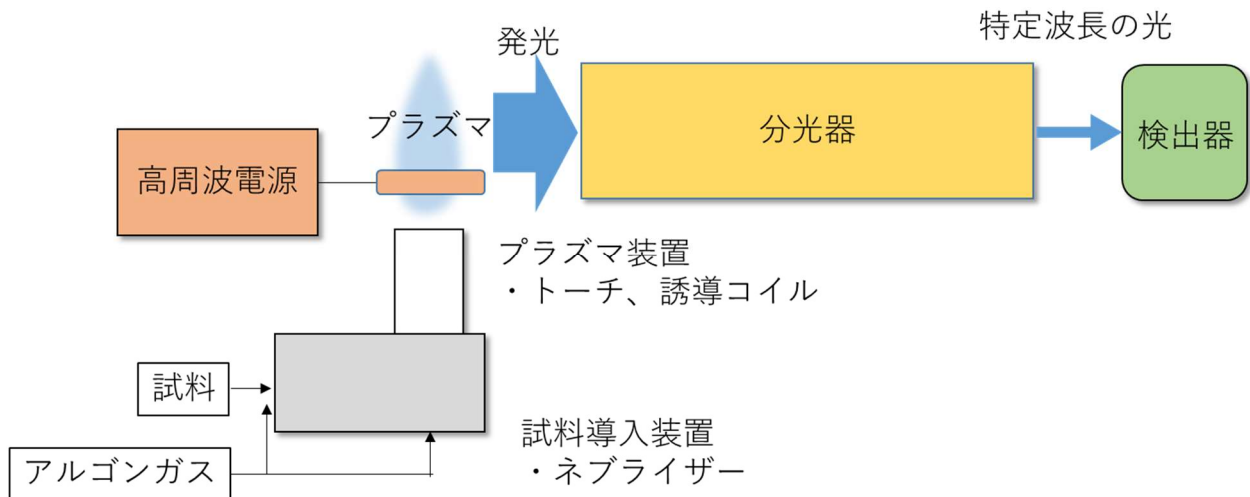


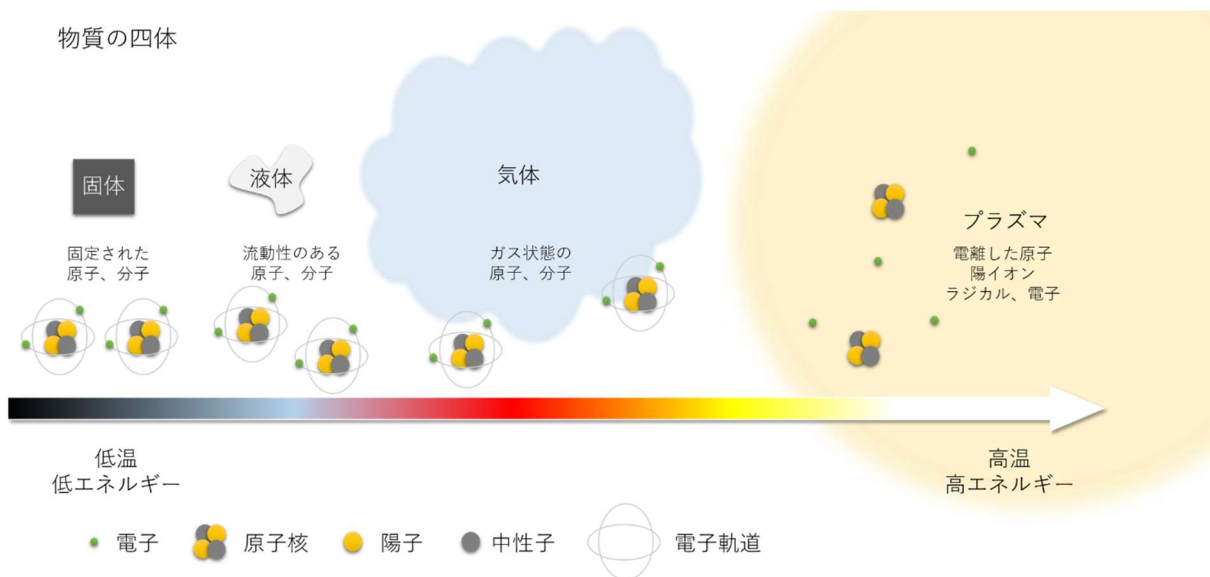
## ■ 分析の機器シリーズ 3) 一誘導結合プラズマ発光分析 (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy : ICP-AES)

### ICP-AES 装置の構成概略



### プラズマについて

プラズマは物質の三体である固体、液体、気体における分子や原子の状態とは異なり、一万°Cほどの高エネルギー環境において、原子から電子が離れ、それぞれが自由に動き回っている状態です。そのプラズマを元素の分析に利用した装置がICP-AESです。



## ICP-AES について

誘導プラズマ発光分析には一般的にアルゴンガスがプラズマ源として使用されます。大部分の元素は約 7,000°C のアルゴンプラズマ中で励起（電子のエネルギー準位が上がる）され、励起状態から基底状態に戻る際に、元素特有の波長の光を発する現象を利用して元素の量を測定する方法です。そのため、光源は不要で、多くの元素の一斉分析が可能です。また、プラズマ内での試料の広がりが少ないため、高感度に分析することができます。ppb から数%濃度の元素の検出も可能で測定濃度域が広いことも特徴の一つです。但し、試料の状態によっては、測定に影響を及ぼす（干渉する）場合があります。装置に使用されているネブライザー等によって液体試料はエアロゾルになり、脱溶媒ののち、アルゴントーチに導入されますが、その際に試料の流動性の違いによって導入量が変わることがあります（物理干渉）。また、共存物質の違いによって原子化に影響を与えます（化学干渉：ICP 発光分析ではあまり影響がない）。プラズマ内でのイオン化においても、イオン化しやすいアルカリ金属などが多くふくまれると影響されます（イオン化干渉）。分析対象の元素の発光線と重なる共存物質によっても影響されます（分光干渉）。分析においては、これらの干渉を考慮することが重要です。

## ICP-AES による分析可能元素と検出レベル

分析可能元素と検出限界値を下のチャートで示します。なお、定量下限値はこの数値よりも 5～10 倍程度高い値となります。

H																	He																												
Li 1 ppb 670.784	Be 0.1 ppb 313.042											B 2 ppb 249.773	C	N	O	F	Ne																												
Na 2 ppb 588.995	Mg 0.1 ppb 279.553											Al 5 ppb 396.152	Si 5 ppb 251.611	P 20 ppb 213.618	S 20 ppb 180.600	Cl	Ar																												
K 50 ppb 769.896	Ca 0.1 ppb 393.366	Sc 0.2 ppb 361.384	Ti 0.6 ppb 334.941	V 1 ppb 309.311	Cr 2 ppb 205.552	Mn 0.3 ppb 257.610	Fe 0.8 ppb 259.940	Co 1 ppb 228.616	Ni 3 ppb 221.647	Cu 0.5 ppb 324.754	Zn 1 ppb 213.856	Ga 7 ppb 294.364	Ge 15 ppb 265.118	As 10 ppb 193.696	Se 15 ppb 196.026	Br** 154.065	Kr																												
Rb* 780.027	Sr 0.1 ppb 407.771	Y 0.4 ppb 371.030	Zr 2 ppb 339.198	Nb 10 ppb 309.418	Mo 1 ppb 202.030	Tc	Ru 7 ppb 240.272	Rh 10 ppb 233.477	Pd 10 ppb 340.458	Ag 1 ppb 328.068	Cd 1 ppb 228.802	In 20 ppb 230.606	Sn 10 ppb 189.980	Sb 10 ppb 206.833	Te 10 ppb 214.281	I 10 ppb 206.160	Xe																												
Cs	Ba 0.2 ppb 455.403	La 1 ppb 408.672	Hf 5 ppb 339.980	Ta 5 ppb 240.063	W 10 ppb 207.911	Re 2 ppb 227.525	Os 0.5 ppb 225.585	Ir 7 ppb 224.268	Pt 10 ppb 214.423	Au 3 ppb 242.795	Hg 5 ppb 194.227	Tl 30 ppb 276.787	Pb 20 ppb 220.353	Bi 5 ppb 223.061	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha																																									
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Ce 10 ppb 418.660</td> <td>Pr 10 ppb 417.939</td> <td>Nd 10 ppb 401.255</td> <td>Pm</td> <td>Sm 8 ppb 359.260</td> <td>Eu 0.2 ppb 381.967</td> <td>Gd 3 ppb 342.247</td> <td>Tb 5 ppb 360.917</td> <td>Dy 2 ppb 353.170</td> <td>Ho 1 ppb 345.600</td> <td>Er 2 ppb 337.271</td> <td>Tm 2 ppb 346.220</td> <td>Yb 0.4 ppb 328.937</td> <td>Lu 0.3 ppb 261.542</td> </tr> <tr> <td>Th 15 ppb 238.730</td> <td>Pa</td> <td>U 50 ppb 385.958</td> <td>Np</td> <td>Pu</td> <td>Am</td> <td>Cm</td> <td>Bk</td> <td>Cf</td> <td>Es</td> <td>Fm</td> <td>Md</td> <td>No</td> <td>Lr</td> </tr> </tbody> </table>																		Ce 10 ppb 418.660	Pr 10 ppb 417.939	Nd 10 ppb 401.255	Pm	Sm 8 ppb 359.260	Eu 0.2 ppb 381.967	Gd 3 ppb 342.247	Tb 5 ppb 360.917	Dy 2 ppb 353.170	Ho 1 ppb 345.600	Er 2 ppb 337.271	Tm 2 ppb 346.220	Yb 0.4 ppb 328.937	Lu 0.3 ppb 261.542	Th 15 ppb 238.730	Pa	U 50 ppb 385.958	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce 10 ppb 418.660	Pr 10 ppb 417.939	Nd 10 ppb 401.255	Pm	Sm 8 ppb 359.260	Eu 0.2 ppb 381.967	Gd 3 ppb 342.247	Tb 5 ppb 360.917	Dy 2 ppb 353.170	Ho 1 ppb 345.600	Er 2 ppb 337.271	Tm 2 ppb 346.220	Yb 0.4 ppb 328.937	Lu 0.3 ppb 261.542																																
Th 15 ppb 238.730	Pa	U 50 ppb 385.958	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

元素 検出限界 分析線波長 (nm)	検出下限値レベル色分け		
	>10 ppb	1-10 ppb	0.1-1 ppb

\*Rb は発光スペクトルが Ar のスペクトルと干渉する

\*\*B は発光スペクトルが短波長にあるため、バックグラウンド干渉を受けやすい

## 誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS) について

基本原理は ICP 発光と同様で、プラズマ中の元素からの発光を検出する代わりにイオン量を測定する装置です。プラズマ中で生じた元素イオンはイオンレンズで集束され質量分析計に導入されます。検出感度は < ppt と ICP 発光よりも二桁から三桁ほど高くなります。

## 分析対象

一般的に環境水（河川水や湖沼水、地下水、海域水など）や水道水、事業場からの排水などに含まれる金属成分の分析、鋼などの金属素材の組成分析、岩石に含まれる金属成分の分析、生体試料中の金属分析などに用いられます。試料の状況に応じて必要な前処理を行います。例えば、岩石や土壌等の固体試料については、メノウ乳鉢で粉碎したのち、フッ化水素酸・硝酸・過塩素酸の混合酸を用いて加熱分解し、酸を飛ばし乾固したのち 2%硝酸溶液とし分析に用います。試料によっては蛍石など酸分解されにくいものがあり、その場合はアルカリ溶融法が適用されます。基本的には、金属元素を溶かし出すことと、有機物を分解除去することが重要です。その際に、分析対象の元素が揮発しない操作であることに留意する必要があります。

## ICP-AES のまとめ

- ・ 分析対象：金属元素（水道水や河川水、排水などの環境水、金属素材や岩石、土壌、生体試料など）
- ・ 感度：一般的にフレイム型原子吸光法よりは高感度だが、フレイムレス原子吸光と同等で ppb レベルの検出が可能（2p チャート参照）
- ・ ダイナミックレンジ：～6 桁