

ペロブスカイト型太陽電池の高効率化を実現するためには、光吸収層材料の組成や不純物元素濃度を把握することが重要である。ICP発光分光分析法、ICP質量分析法およびイオンクロマトグラフィーにより材料中の無機元素分析が可能である。

H																	He				
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
Fr	Ra	A																			
L	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu						
A	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr						

- E ICP質量分析法 (ICP-MS)
- E ICP発光分光分析法 (ICP-AES)
- E イオンクロマトグラフィー (IC)
- E 他の手法で評価できる場合有

ICP-MS, ICP-AES, ICはいずれも溶液を測定対象とする分析手法であるため、測定前には試料の前処理(溶液化処理)が必要である。

- ICP-MS: 溶液化した試料をプラズマ内に導入し、生成したイオンを質量分析計で測定する手法。最も高感度な無機元素の定量分析法。
- ICP-AES: プラズマ内で励起された原子・イオンが放出する光の強度と波長から無機元素を定量する手法。繰り返し精度が非常に高い。
- IC: イオン交換体を固定相としたカラム内で試料溶液中のイオン成分を分離する手法。無機イオンを高感度に分析できる。

ICP-MSによる金属不純物分析結果
(単位: µg/g)

	MAPbI ₃ •DMF	FAPbI ₃ •2DMF
Li	<0.5	<0.5
Na	1	5
P	<2	<2
K	0.9	<0.5
Ti	<0.5	<0.5
Fe	<0.5	<0.5
Ge	<0.5	<0.5
Rb	<0.5	<0.5
Rh	<0.5	<0.5
Sn	<0.5	<0.5
Cs	<0.5	<0.5

- 約60種の金属元素の定性分析や着目元素の定量分析についてppmレベルで評価できる。
- 二重収束(高分解能)型ICP-MSを活用することで、通常の四重極型では干渉を受けるPやRhについても高感度な分析が可能である。

ICP-AESによる組成分析 (単位: 質量%)

	MAPbI ₃ ·DMF	FAPbI ₃ ·2DMF
Pb	29.7	32.2
I	56.8	61.5
I / Pb	3.13	3.12

注) 3桁目は参考表示

- PbとIの組成比を得ることが可能である。
- 溶液化処理においてPb, Iを損失させない工夫が必要。

ICによるハロゲン分析 (単位：質量%)

	MAPbI ₃ ·DMF	FAPbI ₃ ·2DMF
F	<1	<1
Cl	<10	<10
Br	<3	<3

- Iを含めたハロゲンを%レベルで一括して評価可能である。
純水により試料から抽出したハロゲンを対象とした分析であればppmレベルで評価できる。

光吸収層材料中の金属不純物はICP-MSにより高感度に評価することができる。組成はICP-AESにより分析可能であるが、Pb、Iを損失させない前処理を適用することが重要である。