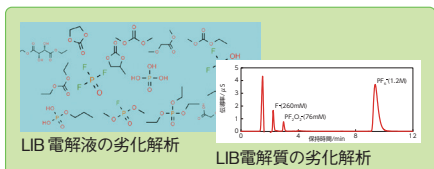


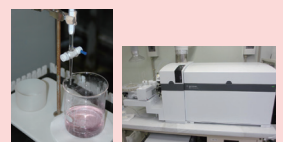


## 化学分析の最前線特集号



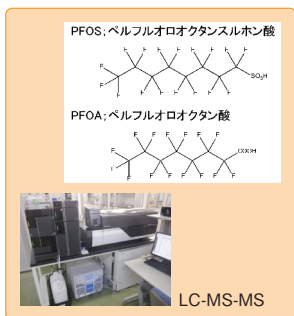
スペシエーション  
形態分析

組成分析  
微量不純物分析



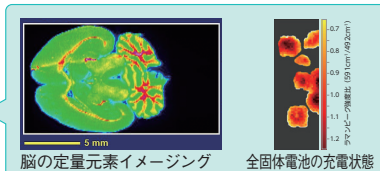
測定対象元素：67元素					
元素	単位	検出限界	測定範囲	検出限界	測定範囲
Li	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Na	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
K	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Ca	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Mg	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Al	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
S	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Cl	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Br	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
I	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
B	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
C	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
N	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
O	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
F	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Si	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Fe	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Ni	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Cu	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Zn	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Mn	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
P	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Sb	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Hg	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
As	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Se	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Mo	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Co	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Zr	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Nb	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Sn	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Pb	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Bi	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Tl	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
W	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Hf	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
V	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Cr	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Mo	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Pd	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Ag	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Au	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Ge	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
As	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Sb	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Te	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Se	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Br	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
I	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Hg	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Pb	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Bi	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
U	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
Th	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1

### 金属、電池、生体、環境、 医療・医薬など多様な 分野の調査・研究・製造 をトータルサポート いたします！



環境調査・  
分析

元素・化合物  
イメージング



### 化学分析の最前線特集号

## 化学分析の最前線 — 微量成分分析 —

### Advanced Chemical Analyses for Trace Elements and Compounds

#### ▶なぜいまこれが？

JFEテクノロジーが誕生し20年を迎えました。発足当時は、鉄鋼分析をベースとした組成分析と不純物分析、それにダイオキシン分析をはじめとする環境計測・分析を化学分析の主力事業としていました。その後、「安全と安心」や「カーボンニュートラル」など、その時々のニーズに対応するため、無機・有機微量分析の感度向上、元素・化合物イメージング、スペシエーション（化学形態分析）など、化学分析の高度化に取り組んできました。

#### ▶これがポイント！

高度化した分析シーズをもとに、各種の材料分野や電池、生体、環境、医療・医薬など様々な分野においてお客様の課題に取り組み、その解決の一助となってきました。本特集号では、「微量成分」をキーワードとし、各分野での最新の取り組み事例を紹介します。以下、その概要をまとめました。

**(1) 環境調査・分析：PFAS 規制のニュース**を目にすることが増えました。本報では、規制の動向調査結果を紹介します。

化学物質の規制は世界的規模で実施することが多く、その動向の把握が重要となっています。そこで、長年の経験を活かし ng の微量 PFAS 分析を立ち上げました。水質や製品の分析などでお客様ニーズに応えています。一方、化学物質の使用において、健康被害のリスクを低減することも重要なテーマです。労働安全衛生法では、リスクアセスメントの実施対象化合物を 2900 物質にまで増やすことで健康被害の低減を推進しており、当社はリスクアセスメントの実施サポートを行っています。

**(2) 医薬品の不純物分析：**医薬品の開発では、微量な不純物の安全性に関して厳格なガイドラインが設けられています。これまで、GMP 品質管理のもと、有機不純物解析、残留溶媒試験や元素不純物分析を実施してきました。今回、発がん性の認められるニトロソアミン類について、高感度な定量法を実用化しました。

**(3) 微量成分の元素イメージング：**元素イメージングは、その元素が果たす機

能の解明に有効な手段であり、様々なイメージング手法が開発されています。LA-ICP-MS 法は ppm の検出感度を持ち広域イメージングが可能な技術で、この特徴を活かした応用例を紹介します。**(4) 水電解の化学分析：**製品の性能向上にあわせて、不純物の測定感度向上がしばしば求められます。水電解では、電解質膜の劣化の指標として、排水中フッ素イオン濃度を ppb オーダーで測定することが求められています。オンラインの濃縮技術を適用することで高感度な分析を実現しニーズに応えています。

本特集号では、最先端のトピックスを中心に当社の特徴ある技術について紹介します。化学分析技術の高度化に継続して力を注ぎ、高度なソリューションを提供してまいりますので、お気軽にご相談下さい。

#### ▶お問い合わせ先

営業本部 プロジェクト営業部  
望月 正  
mochizuki@jfe-tec.co.jp

## 国内外のPFASの規制関連動向調査

### ▶なぜいまこれが？

有機フッ素化合物のうち、ペルフルオロアルキル化合物及びポリフルオロアルキル化合物 (PFAS) は、耐熱性、耐薬品性、撥水性など様々な機能性を有し、繊維、医療機器、電子機器、半導体製造、建築分野等に幅広く使用されています。

しかし近年、残留性、生物蓄積性、人・環境への悪影響の懸念を理由に、残留性有機汚染物質 (POPs) を規制するストックホルム条約 (POPs条約) の下で、国際的な使用制限や製造禁止が検討されています。具体的にはPFASに属するPFOS (ペルフルオロオクタンスルホン酸) が使用制限 (附属書Bに記載)、また、同様にPFHxS (ペルフルオロヘキサンスルホン酸) 及びPFOA (ペルフルオロオクタン酸) が、製造禁止 (附属書Aに記載) になり、今後は長鎖PFCA (ペルフルオロカルボン酸) も製造禁止になる見込みです (図1参照)。

同条約附属書Aの収載物質は、通常、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 (化審法) においても第一種特定化学物質に指定され、日本国内での製造・使用も禁止されます。欧州ではさらに厳しい規制が進められており、2024年現在、10,000種類以上のPFASを一括規制する方向で検討されています。

### ▶これがポイント！

PFAS類の使用分野が広範であることから、各規制において適用除外要件も複雑化しています。日々更新される規制の変化を把握しておかなければ、ある日突然、法規制を理由に従来の取引を断られるということも起きかねません。自社使用の物質に特化したとしても幅広い規制情報の変化を遅滞なく把握していくためには、国際条約と各国規制の関係に関する専門的な知見も必要となります。

当社では条約関連を含め、

国内外の化学物質規制情報を幅広く解析し提供してきた実績があります。情報収集が必要な場合は、是非一度ご相談下さい。

### ▶お問い合わせ先

ビジネスコンサルティング本部 調査研究部  
片平 律子  
r-katahira@jfe-tec.co.jp

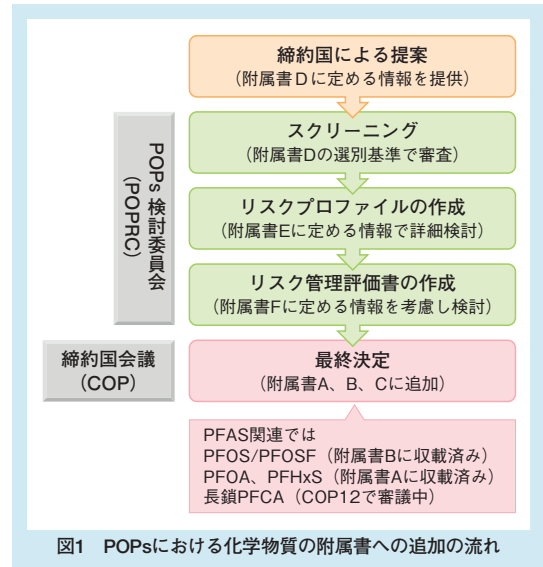


図1 POPsにおける化学物質の附属書への追加の流れ

## ニーズ高まるPFAS分析技術

### ▶なぜいまこれが？

PFASは、環境中で分解されにくく、健康被害の懸念があるため、近年、規制が強化されています。2024年9月には「ペルフルオロオクタン酸の分枝異性体又はその塩」 (以下、PFOA等) が化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 (化審法) に追加され、これによりPFOA等の製造・輸入等が原則として禁止されました。また、PFASのうち、長鎖のペルフルオロカルボン酸 (以下、PFCA) は残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約 (POPs条約) への追加が議論されています。PFASはその優れた特性から多くの分野で利用されていますが、最近では、PFASそのものを添加していない状況においてもPFASが議論になることがあります。例えば、水電解膜の劣化消耗によりPFASが生じることが報告されており、企業は最新のPFASの規制動向を把握して適切な対策を講じることが求められています。適切なPFAS対策のためには、環境中や製品中

のPFASを正確に測定することが、現在、極めて重要となっています。

### ▶これがポイント！

当社は、鉄鋼をはじめとする多様な製品や材料の分析において、豊富な経験とノウハウを持っています。加えて今回、最新の液体クロマトグラフ質量分析装置を導入することで、製品試料に対し短鎖も含むPFCAをはじめとした各種PFASの一斉分析を行うことができ、定量下限1 ng/gの水準での高精度な測定が可能となりました (対象分析成分例：表1)。

また、当社では高感度な燃焼イオンクロマトグラフィー技術を駆使した全フッ素分析にも対応しており、これによりPFASの最大含有量を推定することが可能です。この方法はPFASの迅速かつ信頼性の高いスクリーニン

グに適しており、EUのREACH規制に対応するための重要な手段となります。

当社は、最新の技術と専門知識を駆使して、PFASの各種規制に対応した分析サービスを提供しています。新規制成分や製品以外の水や廃棄物等につきましてもお気軽にご相談ください。

### ▶お問い合わせ先

分析ソリューション本部 環境評価センター  
森崎 博志  
h-morisaki@jfe-tec.co.jp

表1 分析対象物質例

PFAS			
PFCA (短鎖も含む)	PFSA	FTS	PFESA
PFBA	PFBS	4:2FTS	PFEESA
PFPeA	PFPeS	6:2FTS	9Cl-PF3ONS
PFHxA	PFHxS	8:2FTS	11Cl-PF3OudS
PFHpA	PFHpS		
PFOA	PFOS		
PFNA	PFNS	FTCA	PFECA
PFDA	PFDS	3:3FTCA	ADONA
PFUnA		5:3FTCA	PFMPA
PFDoA		7:3FTCA	PFMBA
PFTTrDA			NFDHA
PFTeDA			

## ばく露濃度基準値設定物質に対応したリスクアセスメントサポート

### ▶なぜいまこれが？

リスクアセスメントとは、一定の危険有害性のある化学物質（SDS交付義務対象物質）について、労働者への危険性や健康障害等のリスクを確認し、それらを減らすための対策を検討することを行います。2016年6月に労働安全衛生法が改正され、化学物質（640物質）のリスクアセスメントが義務化されました。2024年4月には新たな物質が追加され、対象物質は903物質となりました。厚生労働省の指針では、2026年度までに対象物質は約2900物質まで順次追加される予定です。

一方、2024年度からはリスクアセスメント対象物質の中で、厚生労働大臣が基準値を定めた67物質について、労働者へのばく露が濃度基準値以下であることの確認が必要となりました。さらに、2025年度には新たに112物質が追加され、合計179物質が対象となります。

### ▶これがポイント！

リスクアセスメントのフローは図1のよ

うになります。作業場で使用している化学物質のリスクを推定し、労働者へのばく露を把握することが重要です。リスクが高いと判断された場合は、確認測定（ばく露測定、作業環境測定等）を行い、労働者へのばく露状況を確認します。基準値を超えた場合には、ばく露を濃度基準値以下にするためのリスク低減措置を行います。また、リスクアセスメント後に作業場の労働者の配置変更や設備変更があった場合には、再度リスクアセスメントを行い、作業場の維持管理を行うことが必要になります。

当社では熟練した作業環境測定士が、

1. リスクアセスメントのサポート
2. リスクの見積り方法の評価・提案

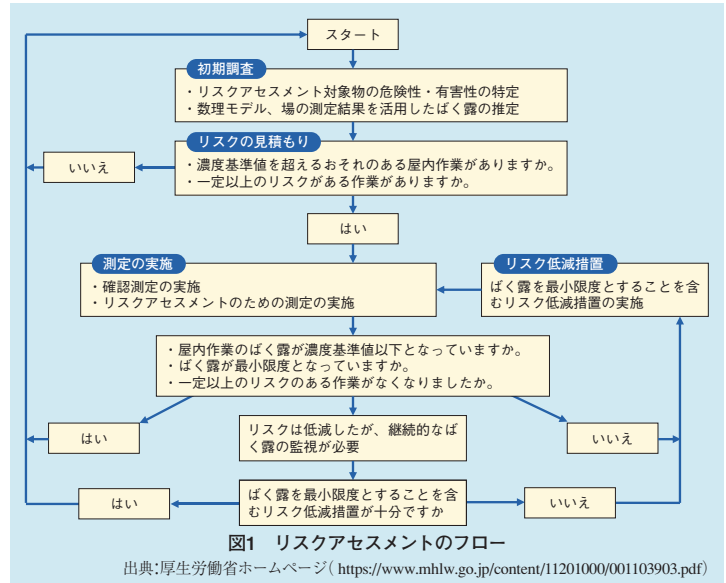
### 3. 作業場の確認測定

- ・個人ばく露測定
- ・作業環境測定（個人サンプリング含む）

など、様々な面でお手伝いいたしますのでお気軽にご相談ください。

### ▶お問い合わせ先

分析ソリューション本部 環境評価センター  
村本 光大  
k-muramoto@jfe-tec.co.jp



## ICHガイドラインに基づく医薬品不純物分析技術

### ▶なぜいまこれが？

医療機関で『医薬品が不足しています』といった掲示を見たことはありませんか？その原因は様々で、新規感染症等の発生に伴う需要の急激な変化、医薬品の安全性・品質管理体制の厳格化が挙げられます。新たな規制物質の出現もその一つで、近年では、ニトロソアミン類という発がん性物質が医薬品中に混入していたことで、医薬品の製薬会社による自主回収が増えており、医薬品の安定供給の課題となっています。

### ▶これがポイント！

当社では有機不純物であるニトロソアミン類の分析のため、最高感度を持つ液体クロマトグラフ質量分析装置を導入し、限度値（検体濃度）0.03 ppmの非常に低濃度での分析を、医薬品製造のための省令に則った品質管理下で可能にしました（図1）。また、ニトロソアミン類

以外に、原薬・製剤中の有機不純物、残留溶媒も分析いたします。

さらに、無機不純物分析にも数多く取り組んでいます。医薬品中の元素不純物分析では、1600品目以上の医薬品関連物質に対応した実績があります。豊富な前処理技術により、分析法バリデーションから実測定にいたるまで、迅速で正確な試験記録・結果のご報告が可能です。反応性の高い、原薬や軟膏・クリームから、分解困難な製剤に至るまで、クリーンルーム環境にて対応いたします。

今後、医薬品中の不純物管理は、医薬品そのものだけでなく、包装容器等から溶出してくる成分への適用拡大も検討されています。

これまで述べた不純物分析は、国際的なガイドライ

ン ICH Q3A、Q3B、Q3C、Q3D、Q3E、M7に基づく必要があります。当社は医療器具で培った溶出試験技術や、有機分析、元素分析技術を組み合わせ、各種ガイドラインに基づく総合的な試験デザインを提案し、医薬品の品質管理、安定供給のベストパートナーとしてサポートいたします。お気軽にご相談ください。

### ▶お問い合わせ先

分析ソリューション本部 医薬・有機材料評価センター  
大澤 弘幸／鈴木 冬彦  
h-osawa@jfe-tec.co.jp  
f-suzuki@jfe-tec.co.jp

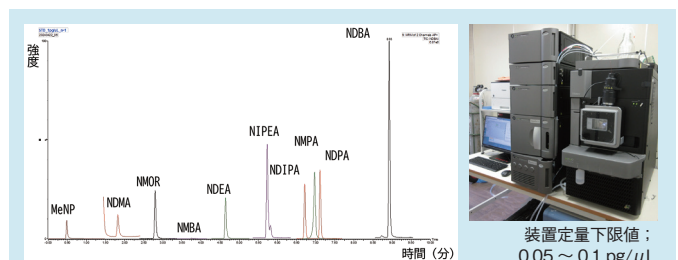


図1 ニトロソアミン類のクロマトグラムと液体クロマトグラフ質量分析装置 (Waters Xevo TQ Absolute)

「医薬品におけるニトロソアミン類の混入リスクに関する自主点検」(厚生労働省) 対象成分 (9成分) の分析例を示します。限度値 (検体濃度) 0.03 ppm を基本とし、条件によってはさらに低濃度の設定も可能です。



# LA-ICP-MSによる微量元素イメージング分析

## ▶なぜいまこれが？

レーザーアブレーション-誘導結合プラズマ質量分析法 (LA-ICP-MS) は固体試料を直接微粒子化してキャリアガスでICP-MSへ搬送し、含有元素を検出する方法です。測定元素の検出強度を固体試料内の位置情報と紐づけることで二次元の元素イメージング図を作成することができます。特にアルカリ金属や微量 (ppmレベル) に含有する元素のイメージングに有力な方法として注目されています。

## ▶これがポイント！

当社はナノ秒レーザーと呼ばれるLA装置を有しており無機材料をはじめとする硬い試料のアブレーション能力が高く、特にcmオーダー (最大10 cm幅) の広域の測定を得意としています。この特徴を生かしてリチウムイオン二次電池のLiや活物質 (Ni, Co, Mn等) に相当する

元素の分布調査に活用されてきました。

一方、レーザーの照射径を絞ることで、 $\mu\text{m}$ オーダーの変化を捉えることもできます。バイオミネラルと呼ばれる骨や歯、魚類の耳石など生体が作り出す無機化合物の温和な生成条件を模倣し、環境負荷を低減した材料開発の研究が行われていますが、これらに含まれる主成分および微量元素の分布調査にも適用されています。ヒザラガイは歯舌と呼ばれる歯を持ち、歯冠部に黒色の磁鉄鉱 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、マグネタイト) を沈着させています。茶色く見えるFe沈着部ではMnやMgなどの微量元素を含有していることがわかりました。(図1)

近年は無機材料に留まらず、医薬品中の成分を目的の場所に届ける仕組み (ドラッグデリバリーシステム、DDS)

の実現に向けた開発の中で、対象とする臓器や細胞中の元素分布調査にLA-ICP-MS法が用いられるなど用途が拡大しています。2024年11月には新装置が稼働します。操作性や解析ソフトウェアの機能が向上し、より迅速に結果をご報告できるようになります。お客様の目的に応じた測定法のご提案が可能ですので、まずはお気軽にご相談ください。

## ▶お問い合わせ先

分析ソリューション本部 分析評価・解析センター  
細羽 美奈子  
hosoba@jfe-tec.co.jp

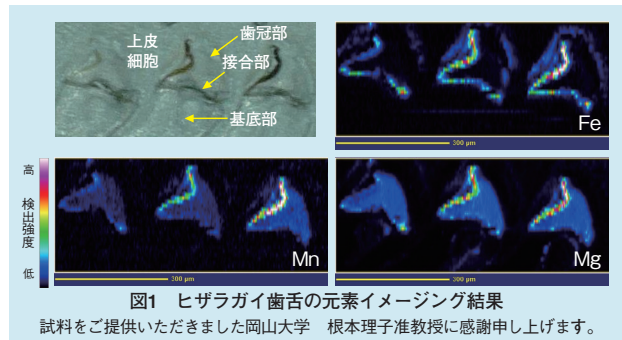


図1 ヒザラガイ歯舌の元素イメージング結果  
試料をご提供いただきました岡山大学 根本理子准教授に感謝申し上げます。

# 濃縮イオンクロマトグラフィーによる極微量フッ化物イオン(F<sup>-</sup>)の定量評価

## ▶なぜいまこれが？

イオンクロマトグラフィー (以下、IC) とは水溶液中の無機イオン ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  など) を分離・定量する方法です。従来は、環境分野や医薬品、食品分野等で広く用いられてきました。一方、近年では、燃料電池や水電解による水素製造、半導体関連をはじめとした分野で、従来のIC装置 (定量下限  $100 \mu\text{g/L}$ ) では定量評価が困難な極微量F<sup>-</sup>の分析需要が高まりつつあります。

## ▶これがポイント！

当社では図1に示す濃縮システムを連結した濃縮-IC装置を用いてF<sup>-</sup>を約100倍に濃縮して分析することで、 $1 \mu\text{g/L}$ オーダーのF<sup>-</sup>の定量評価を可能としました。

以下、濃縮-IC装置を水電解分野に適用して極微量F<sup>-</sup>の定量評価に成功した事例を紹介します。図2は今回の評価対象と

したPEM型水電解装置の概念図です。装置中央の固体高分子膜 (電解質膜) は電極間のプロトン交換機能およびガスバリア機能を担う部材です。高分子膜は装置の運転に伴い生成するラジカル ( $\text{OH}\cdot$  等) との化学反応により分解して水素生成効率の低下など性能劣化を引き起こすことが知られています。この反応にはF<sup>-</sup>の生成を伴うため、装置排水中のF<sup>-</sup>濃度が高分子膜の劣化指標として用いられます。図3は水電解装置の組立後、コンディショニングを行った直後のアノード側排水のF<sup>-</sup>を濃縮-IC装置で分析した結果です。水素を生成する電解試験前から  $1 \mu\text{g/L}$  のF<sup>-</sup>の溶出が発生していることがわかりました。

水電解分野に限らず、多様な分野のお客様の目的に対応した分析のご提案が可能です。是非お気軽にご相談ください。

## ▶お問い合わせ先

分析ソリューション本部 分析評価・解析センター  
中野 陽介  
yo-nakano@jfe-tec.co.jp

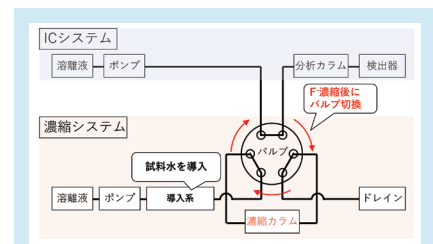


図1 濃縮-IC装置の概略図

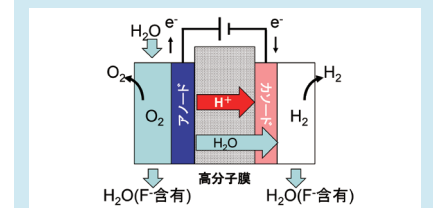


図2 PEM型水電解装置の概念図

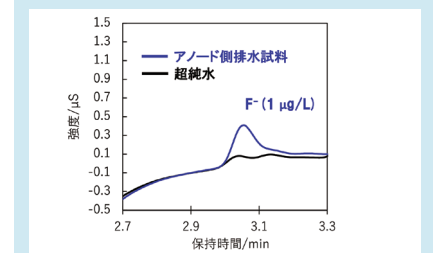


図3 アノード側排水試料の分析結果

◆このパンフレットの送付中止、宛名変更は [jfetcsalesmarketing@jfe-tec.co.jp](mailto:jfetcsalesmarketing@jfe-tec.co.jp) へご連絡ください

JFE-TEC News <2024>

No.81

2024年11月発行

発行人/壁矢 和久

発行所/JFEテクノリサーチ株式会社 営業企画部

〒100-0004 東京都千代田区大手町一丁目6番1号 大手町ビル4階

☎0120-643-777

