。この点は日本として重大な課題と言えよう。

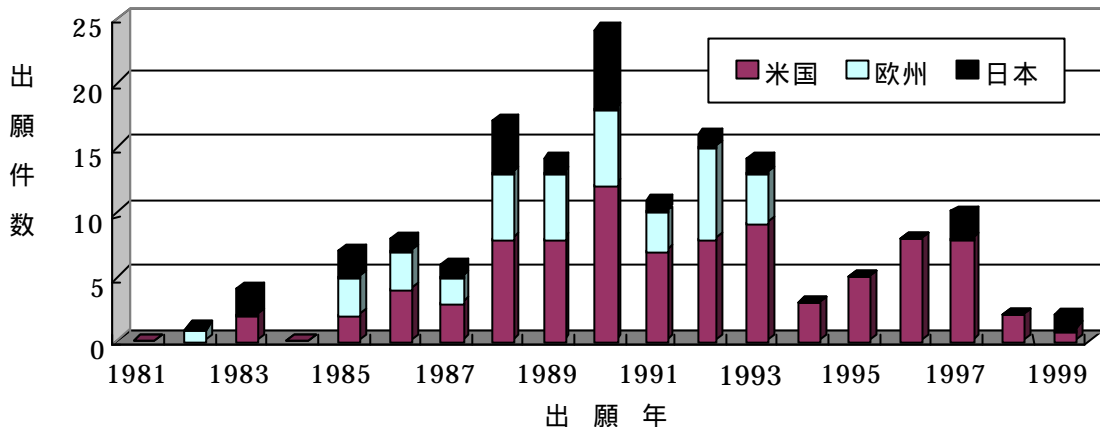
第19図 小型分析装置の日米欧の出願動向



-2 簡易分析法

例えば、近年話題となっているダイオキシンの分析には、1検体につき20~30万円程度の費用と3週間程度の期間が必要であり、簡易分析法の開発に対する期待が大きい。また途上国の環境分析のように、精度向上よりは迅速、安価で操作の容易な分析法が要求されることもあり、新しい簡易な分析法の開発は今後さらに必要性を増すであろう。しかし、この問題に関しても第20図に示した簡易分析装置の日米欧出願動向に明らかなように、米欧の出願が圧倒的に多く日本での簡易分析に関する検討が遅れていることが分かる。日本の今後の課題として真剣な検討が必要であろう。

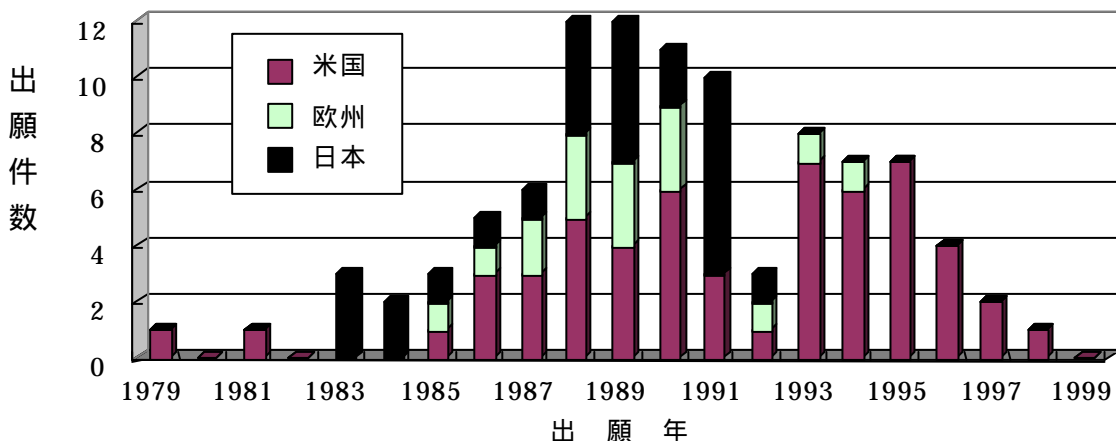
第20図 簡易分析装置の日米欧出願動向



-3 分析技術のプロセス技術化

分析技術のプロセス技術化は、人件費の高い日本としては分析の自動化・迅速化の観点で重要である。第21図に示した分析技術のプロセス技術化出願動向を見ると、1990年前後に出願のピークがありこの時点では日本の出願は多いが、その後はほとんど米国の出願である。分析技術のプロセス技術化に関する日本での検討は1990年代前半で終わったかのように見える。しかし、分析技術の化学プロセスへの転用(分離・濃縮・精製)や化学プロセスで用いられている技術の分析技術への適用に関しては、化学プロセスが非常に広範囲に渡っていることを考えるとまだまだ検討されるべき内容が豊富にあると考えられる。この観点からの検討も重要である。

第21図 分析技術のプロセス技術化の日米欧出願動向



環境政策

国の環境レベルと産業政策がその国の市場を支配していること、また技術面・特許面での日米欧競争力差が極めて小さいものであることを考えると、前述のように環境計測・分析機器の産業競争力はその国の環境レベルと環境政策に大きく影響される。ドイツを例外とする（統一後の旧東ドイツ：西ドイツの規制が環境レベルの低い旧東ドイツにも適用された）環境レベルが低くて厳しい環境政策を掲げている国はない。これは自国の産業を環境規制によって衰退させないためであるが、日本の場合は新汚染物質に対する規制が欧米に比べて遅れている。環境計測・分析機器性能が向上すれば、新汚染物質に関する多くの情報を得ることが可能となり、早期に新汚染物質に対する対策を検討することができる。結果として日本は、産業成長と人間の健康保全のための規制を両立させる政策を、世界に先駆けて推進する国となることができるであろう。今後、環境計測・分析機器の技術開発は非常に重要となる。

分析技術の品質保証

ダイオキシン分析の際、妥当性を評価するために添加される標準物質や試料の前処理時において抽出効率（回収率）などを把握するために添加されるクリーンアップスパイクについて、米国は添加することを義務付けているが、日本は行っていない。また米国の測定分析機関では内部標準回収率表が分析結果の一部として必ず報告書に添付される。残念ながら日本の報告書には見られない。

ダイオキシン分析の例に見られる通り、分析技術が高度化し分析受託料が高額化すると、報告された分析値の信頼性が重視されるのは当然である。高価な経費を要求する分析値は従来以上に十分な品質保証が要求されることになる。そのためには、十分に経験を積み技量を磨いた分析技術者が必要なことは言うまでも無いことであるが、分析試験所としてもシステムとして十分な品質保証体制は整っていないとてはならない。特に、海外との取引に関する場合は、分析値の信頼性が国際的に認められたシステムに裏付けられていなければ無意味である。

民生用分析機器の開発促進施策

分析技術を産業・経済社会に直結させる意味で民生ニーズに直結した分析技術も課題の一つと考えられる。所沢市や野瀬町等のダイオキシン問題では、測定者によりダイオキシン濃度が大きく異なること（大学の測定値が常に市や県の測定値より2～6倍も大きい）が問題となった。どの値が真値であるかの判断は難しく、しかも実質的には定期的に情報を入手できる可能性のあるのは市や県からの低濃度の情報だけという状況の中で、住民はどのようにして安全であるという確認をするのだろうか。

自分で（あるいはグループで）自分たちのための測定をすると言う動きが生まれてくるかも知れない。家電製品並の全自動・安価な分析装置が開発されれば、大きな市場に結び付く可能性がある。ただ現時点ではこの分野の市場が無くメーカーが参入するにはリスクが大き過ぎるので、国の施策として開発を促進すべきである。

トピックス

：ダイオキシン類の排出規制とその分析技術に関する特許出願

ダイオキシンとその許容量

ダイオキシンは、有機物と塩素化合物が燃焼などの化学反応や農薬製造での副生成物として発生する。毒性が非常に強く、分解されにくい性質を持っており、人類が作った最悪の毒物といわれている。ダイオキシンの正式名称は「ポリ塩化ダイベンゾダイオキシン(PCDD)」で、地下水汚染で問題となっているトリクロロエチレンなどと同様の有機塩素系化合物の一種である。

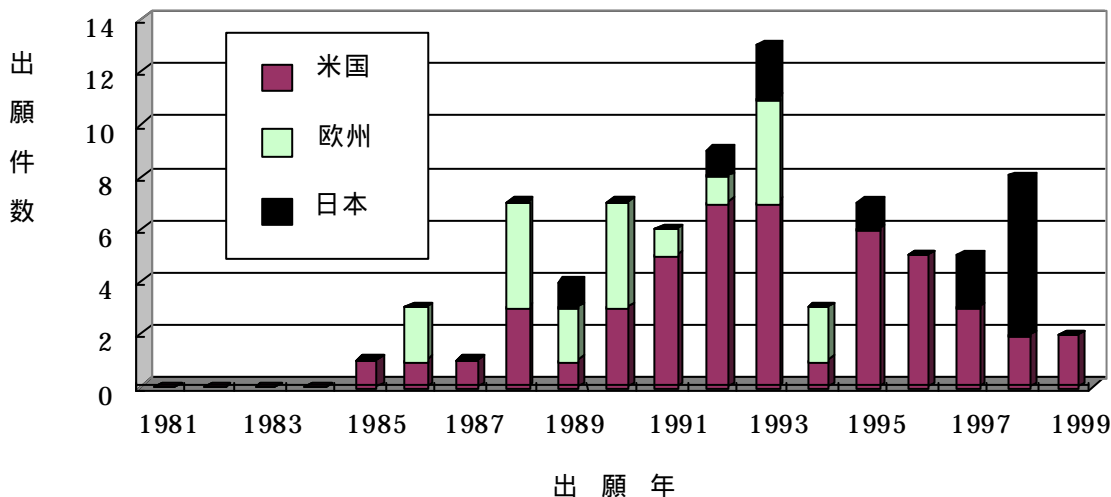
ダイオキシンの分析

ダイオキシン類の同定と定量は、「キャピラリーカラムを用いる高分離能ガスクロマトグラフ(HRGC)と二重収束型の高分解能質量分析計(HRMS)を用いる高分解能ガスクロマトグラフィー質量分析法(HRGC-HRMS)」によって行う。ここで問題なのは、ダイオキシンの分析には費用として1検体につき20~30万円程度、期間として3週間程度の大変な労力、時間そして費用がかかることである。ダイオキシンの簡易分析法が検討されているが、まだ決め手には至っていない。

日米欧特許状況

日米欧のダイオキシン分析に関する特許出願状況を第22図に示す。この図で極めて顕著なことは、日本の特許出願がそのほとんどが1997年以降であるのに対して、米欧の場合は1995~1996以前に出願のピークがあることである。ダイオキシンに関する規制は米国1990年、欧州1991~1992年であるのに対し、日本が1997年で数年遅れていることとこの特許出願の推移とが対応しているように思われる。環境規制により技術開発が活性化し、特許出願の増加につながっている様子がうかがえる。

第22図 ダイオキシン分析の日米欧出願件数推移



【お問い合わせ先】

特許庁技術調査課技術動向班

〒100-8915

東京都千代田区霞が関 3 - 4 - 3

Tel : 03-3581-1101 内線 2155

Fax : 03-3580-5741

E-mail : PA0930@jpo.go.jp