

先端デバイス向け 超純水用イオン交換樹脂の新規評価技術

2026年3月24日
オルガノ株式会社
大橋 伸一

発表概要

- 最先端の半導体工場は、半導体製造プロセスに使用する超純水に対して非常に高度な不純物濃度管理を要求している。
- 原子力発電所と同様に、半導体工場では水処理装置の運転状況を監視するため種々のオンライン分析装置が開発・適用されている。今後の発電所における水化学管理の参考として紹介する。
- これらの技術は超純水製造に使用するイオン交換樹脂などの機能材の清浄度評価にも活用されている。

◆ 超純水中の金属不純物は重要な管理項目の一つである

Year	2024	2025	2026	2027
Logic industry "Node Range" Labeling [nm]	"3"	"2.1"	"2.1"	"2.1"
Logic device mainstream device	FinFET	LGAA	LGAA	LGAA

Management value of metals in DIW

Metals* [ng/L]	<1	<1	<1	<1
Critical Metals for image sensors (Mo, W, Ti, Au) [ng/L]	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Critical Metals for image sensors (Pt, Cu, Mn, Ag, Co) [ng/L]	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

* Al,As,Ba,Ca,Cd,Co,Cr,Cu,Fe,K,Li,Mg,Mn,Mo,Na,Ni,Pb,Sb,Sn,Sr,Ti,V,W,Zn+Pt

超純水中の金属不純物はデバイスの特定や歩留まりに影響を与える

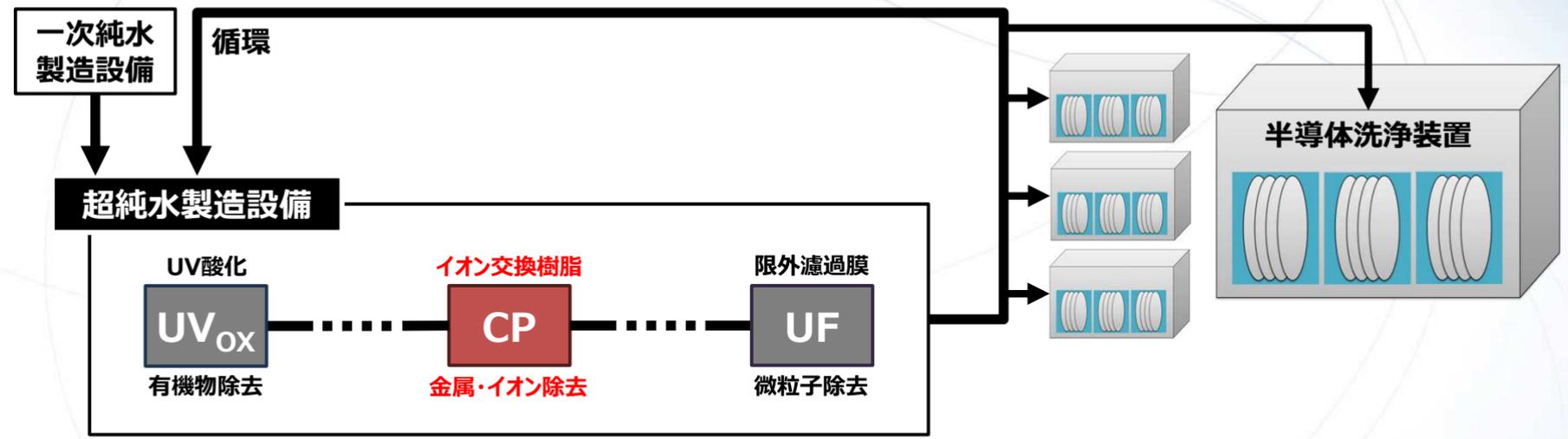


超純水中の金属不純物は厳しい管理基準が設けられている



超純水製造設備などで使用される『材』をpg/Lレベルで評価・管理する技術の需要が高まる

◆ イオン交換樹脂は超純水中の金属不純物の除去に用いられる



イオン交換樹脂から溶出した金属不純物は、Wafer上に到達する可能性がある



イオン交換樹脂からの金属不純物の溶出をpg/Lレベルで管理する必要がある

◆ 部材溶出の評価方法と課題

	浸漬評価	通水評価
イメージ図	<p> 充填容器 浸漬液 評価樹脂 </p>	<p> 供給水 充填容器 評価樹脂 クリーンブース </p>
分析方法	浸漬液中の金属濃度から算出	供給水と処理水中の金属濃度の差から算出
測定範囲※	0.1~1 ng/L	0.1~1 ng/L

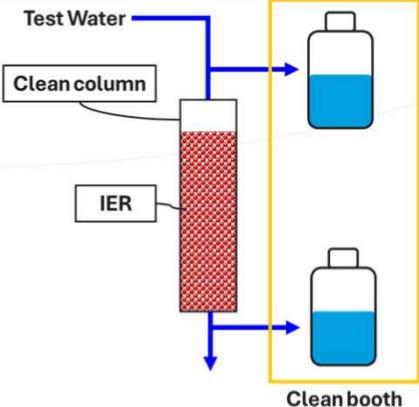
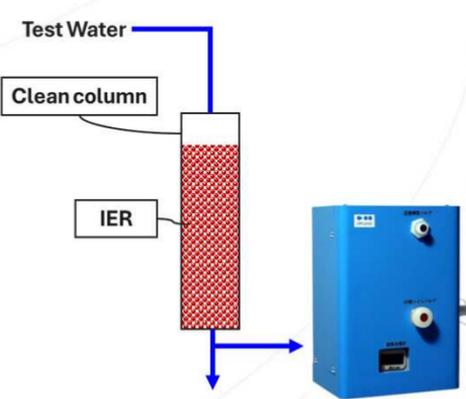
※ 分析定量下限はICP-MSの性能に依存する

pg/Lレベルの溶出を評価するためには、感度が不足している

本研究の目的

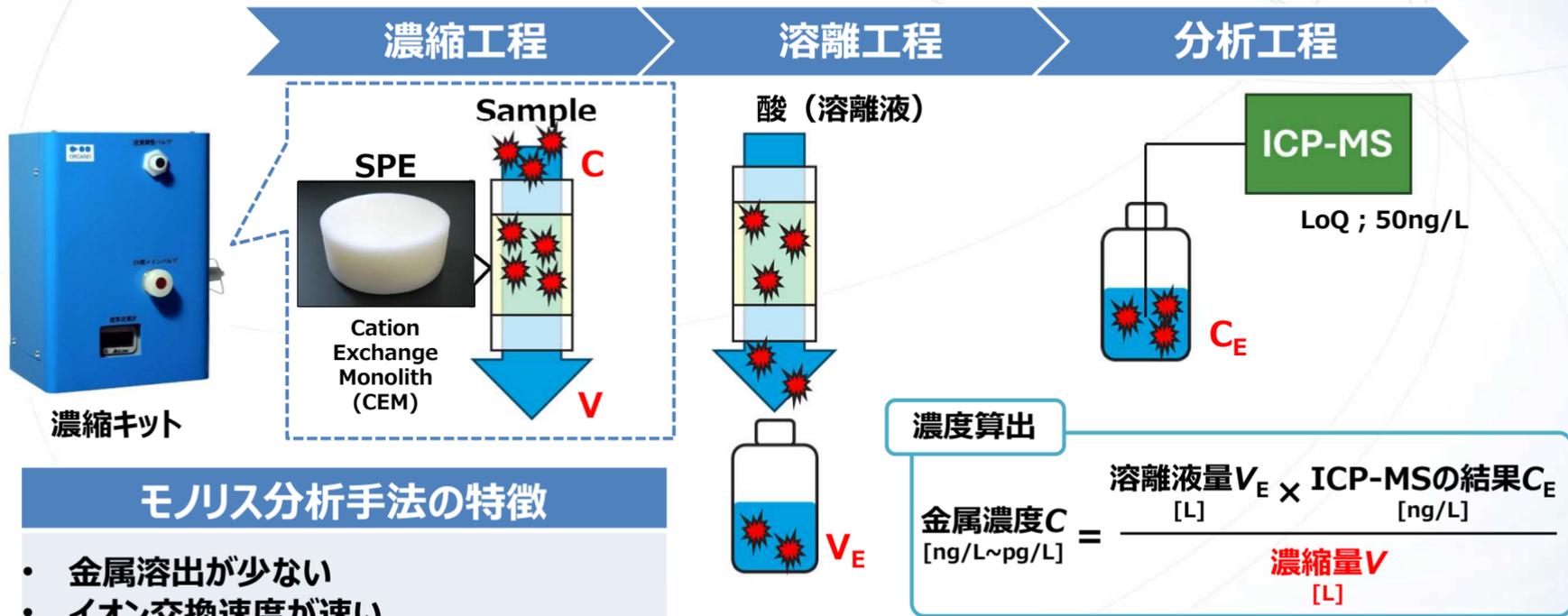
従来法の定量下限値未満の金属イオン溶出物を評価する手法を開発し、イオン交換樹脂の性能評価に適用する

Table 3 Evaluation method of IER

Method	従来法 クリーンブースでのサンプリング	開発方法 モリスカラム濃縮法
Sampling image		
LoQ	0.1 ~ 1 ng/L	< 0.01 ng/L

イオン交換樹脂の評価方法として、微量金属イオン分析法であるモリスイオン交換体による濃縮法を適用する。

◆ 超純水中の金属濃度をpg / Lレベルで定量できる技術に着目



モニタ分析手法の特徴

- 金属溶出が少ない
- イオン交換速度が速い
- 容易にクリーンな環境で濃縮できる

濃縮量を多くすることで低濃度まで分析可能

試験装置の評価

試験装置のブランク試験で多くの微量金属イオンが検出。

■ Test conditions

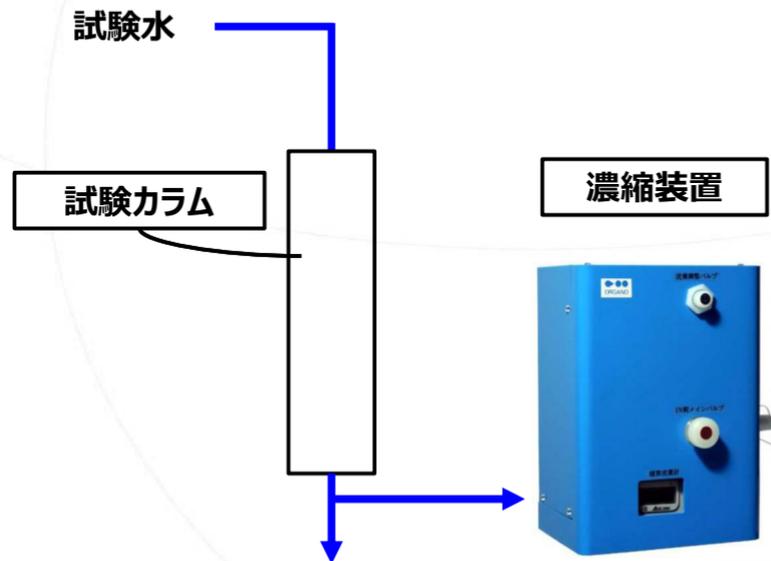


Fig.5-1 ブランク試験①

■ Result

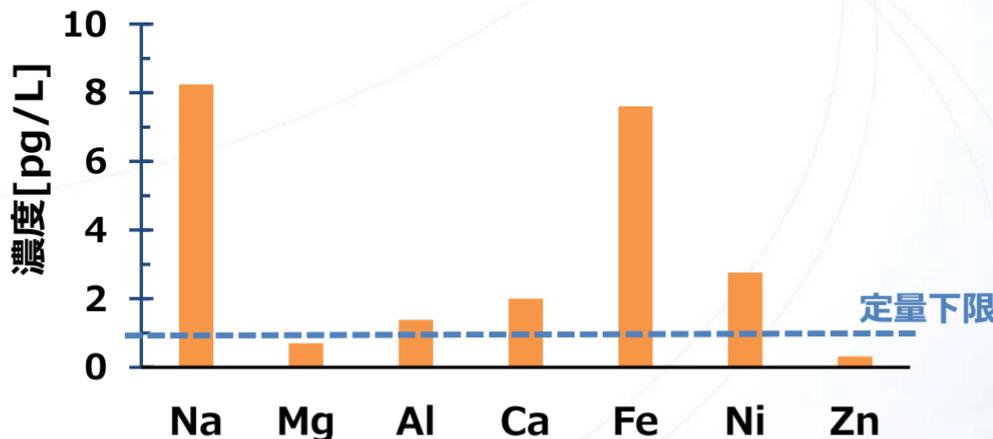


Fig.6 Result of evaluation

Na, Al, Ca, Fe, and Ni were detected at over 1 pg/L.

試験装置の評価

試験装置入口水から流入する金属イオンを除去するためカチオン交換膜を設置

Test conditions

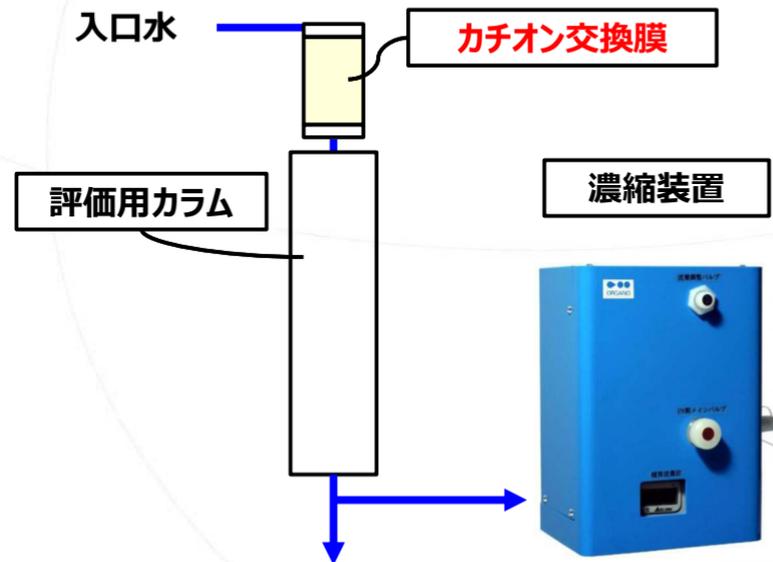


Fig.5-2 ブランク試験②

Result

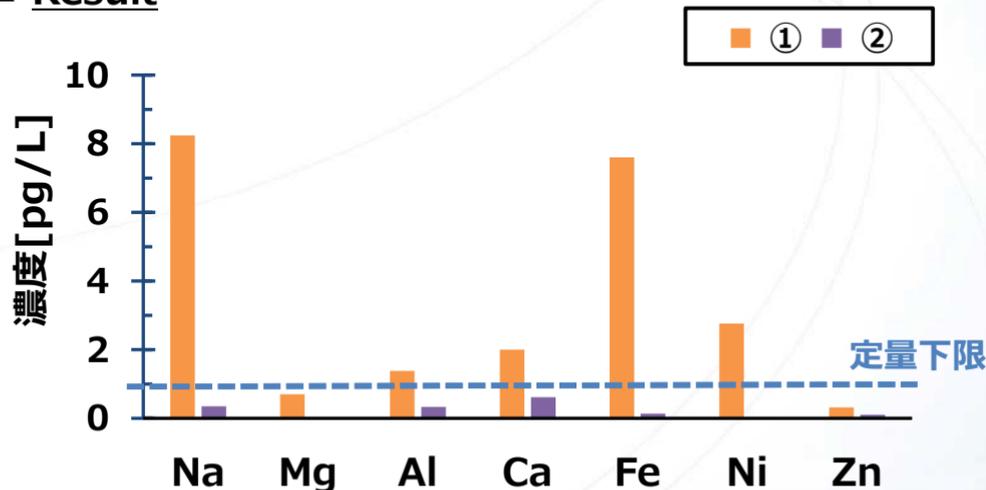
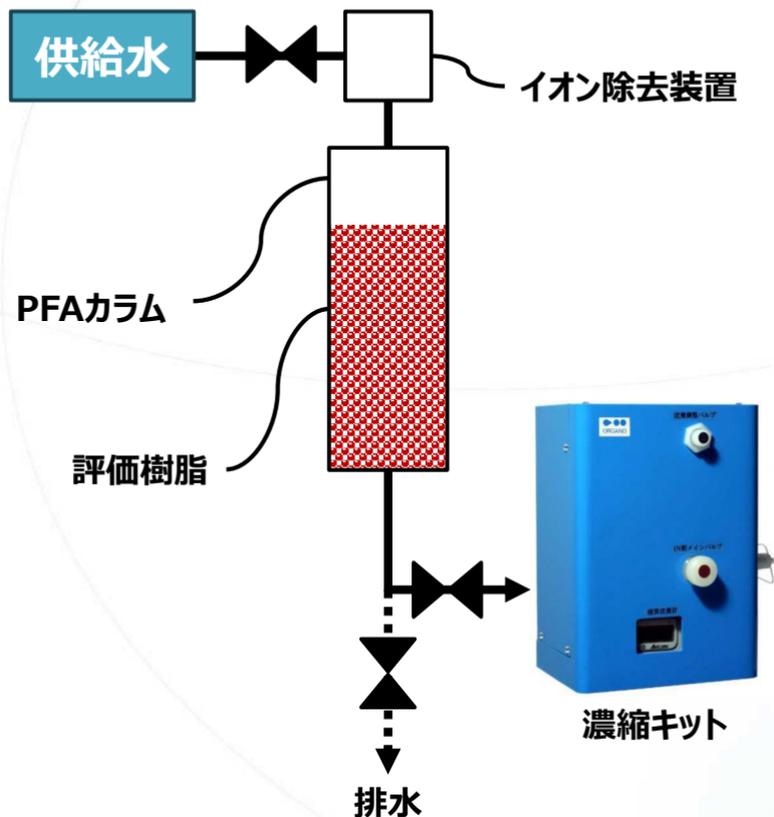


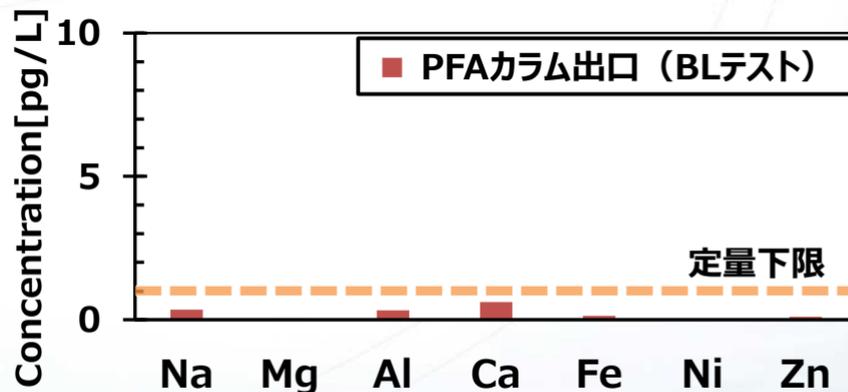
Fig.6 Result of evaluation

全ての金属イオンのブランク値を 1 pg/L未滿に低減

◆ 金属不純物の溶出をpg/Lレベルで評価できる『機能材評価装置』



	機能材評価装置
測定元素	Na, Mg, Al, Ca, Fe, Ni, Zn など
測定範囲	0.001~0.1 ng/L
通水BV	50 BV/h
分析方法	溶離液をボトルに回収 ⇒ ICP-MS分析



検出可能元素において定量下限未満

単床通水試験

超純水想像装置向けのカチオン交換樹脂(CER)およびアニオン交換樹脂(AER)を単床で評価

Result

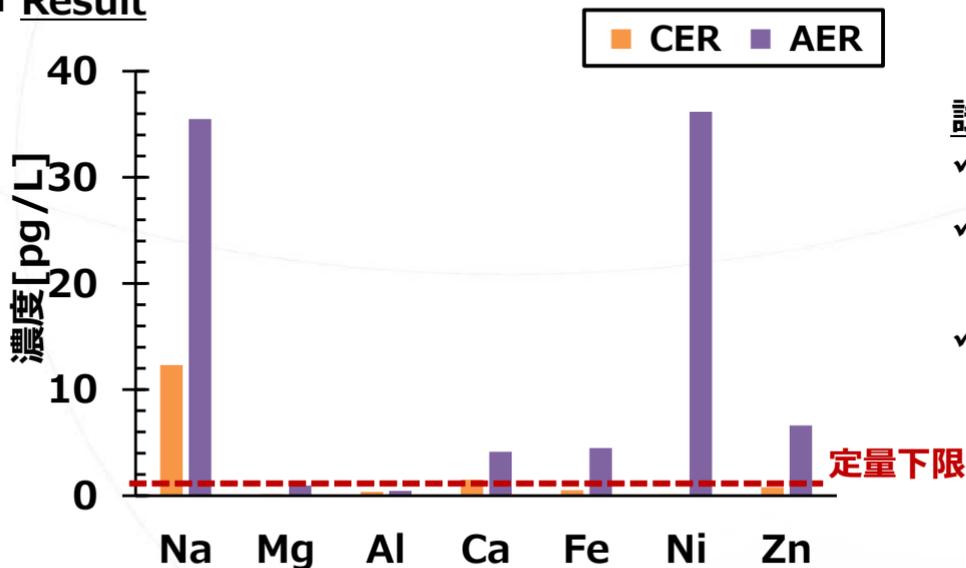


Fig.9 単床樹脂カラムの流出液

試験結果

- ✓ Na および Ca がCERから溶出。
- ✓ Na, Mg, Ca, Fe, Ni および Zn がAERから溶出。
- ✓ CERとAERでは溶出する金属イオン種が異なる。



イオン交換樹脂の製造プロセスに起因する
金属イオン種と推定

単床通水試験

CERの金属イオン不純物は、製造プロセスで使用するユーティリティ（酸、洗浄水）の影響と推定

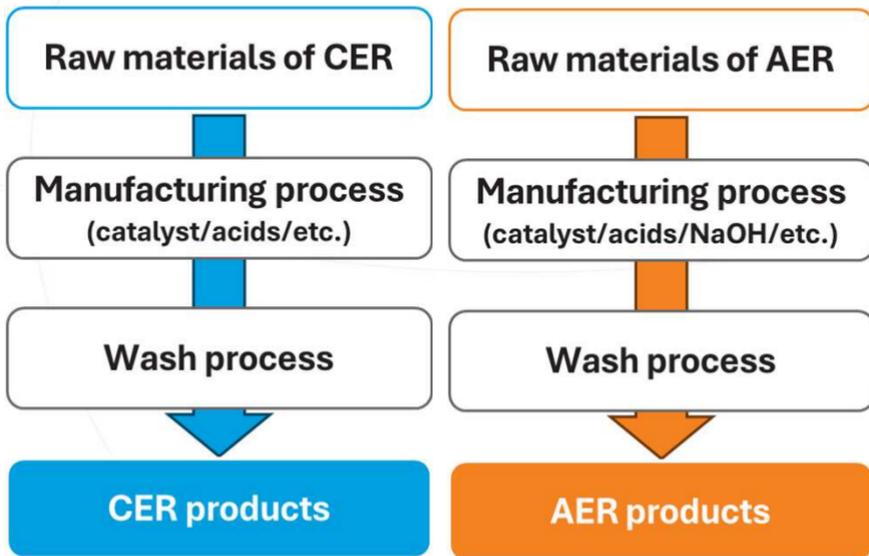


Fig.10 イオン交換樹脂の製造プロセス

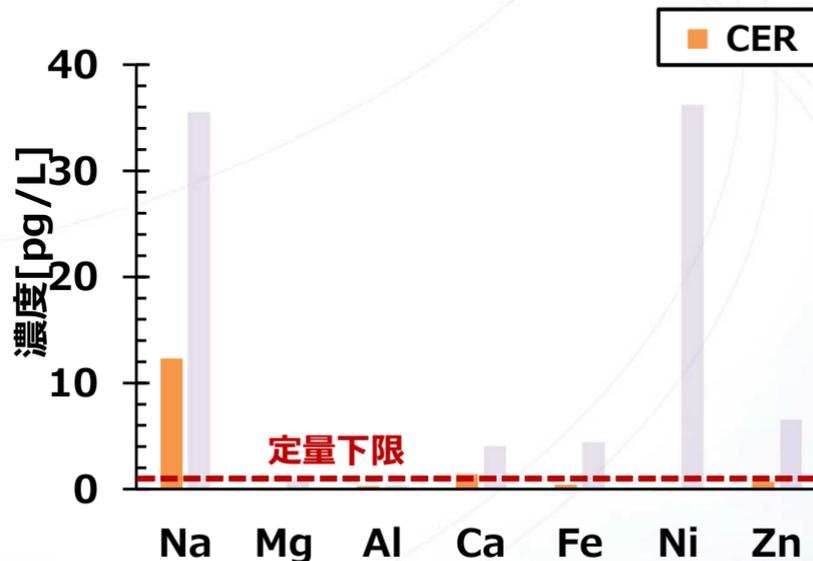


Fig.9 Result of evaluation

CERからの溶出イオンを pg/L濃度レベルで管理するには酸および洗浄水の管理が重要

単床通水試験

AERの金属イオン不純物は製造プロセスで使用する触媒や再生剤に起因すると推定。

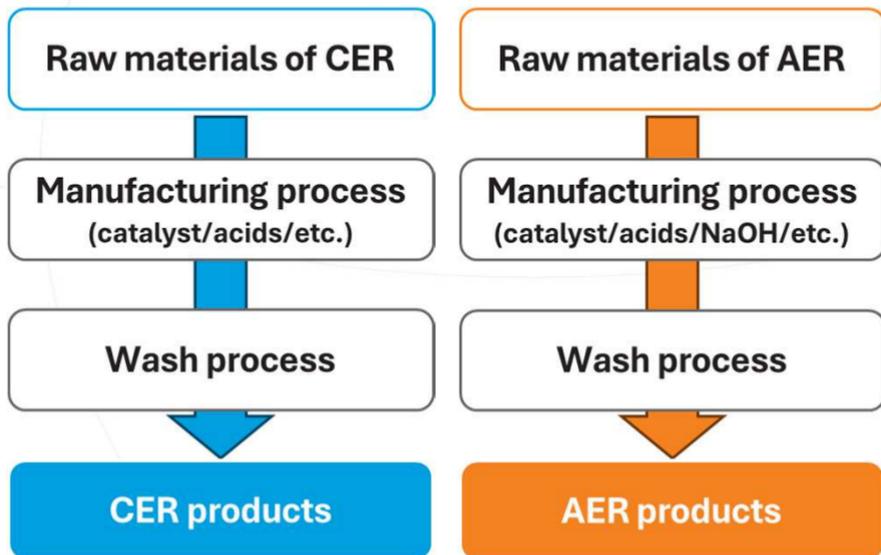


Fig.10 イオン交換樹脂の製造フロー

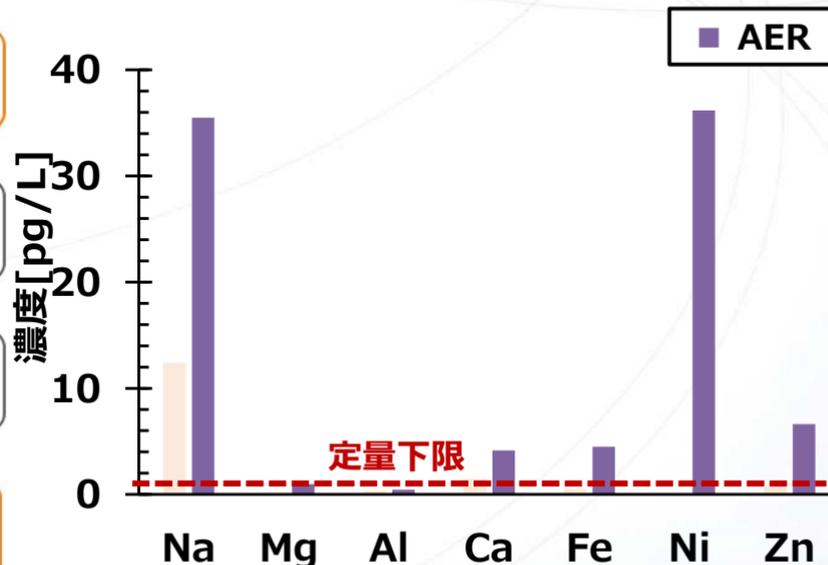


Fig.9 Result of evaluation

IERから溶出する金属イオン不純物を低減するには、IERの製造工程における不純物濃度管理が重要。

混床通水試験

超純水製造装置に適用されている各サプライヤのIERを評価。

■ 評価結果

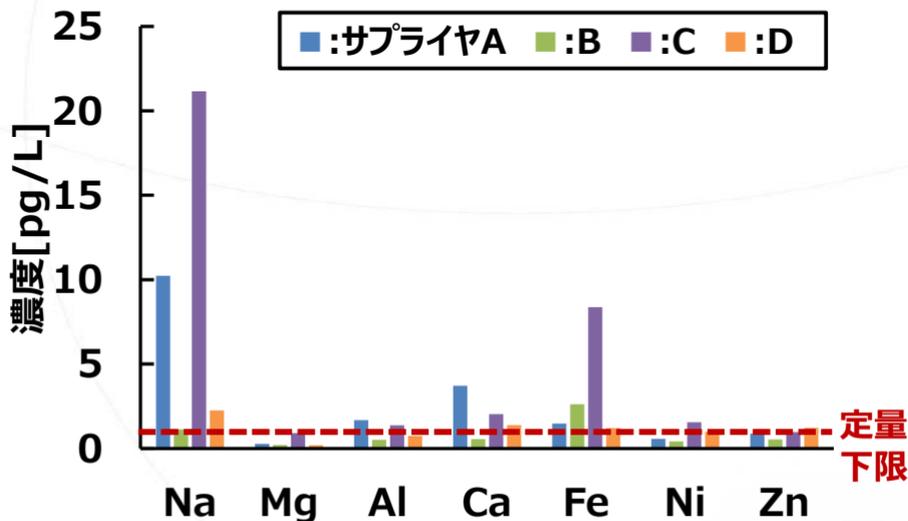


Fig.11 評価結果

評価結果

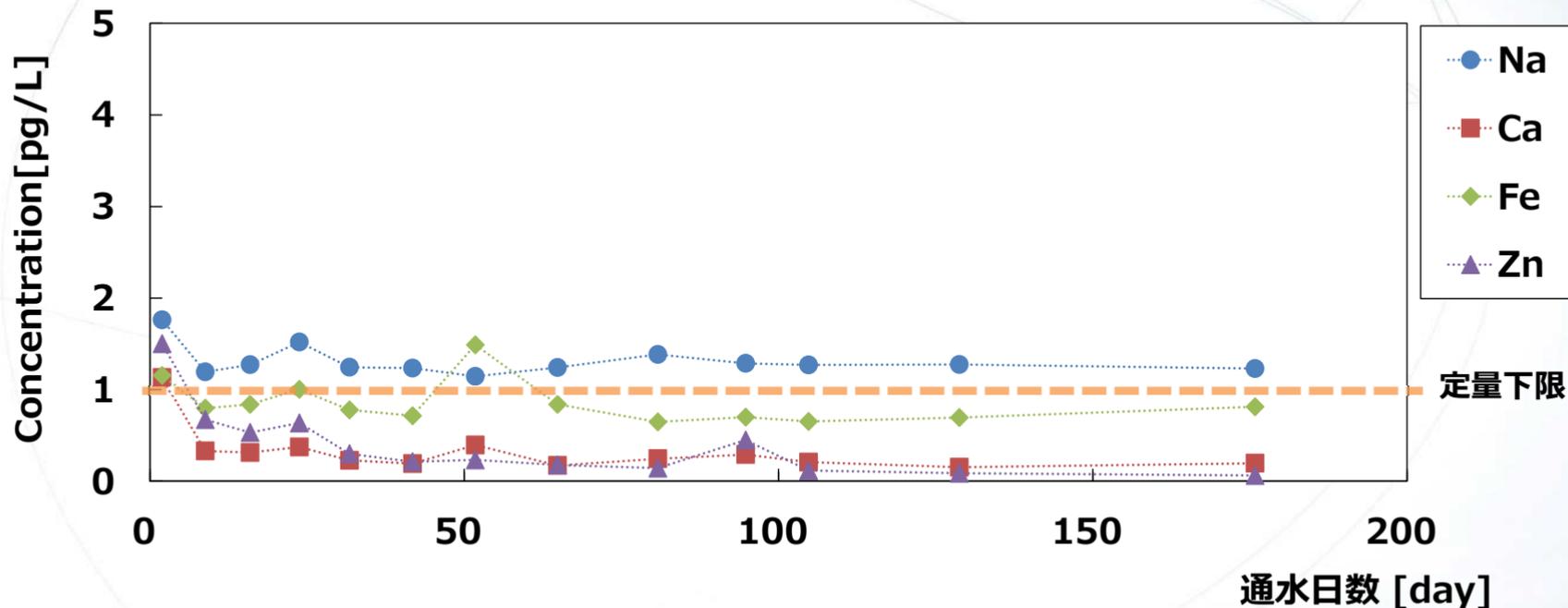
- ✓ Na および Fe の溶出が全てのIERで検出された。
- ✓ 金属イオン不純物の溶出量は各IER製品ごとに異なる。



各IERサプライヤの製造プロセスの違いと推定。

超純水製造装置で使用するイオン交換樹脂の品質を事前に評価することは水質保証をする上で重要。

◆ 金属不純物の溶出の経時変化を評価



金属不純物の溶出量の変化をpg/Lレベルで観察できることを確認

◆ 製造工程の差が品質に及ぼす影響を評価した

精製前	原料樹脂（カチオン交換樹脂）		
-----	----------------	--	--

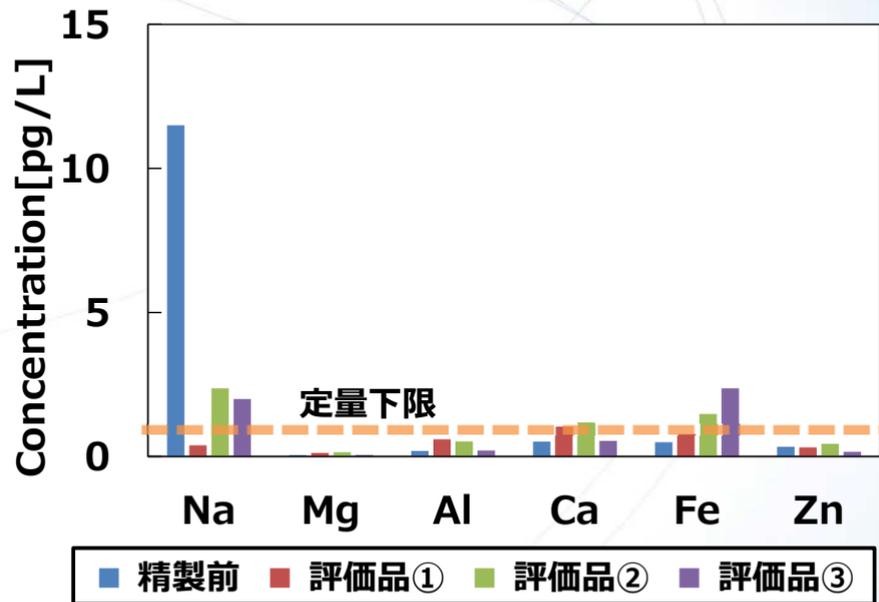


製造条件

	条件A	条件B	条件C
ユーティリティ	A	B	B
接液部材	部材 I	部材 I	部材 II



精製後	評価品①	評価品②	評価品③
-----	------	------	------



金属不純物による汚染リスクが低いイオン交換樹脂の開発・評価にも適応

- ① 部材からの金属不純物の溶出をpg/Lレベルで評価できる機能材評価装置を開発
 - ✓ 固相抽出法を応用した水質の微量分析技術を部材溶出の評価技術に展開
 - ✓ イオン交換樹脂から金属不純物の溶出をpg/Lレベルの差で確認
 - ✓ 金属不純物の溶出量の経時変化をpg/Lレベルで観察

- ② 金属不純物による汚染リスクが低いイオン交換樹脂の評価・管理ツールとして使用可能
 - ✓ 金属不純物の溶出をpg/Lレベルで制御した製品の提供・開発

- ③ 水質分析と併せることで金属汚染のトレンドを総合的に管理