

EPMA基礎講座

日本電子株式会社

EPMA 外觀



JXA-8230



EPMA概要

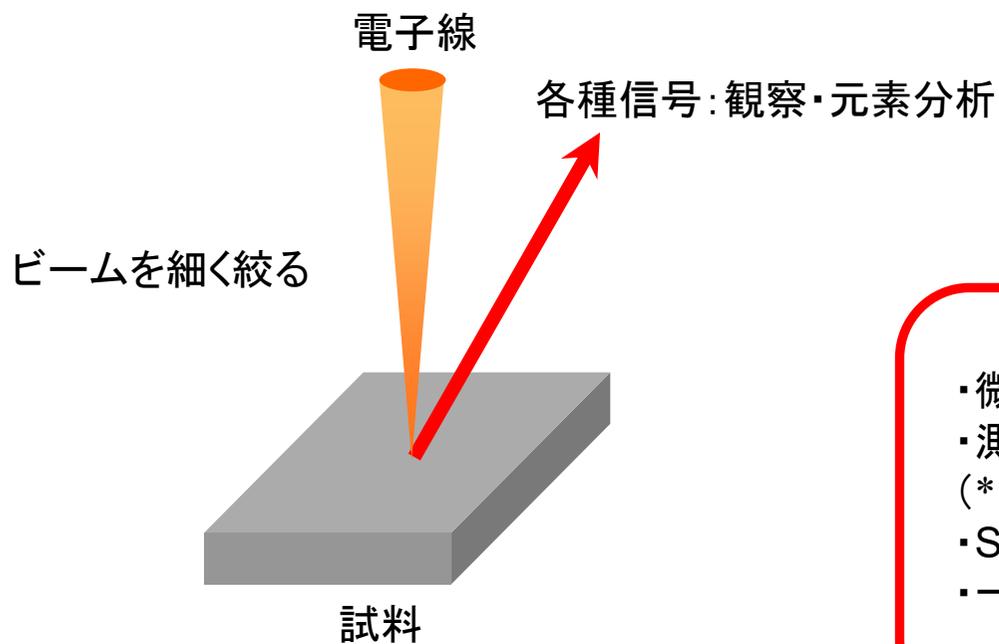


EPMAとは

EPMA = Electron Probe Micro Analyzer (Analysis)

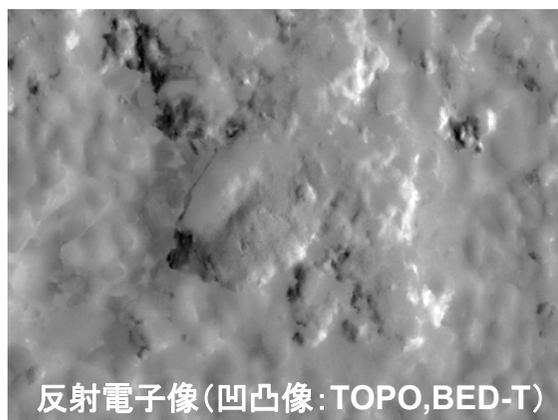
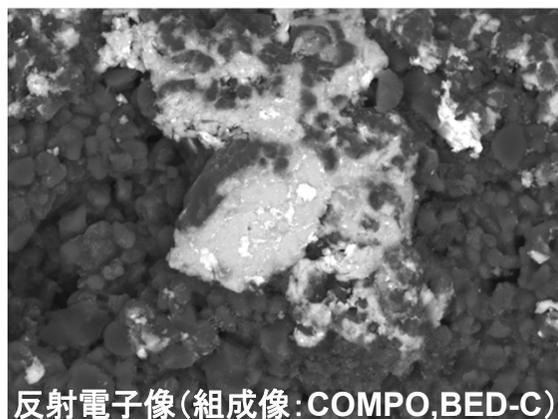
電子 探針 微小部 分析装置

電子線マイクロアナライザー
X線マイクロアナライザー

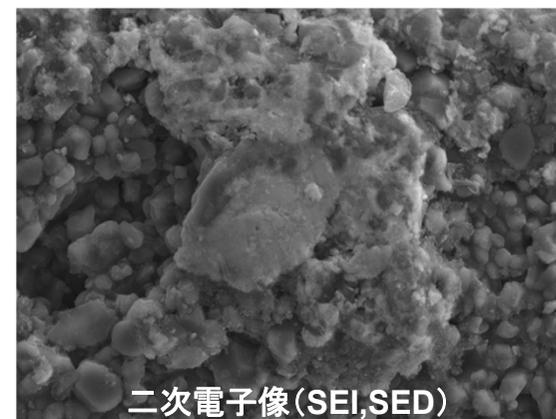
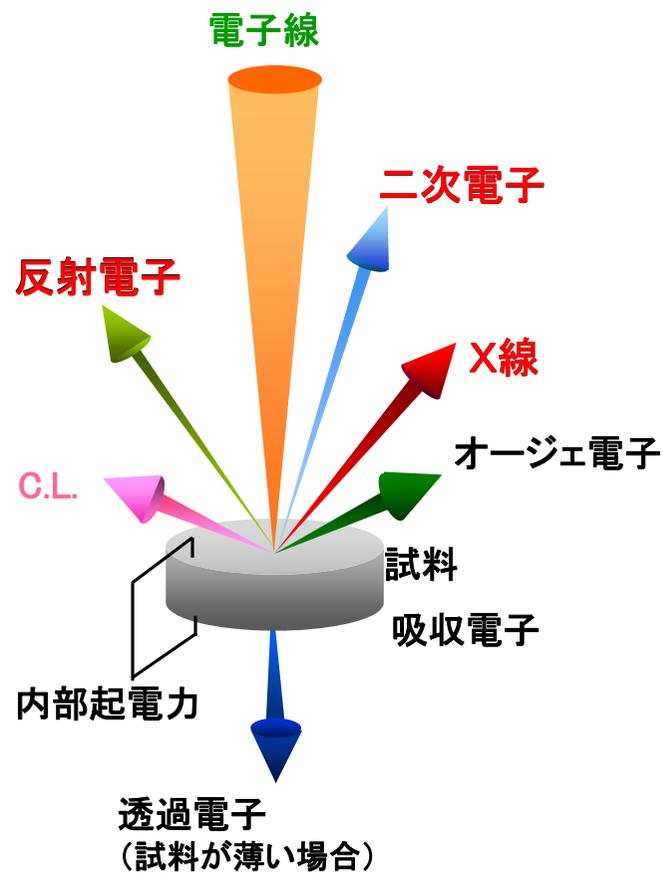


- ・微小領域(～数 μm 以上)の元素分析
- ・測定元素は ${}^5\text{B}$ (${}^4\text{Be}^*$)以上の原子番号の元素(* ${}^4\text{Be}$ $\text{K}\alpha$ 線を検出できる分光素子が必要)
- ・SEM(走査電子顕微鏡)の機能
- ・一般に波長分散型のX線検出器を有する

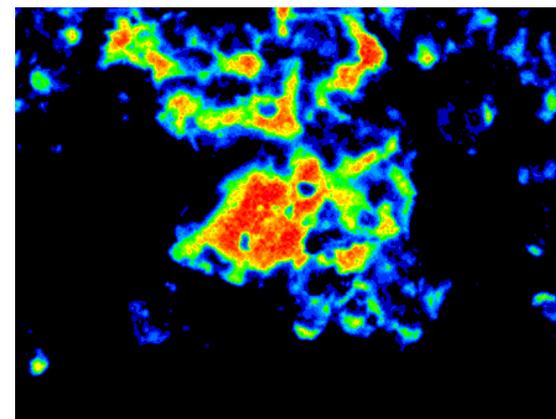
試料より得られる信号



→反射電子:組成観察
凹凸観察

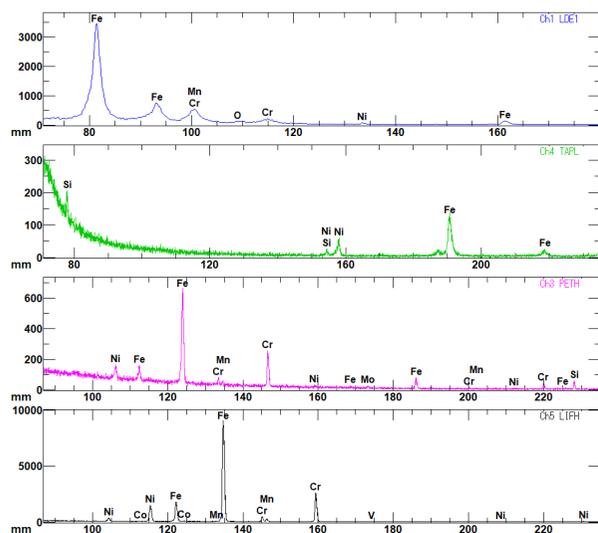


→二次電子:形態観察



各種分析例

定性分析



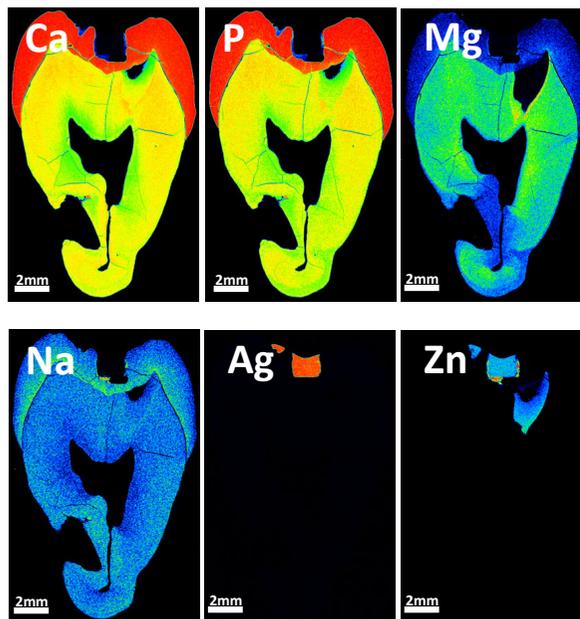
定量分析

ZAF Metal

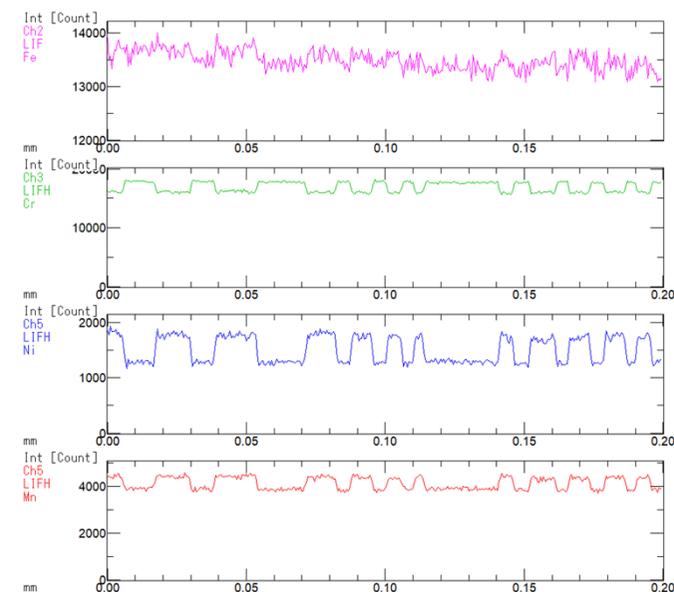
Element	Mass(%)	Atom(%)	K(%)	K-raw(%)	ZAF	Z	A	F
Si	0.284	0.5641	0.156	0.156	1.8222	0.9001	2.0248	0.9998
Fe	70.187	70.0223	68.565	68.565	1.0237	1.0008	1.0327	0.9904
Cr	18.576	19.9043	21.196	21.196	0.8764	1.0048	1.0102	0.8634
Mo	0.238	0.1384	0.187	0.187	1.2732	1.0781	1.1837	0.9977
Cu	0.310	0.2716	0.277	0.277	1.1170	1.0293	1.0853	1.0000
Ni	8.173	7.7570	7.491	7.491	1.0911	0.9820	1.1112	1.0000
Ti	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 ?
Mn	1.324	1.3423	1.300	1.300	1.0184	1.0215	1.0039	0.9931

Total	99.092	100.0000	99.172	99.172	Iteration = 4			

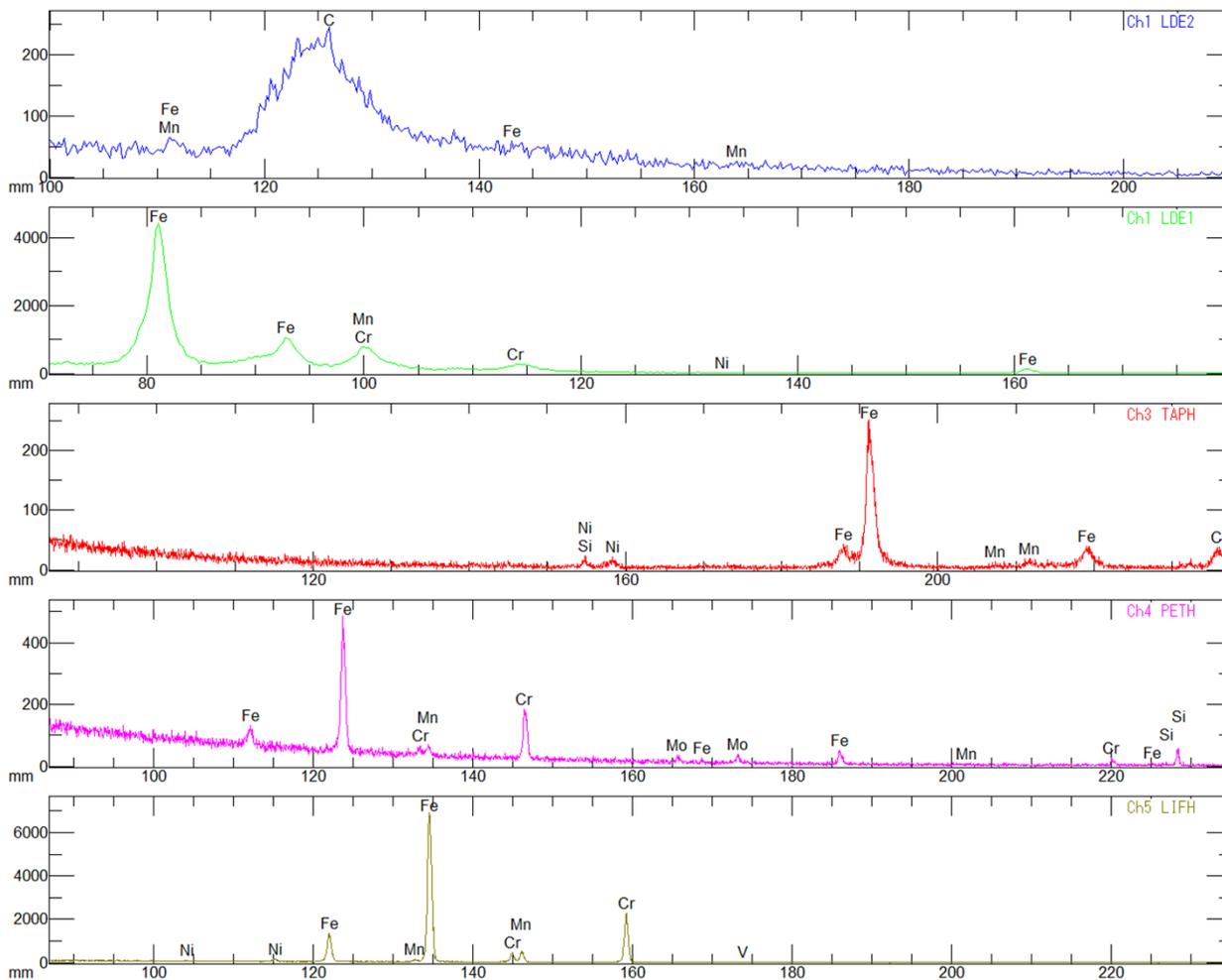
面分析(カラーマップ)



線分析



定性分析例 試料: ステンレス鋼



ID-Doctor
 Aランク
 C Si V Cr Mn
 Fe Ni Mo
 Bランク
 Cu

自動同定元素

ZAF Metal

Element	Mass(%)	Atom(%)
C	1.229	5.4247
Si	0.541	1.0212
V	0.109	0.1136
Cr	22.655	23.0879
Mn	5.039	4.8610
Fe	67.742	64.2782
Ni	1.135	1.0247
Mo	0.342	0.1887
<hr/>		
Total	98.792	100.0000

半定量(簡易定量)分析結果

試料中にどのような元素が入っているかが分かる

定量分析例 試料:SUS316

Unknown Specimen No. 3
Group : TEST Sample : SUS
UNK No. : 3 Comment : SUS316
Stage : X= 15.5165 Y= 40.9898 Z= 11.0875
Acc. Voltage : 20.0 (kV) Probe Dia. : 7 Scan : Off
Dated on Jun 4 09:50 2003
WDS only No. of accumulation : 1

Curr.(A) : 2.002E-08

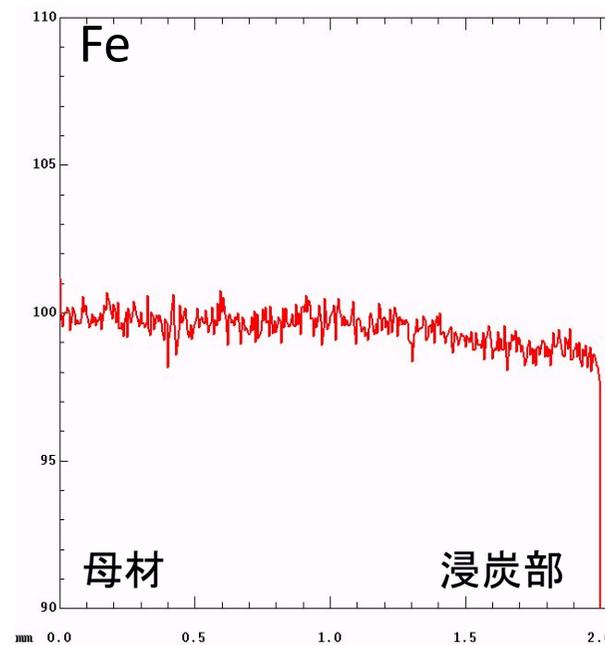
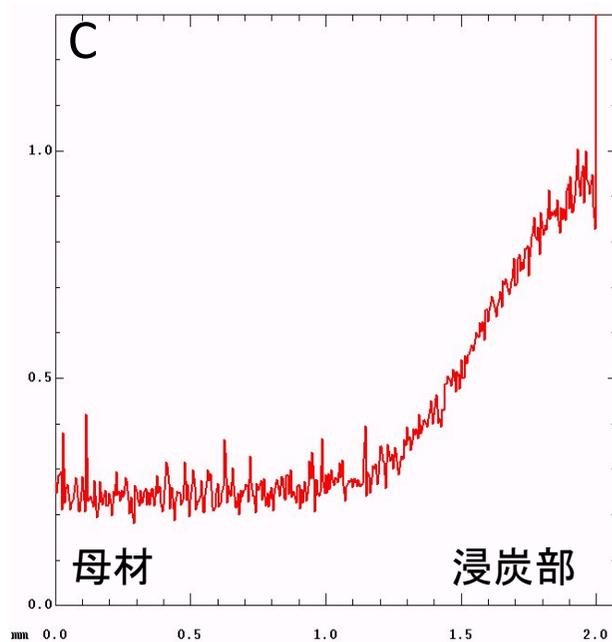
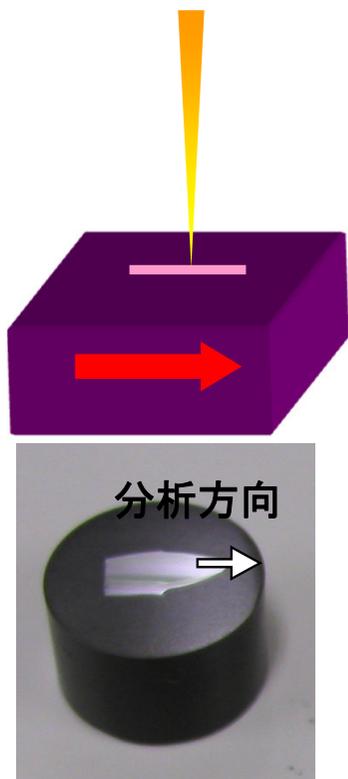
Element	Peak(mm)	Net(cps)	Bg-	Bg+	S.D. (%)	D.L. (ppm)
1 Si	77.227	301.5	92.0	52.2	2.19	52
2 Fe	134.666	5774.3	25.4	18.4	0.42	243
3 Ni	115.424	3053.5	138.2	108.2	0.60	140
4 Mo	173.196	205.4	21.2	15.4	2.40	162
5 Cr	159.275	1272.2	8.6	10.8	0.89	217
6 Mn	146.311	304.9	71.6	58.8	2.16	124

ZAF Metal

Element	Mass(%)	Atom(%)	K(%)	K-raw(%)	ZAF	Z	A	F
Si	0.774	1.5369	0.427	0.427	1.8111	0.8999	2.0134	0.9996
Fe	68.510	68.4257	67.023	67.023	1.0222	1.0004	1.0329	0.9892
Ni	9.310	8.8461	8.559	8.559	1.0878	0.9815	1.1083	1.0000
Mo	2.217	1.2888	1.742	1.742	1.2728	1.0778	1.1835	0.9978
Cr	17.540	18.8152	19.840	19.840	0.8841	1.0044	1.0137	0.8683
Mn	1.071	1.0873	1.050	1.050	1.0199	1.0211	1.0066	0.9924
Total	99.422	100.0000	98.641	98.641	Iteration = 4			

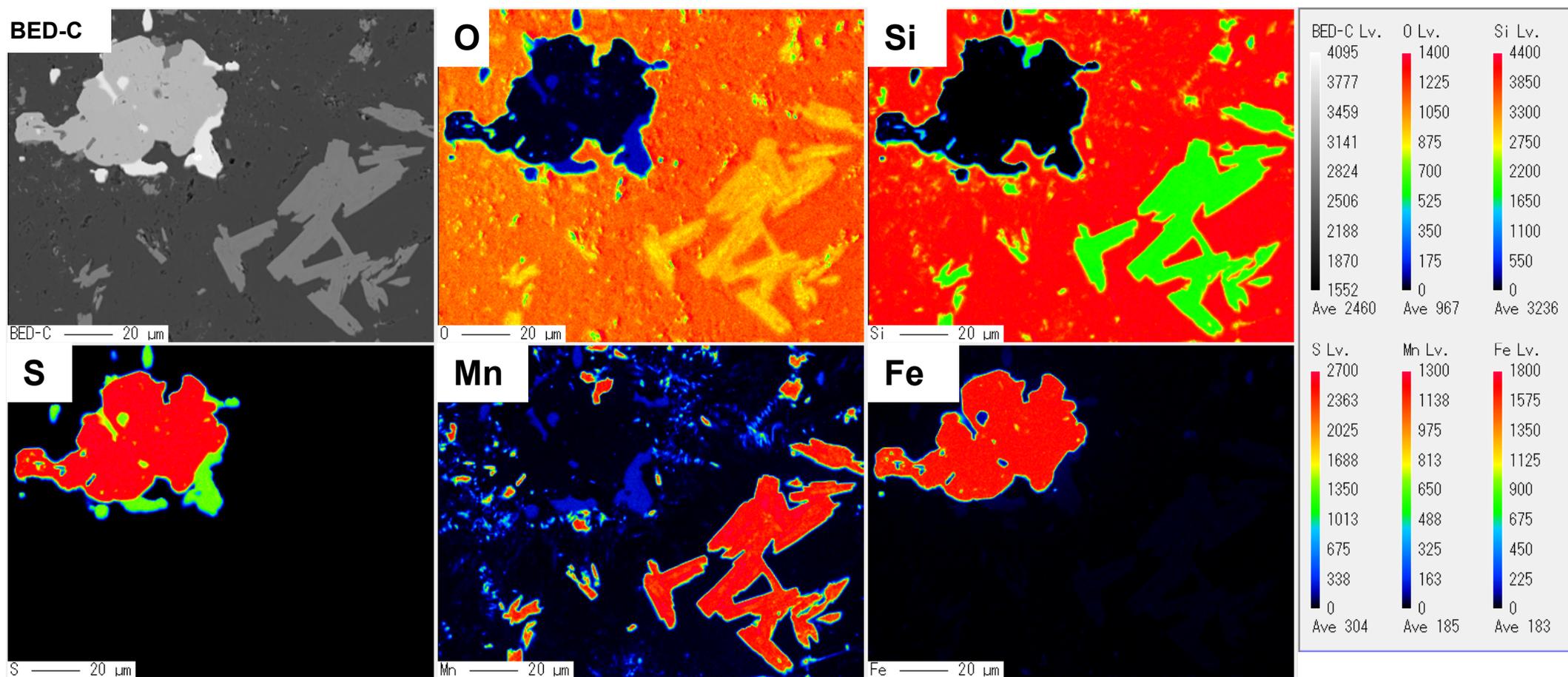
元素の濃度(質量濃度)が分かる

線分析例 試料: 浸炭された鋼材



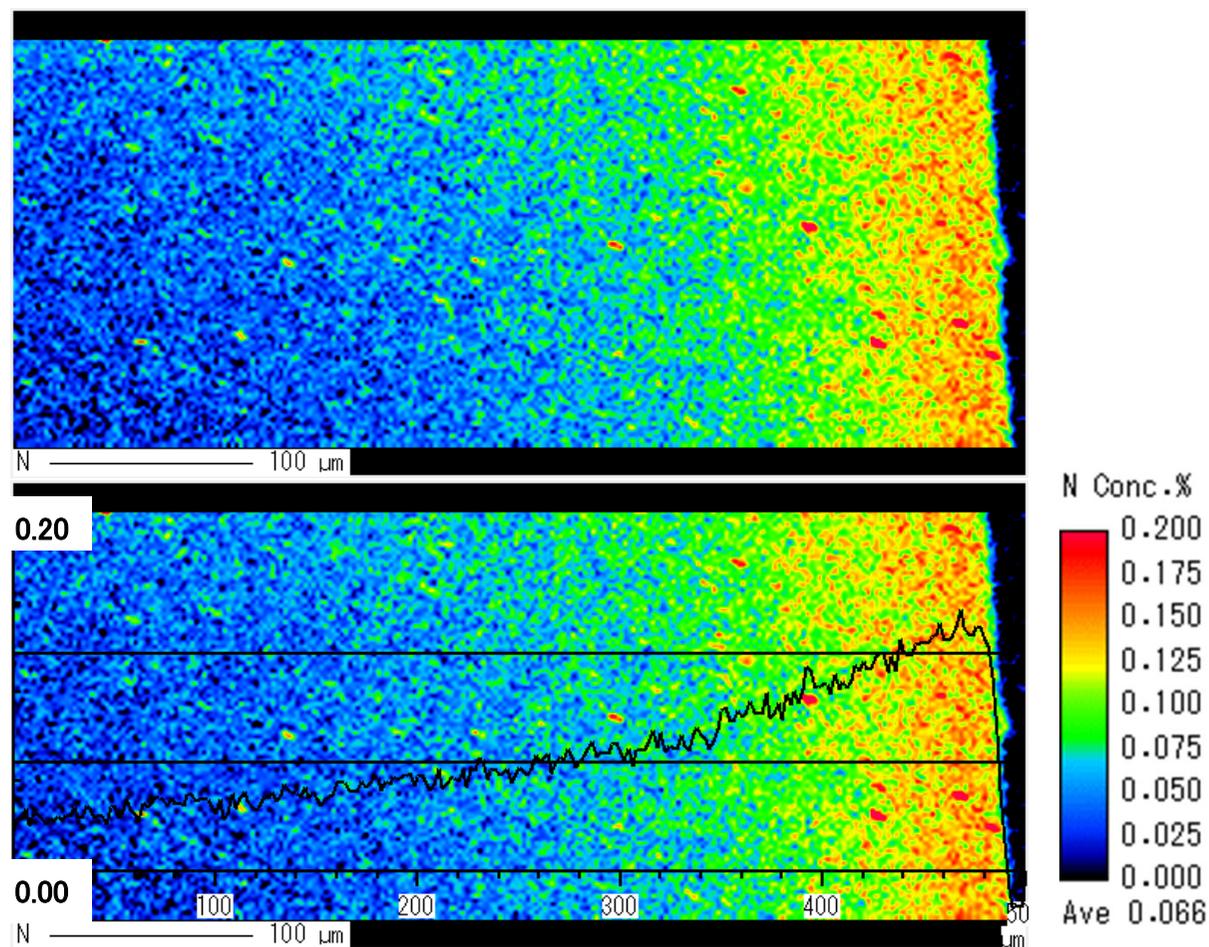
直線方向の元素の濃度が分かる

面分析 試料: 鉱物



元素の濃度が色別で分けられ、一目で元素濃度分布が分かる

面分析 試料:窒化鋼



面分析データを、線分析プロファイルで表示することが出来る

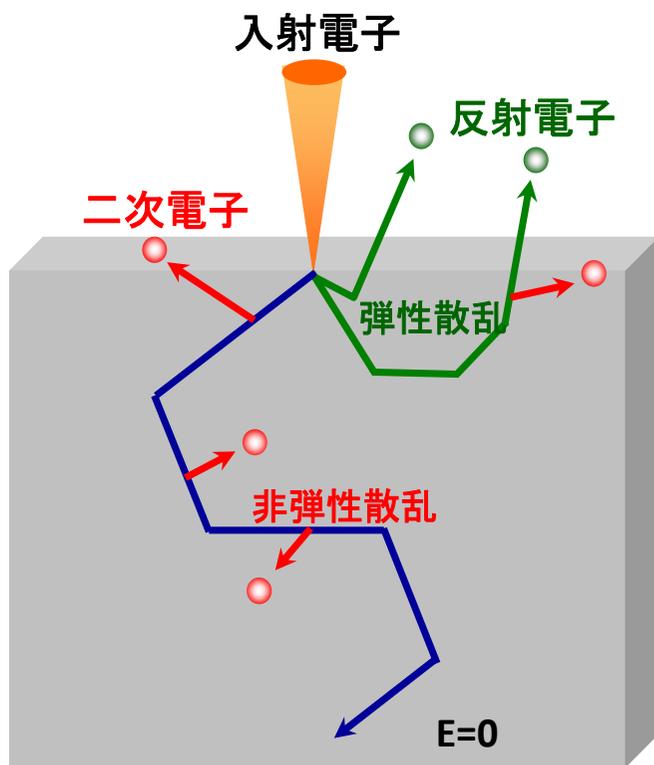
EPMA分析において、試料が備えるべき条件

- 1) 固体である
- 2) 真空中で収縮、変形しない
- 3) 電子線の照射に物理的、化学的に安定である
- 4) 導電性がある（またはコーティングで導電性を確保）
- 5) マウント可能な大きさである
- 6) 試料表面はできるだけ平滑で水平であること（特に定量分析）
- 7) 強い磁性をもつ材料は避ける

EPMAの原理

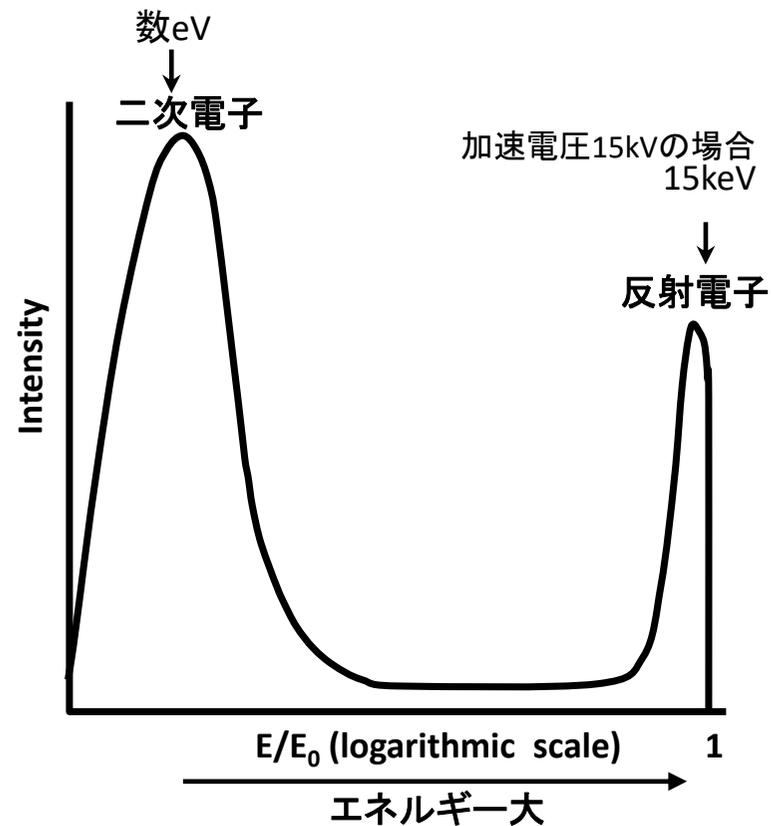


二次電子と反射電子



弾性散乱: エネルギーの移動なし
非弾性散乱: エネルギー移動あり

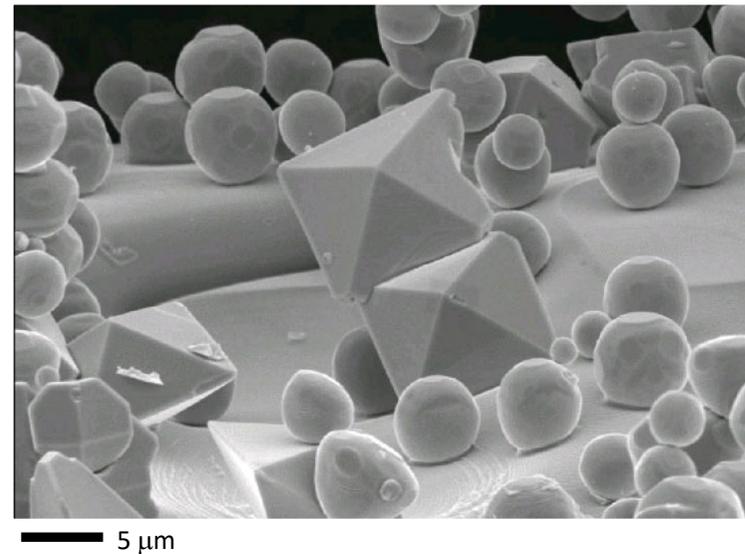
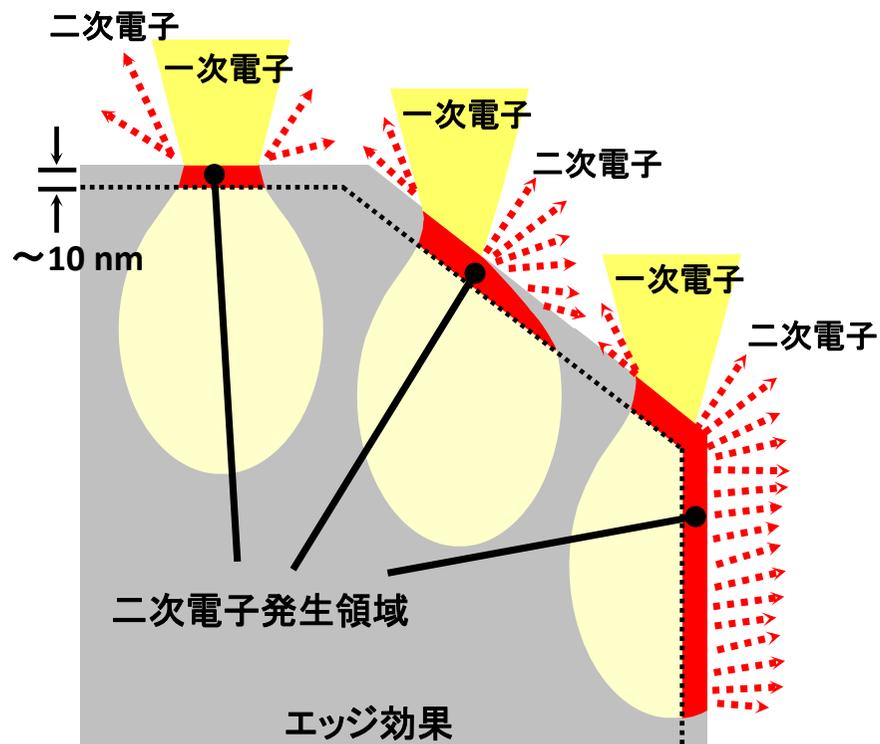
試料中の電子のふるまい



二次電子は低いエネルギーで、
反射電子は高いエネルギーを持つ

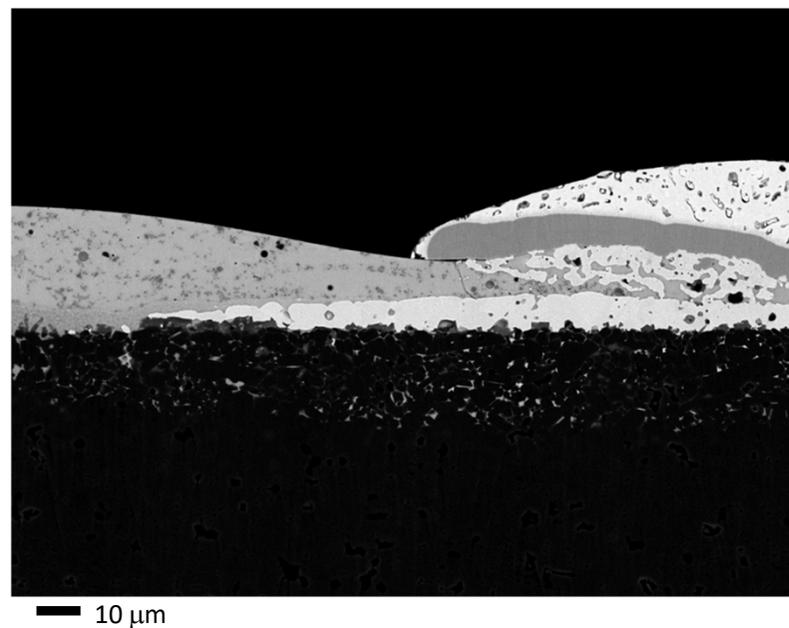
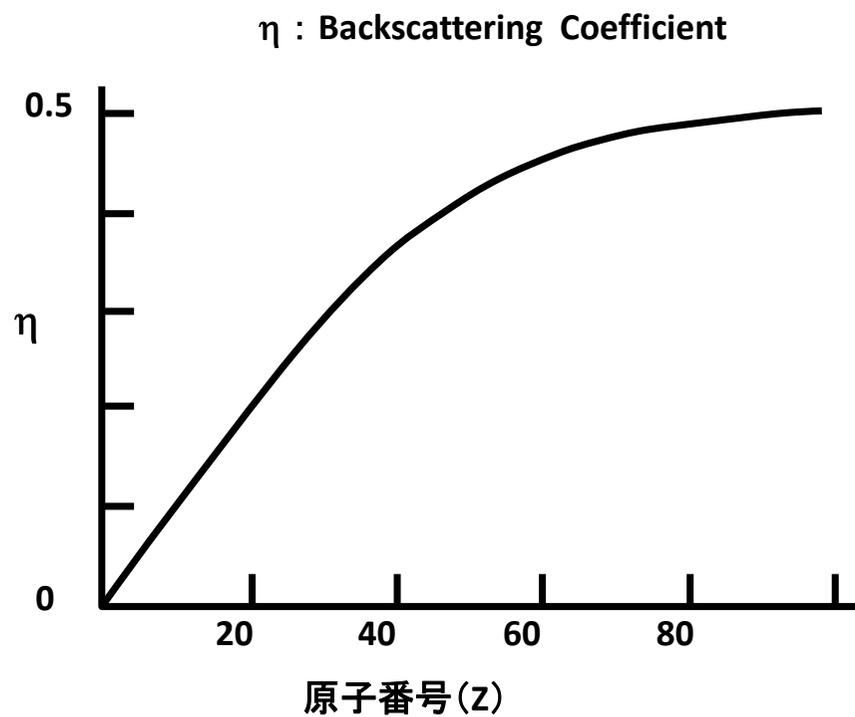
試料から発生する電子のエネルギー分布

二次電子とエッジ効果



二次電子の発生量は入射角に依存するため、
表面の凹凸情報が得られる
→表面形態の観察に有利

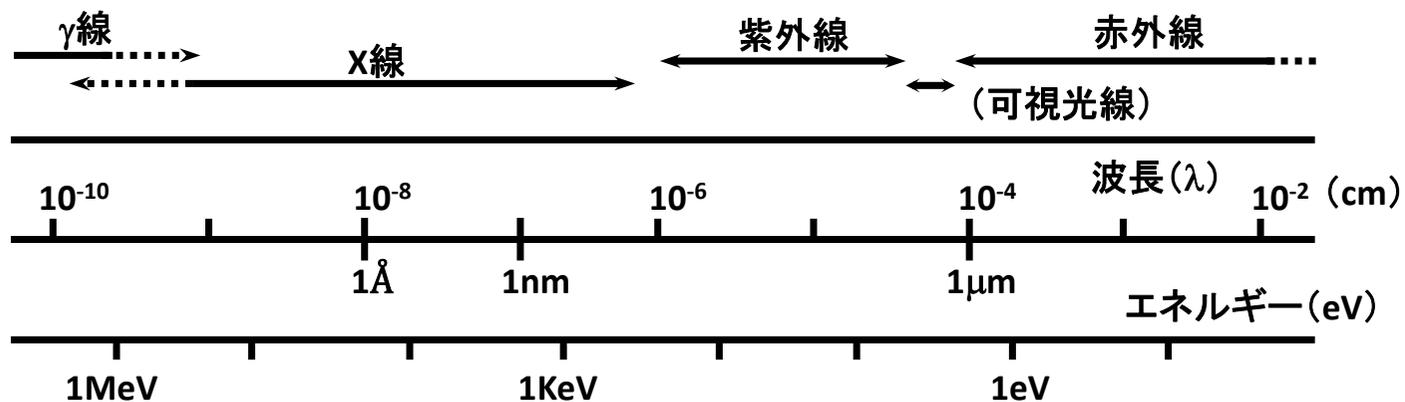
反射電子発生量と組成像



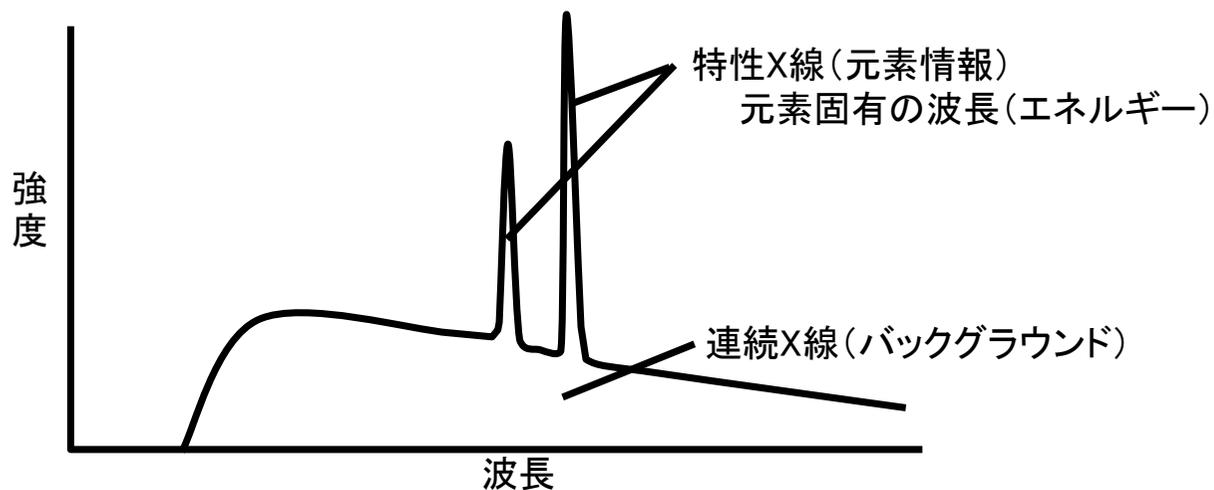
試料: チップ抵抗

原子番号が高くなると反射電子の発生率が高くなる
→組成情報の観察に有利

電磁波の一覧

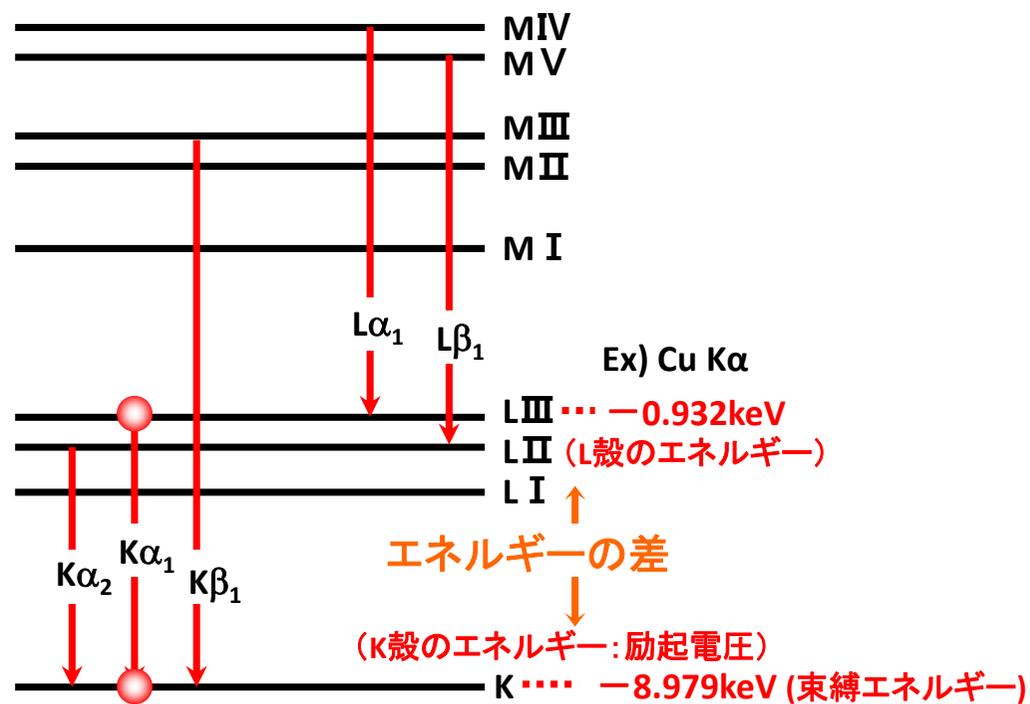
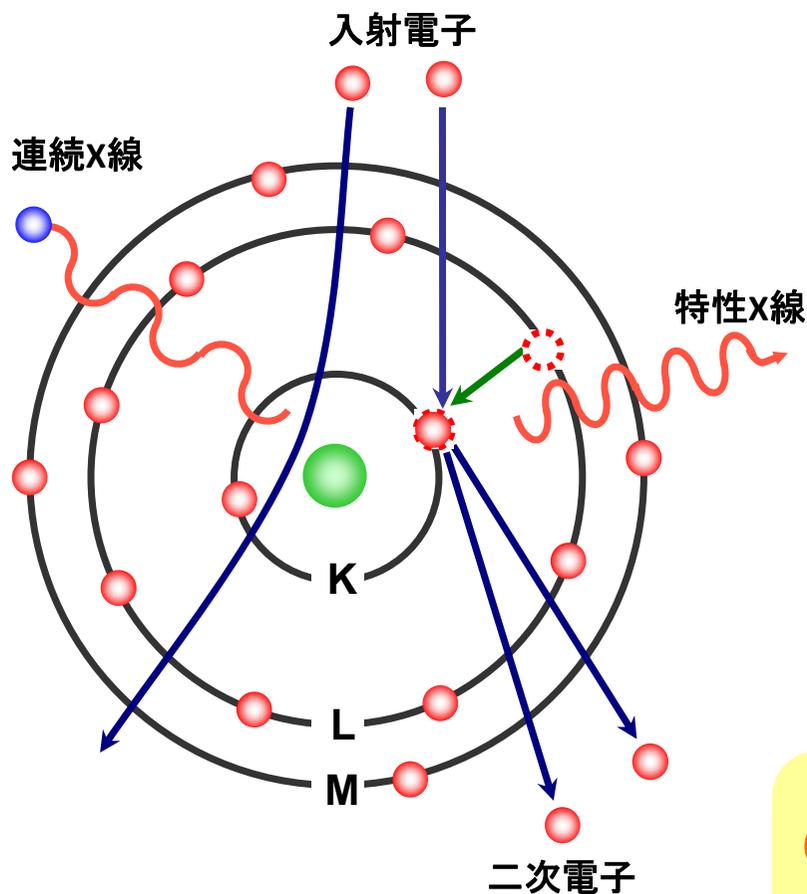


X線は波(波長(λ))でもあり、粒子(エネルギー(eV))でもある。 $\lambda \text{ (nm)} = \frac{1.239}{E \text{ (KeV)}}$



特性X線と連続X線

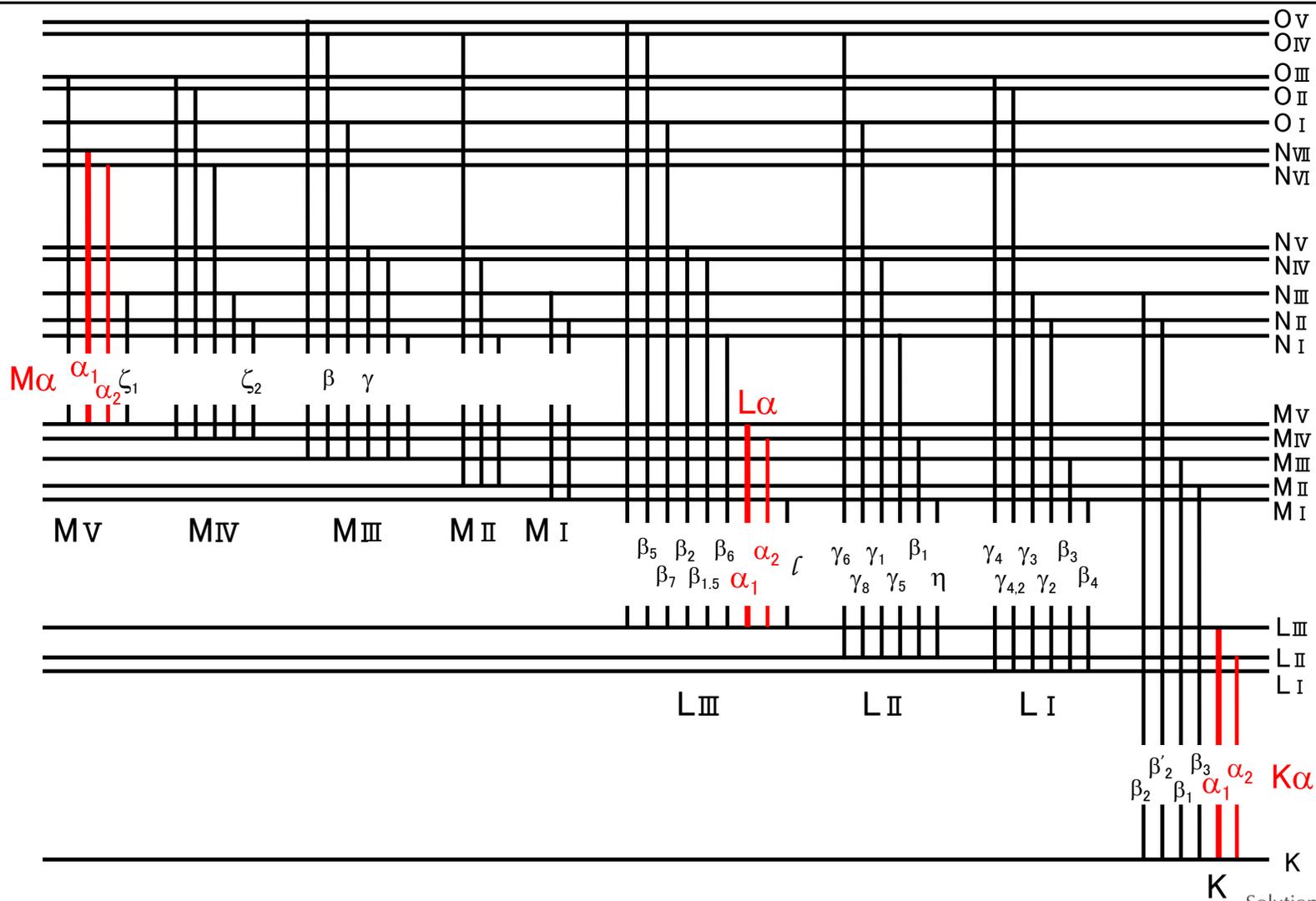
特性X線の発生モデル



Cu Kα のエネルギー

$$= -0.932 - (-8.979) \doteq 8.046 \text{ keV}$$

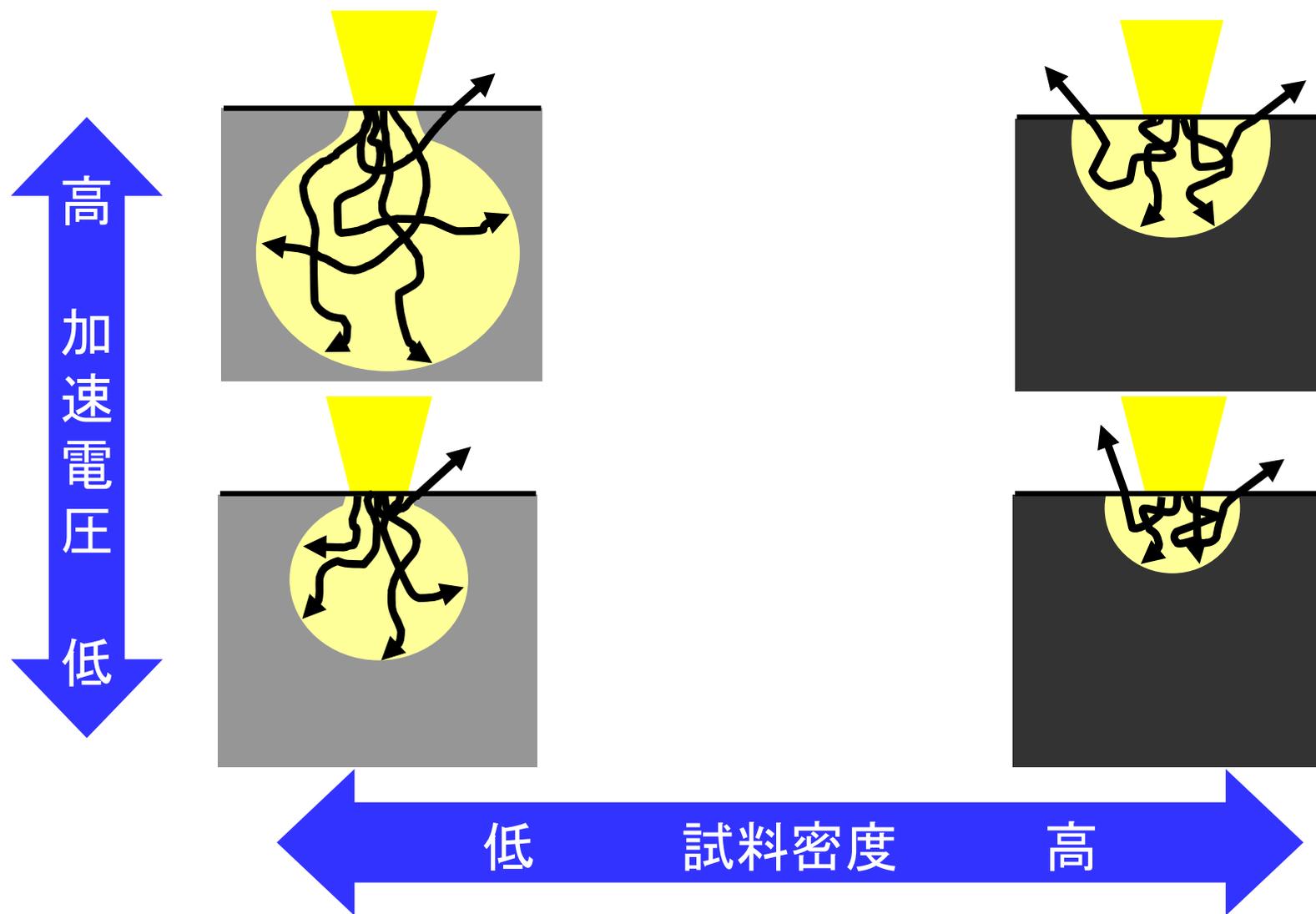
様々な特性X線の種類



拡散領域

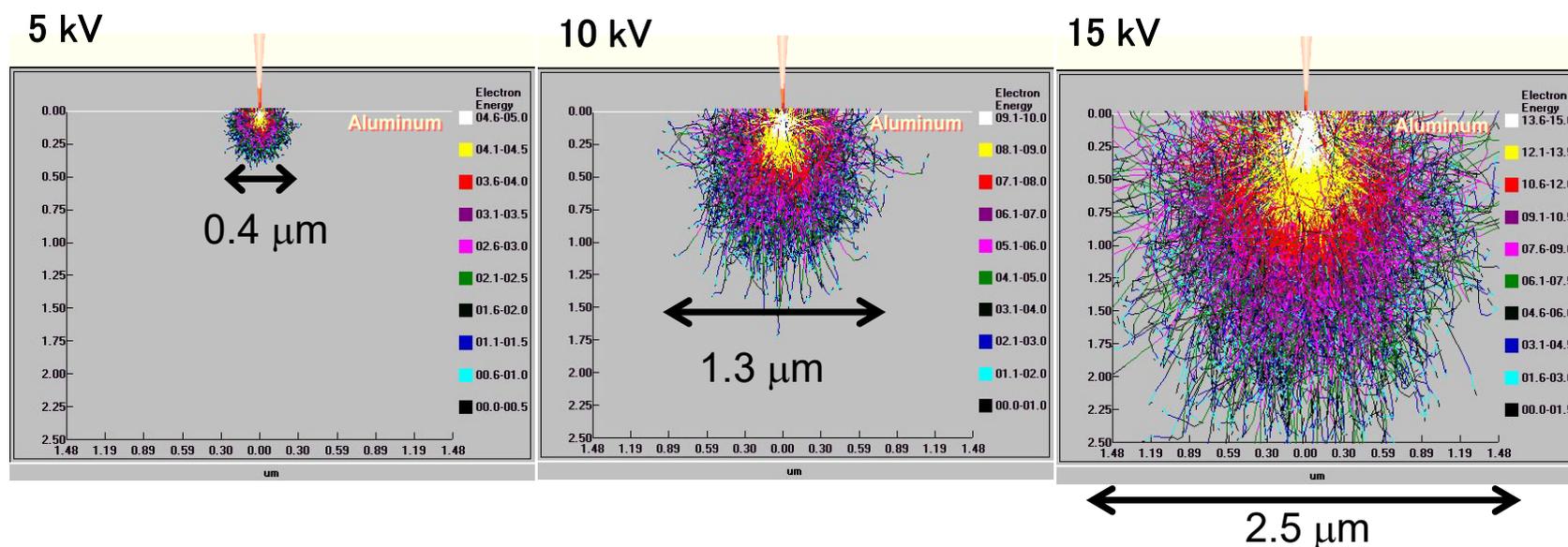


加速電圧 と 試料密度によって 大きく変化



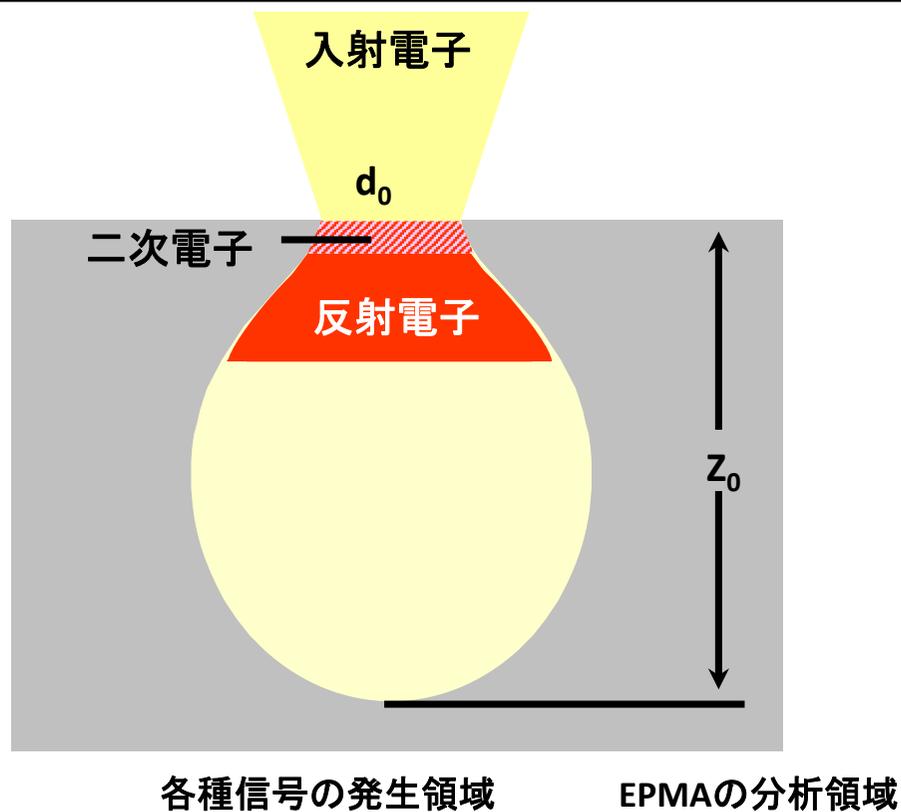
加速電圧と拡散領域

試料密度が一定で、加速電圧が異なる場合 (Al)



加速電圧が高いほど、電子線の試料中での拡散領域は大きくなる

X線の発生領域



$$Z_m = 0.033(V_0^{1.7} - V_k^{1.7})A/\rho Z$$

通常 $Z_m = 0.5 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度

V_0 : 加速電圧(kV)

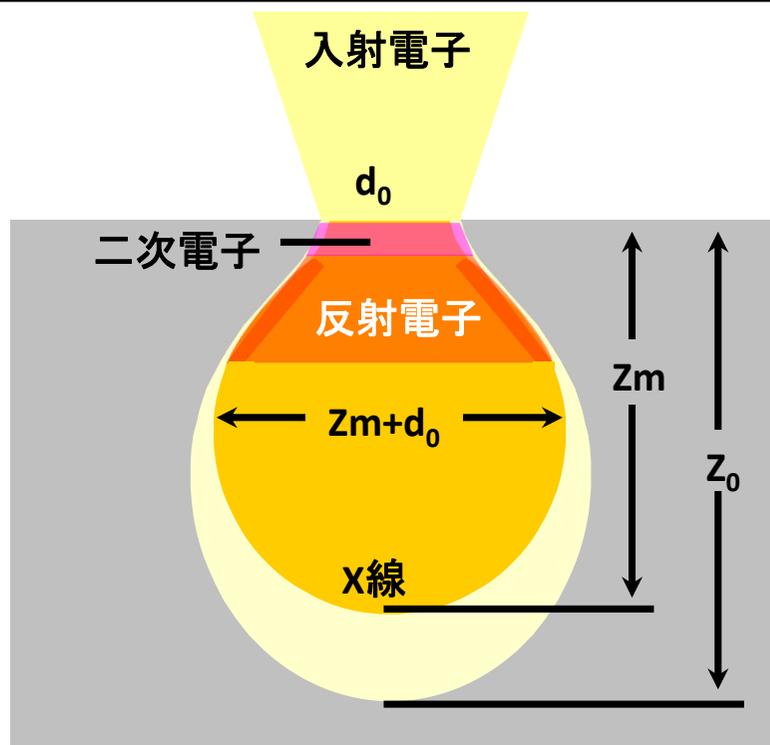
V_k : 臨界励起電圧 (kV)

A : 原子量

ρ : 密度(g/cm^3)

Z : 原子番号

X線の発生領域



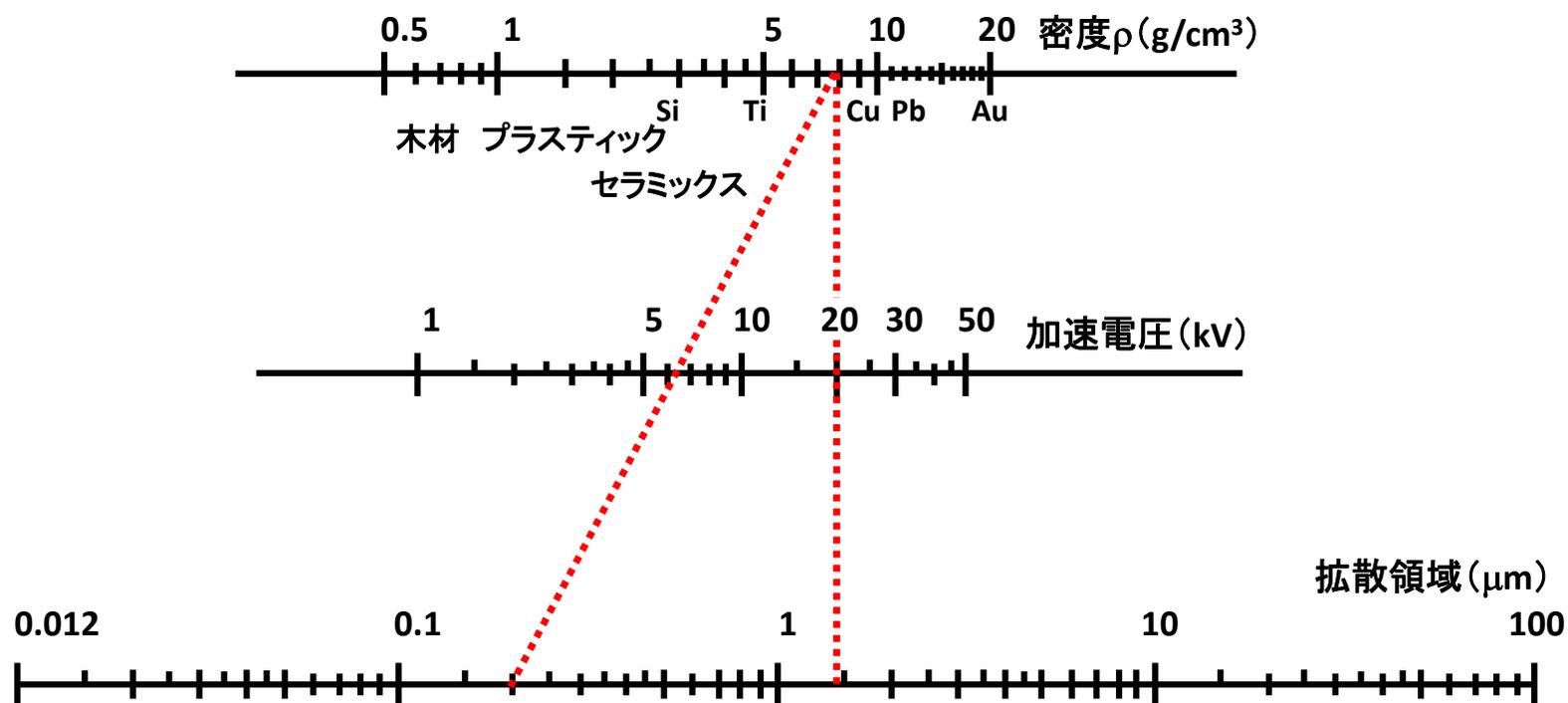
各種信号の発生領域

$$Z_m = 0.033(V_0^{1.7} - V_k^{1.7})A/\rho Z$$

通常 $Z_m = 0.5 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度

V_0 : 加速電圧(kV)
 V_k : 臨界励起電圧 (kV)
 A : 原子量
 ρ : 密度(g/cm^3)
 Z : 原子番号

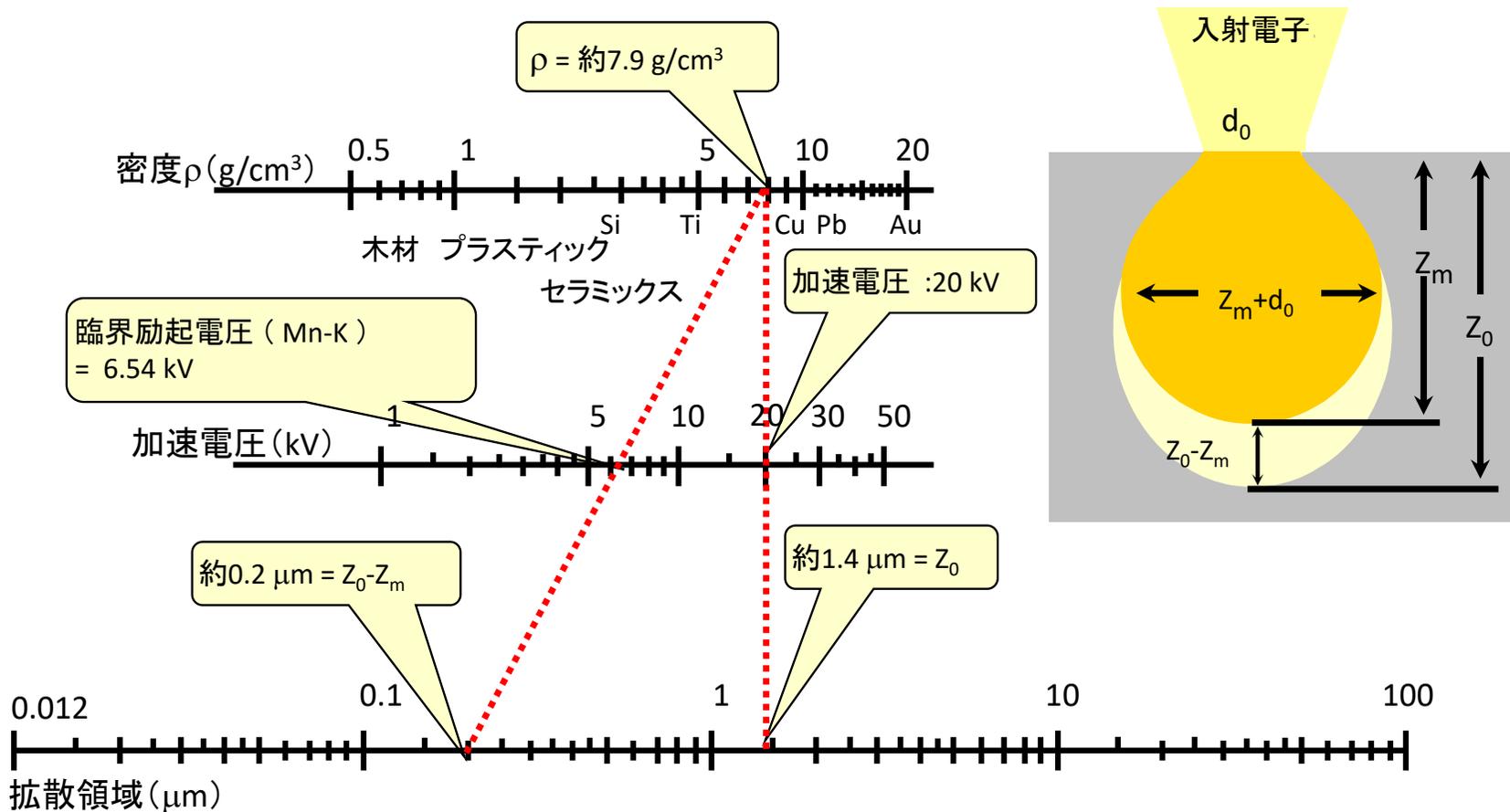
X線の発生領域



拡散領域は試料密度と加速電圧によって決定される。
よって、試料密度と加速電圧が分かれば、ノモグラムを使用することにより、
分析時の拡散領域を推測することが出来る。

分析領域の算出ノモグラム

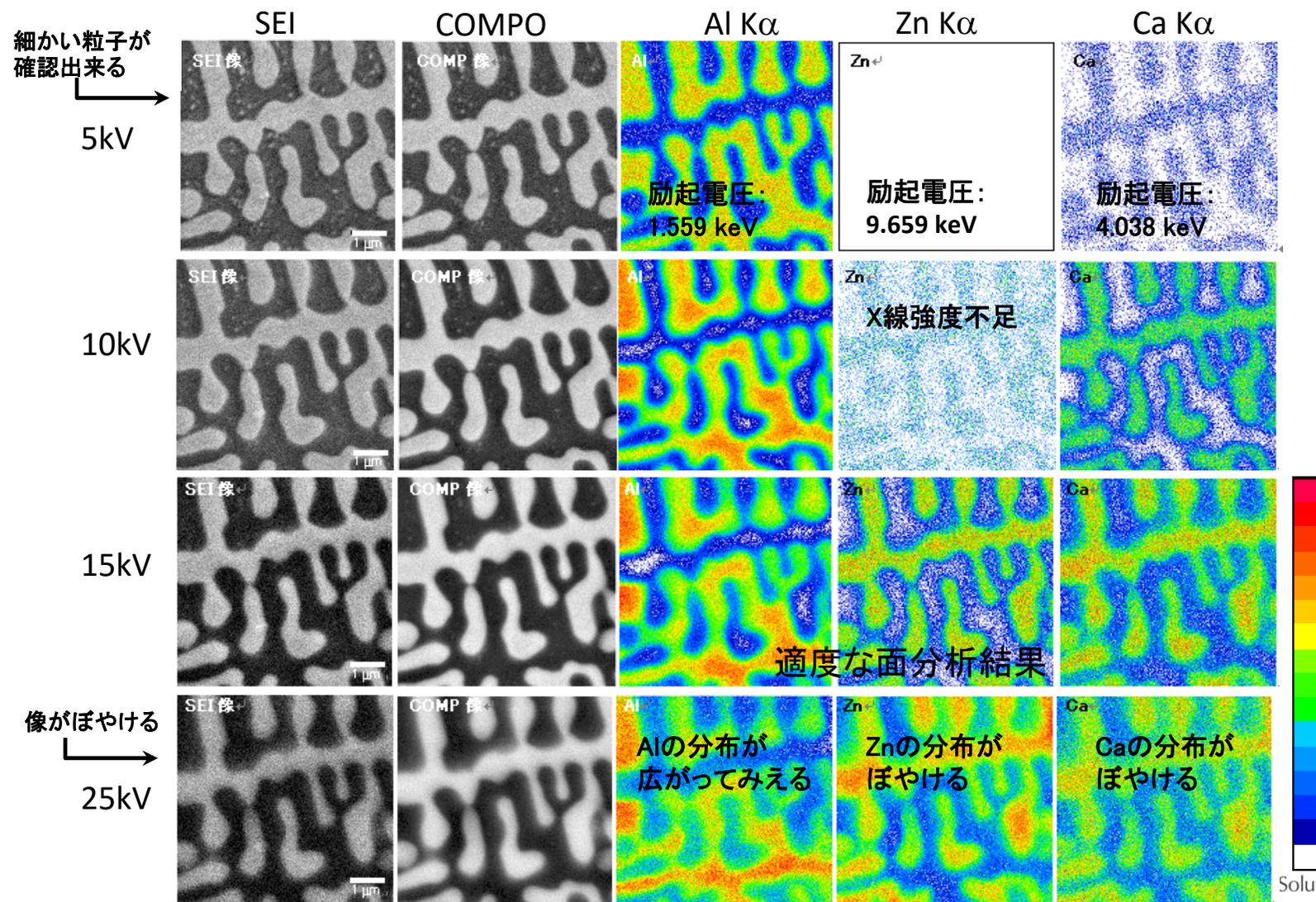
例) 試料: 鉄鋼中のMn-K α 加速電圧: 20 kV



$Z_m = 1.4 - 0.2 = 1.2$ (μm)
 この分析条件では、X線の発生領域は1.2 μm となる

加速電圧への分析・観察結果の依存性

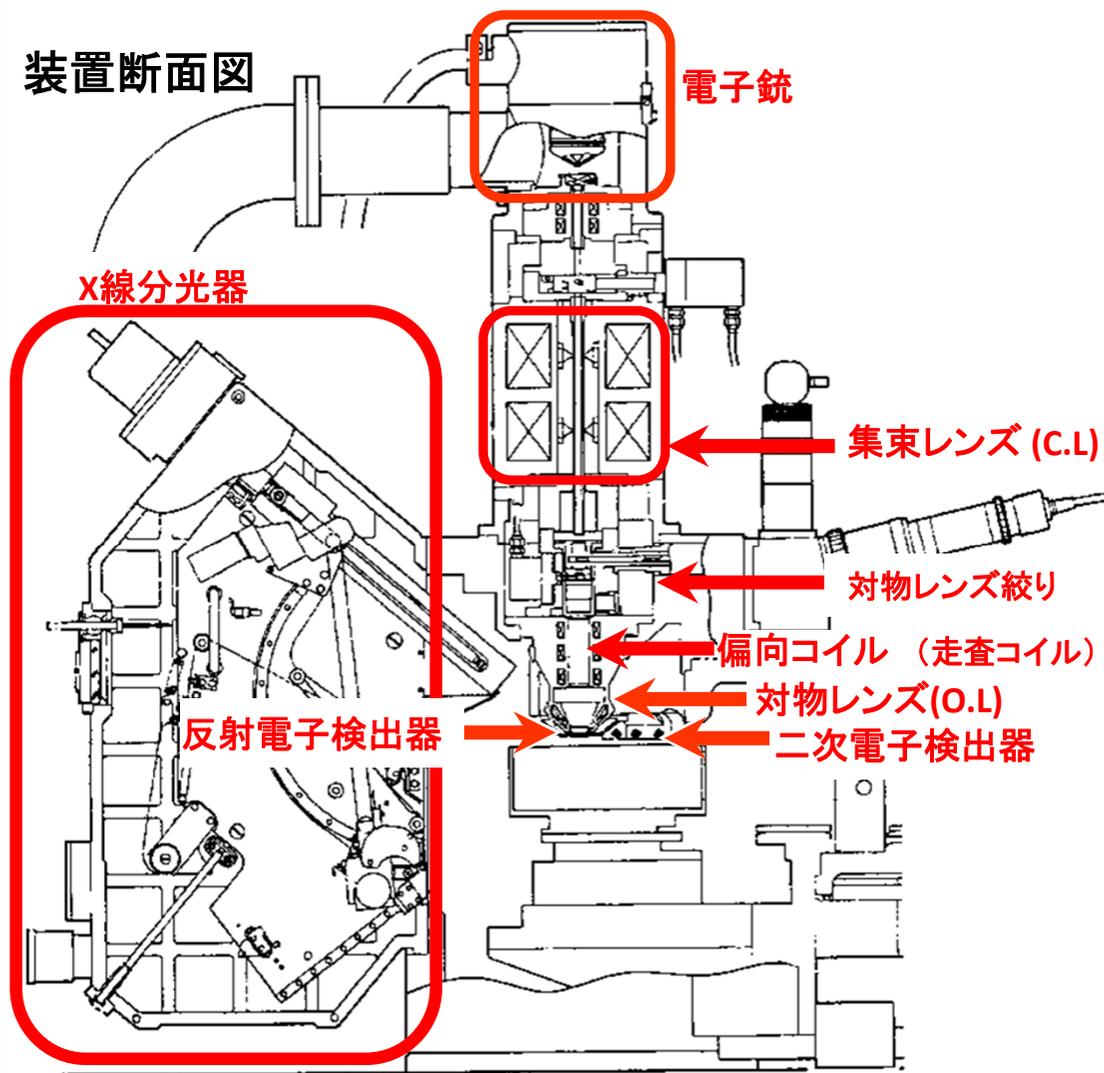
試料: Al合金 × 15000



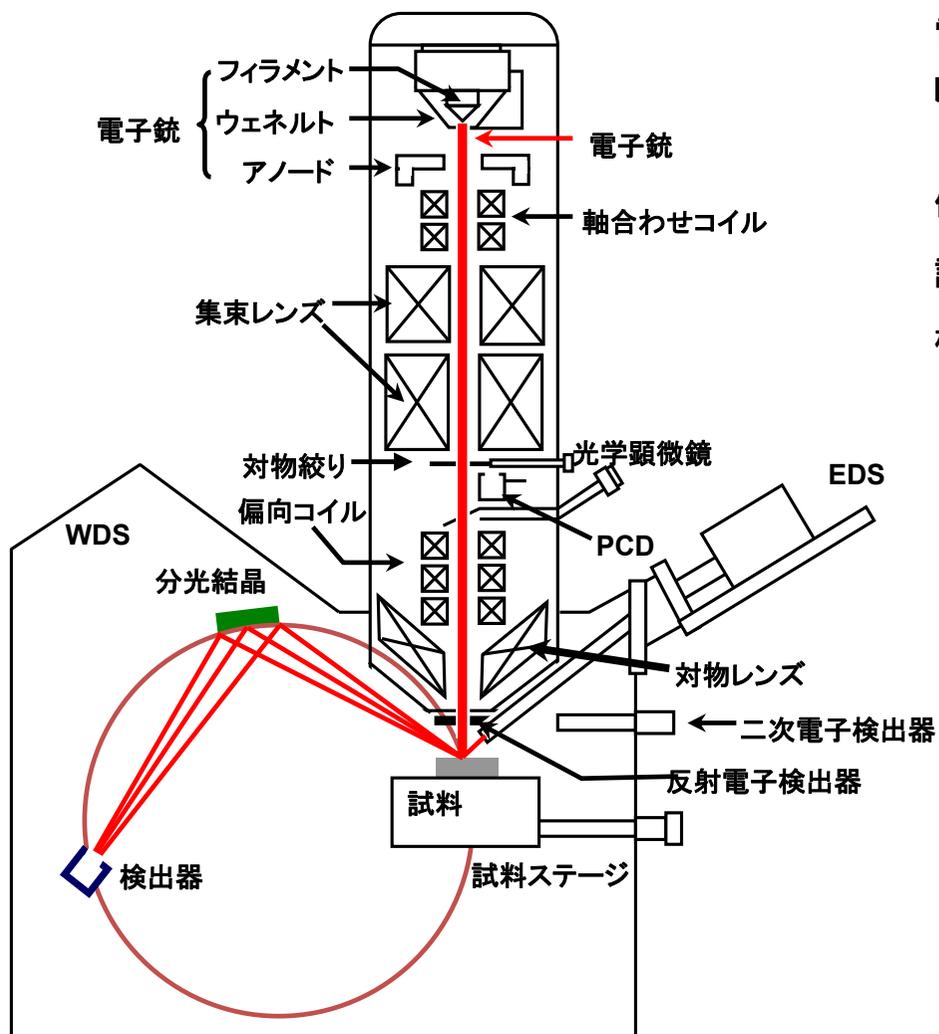
装置概要



EPMAの装置概要



装置の基本構成



電子銃 : 高エネルギー電子線を発生

レンズ : 電子線を細く絞る
: 試料への電子線量を調整

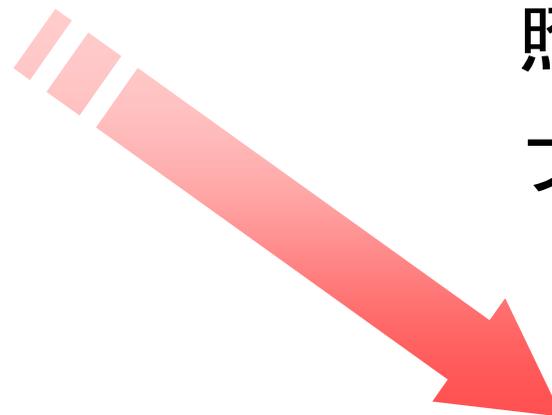
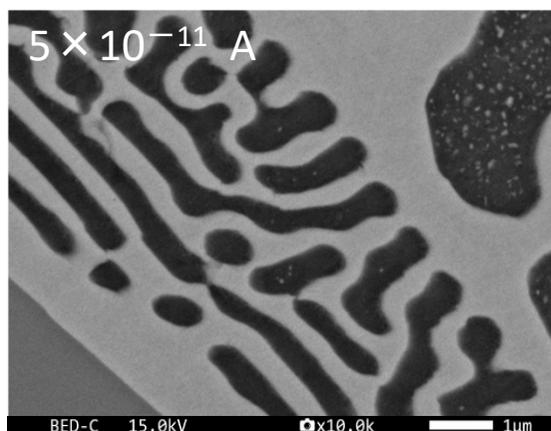
偏向コイル : 電子線の走査・制御

試料ステージ : 試料の移動

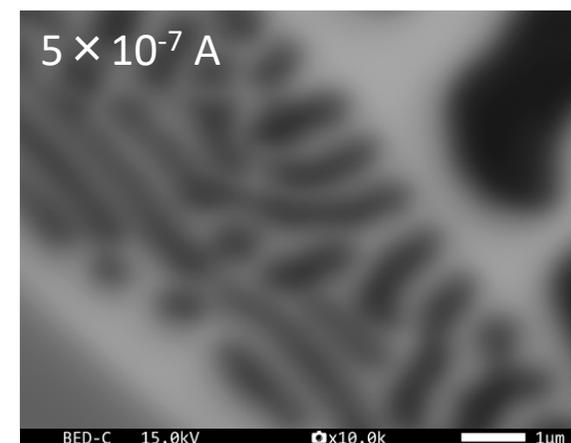
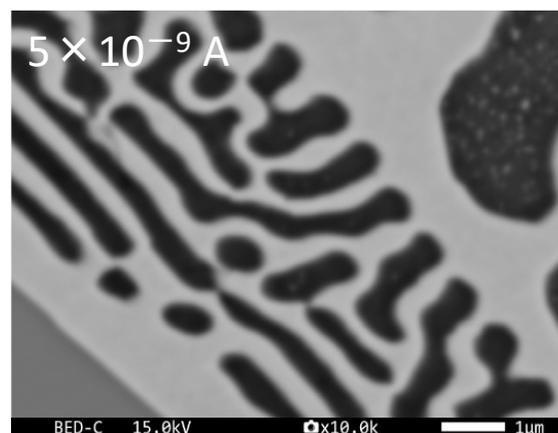
検出器 : 各種信号を検出
二次電子検出器
反射電子検出器
X線検出器

照射電流 と 最小プローブ径

例) 組成像 (Al合金)

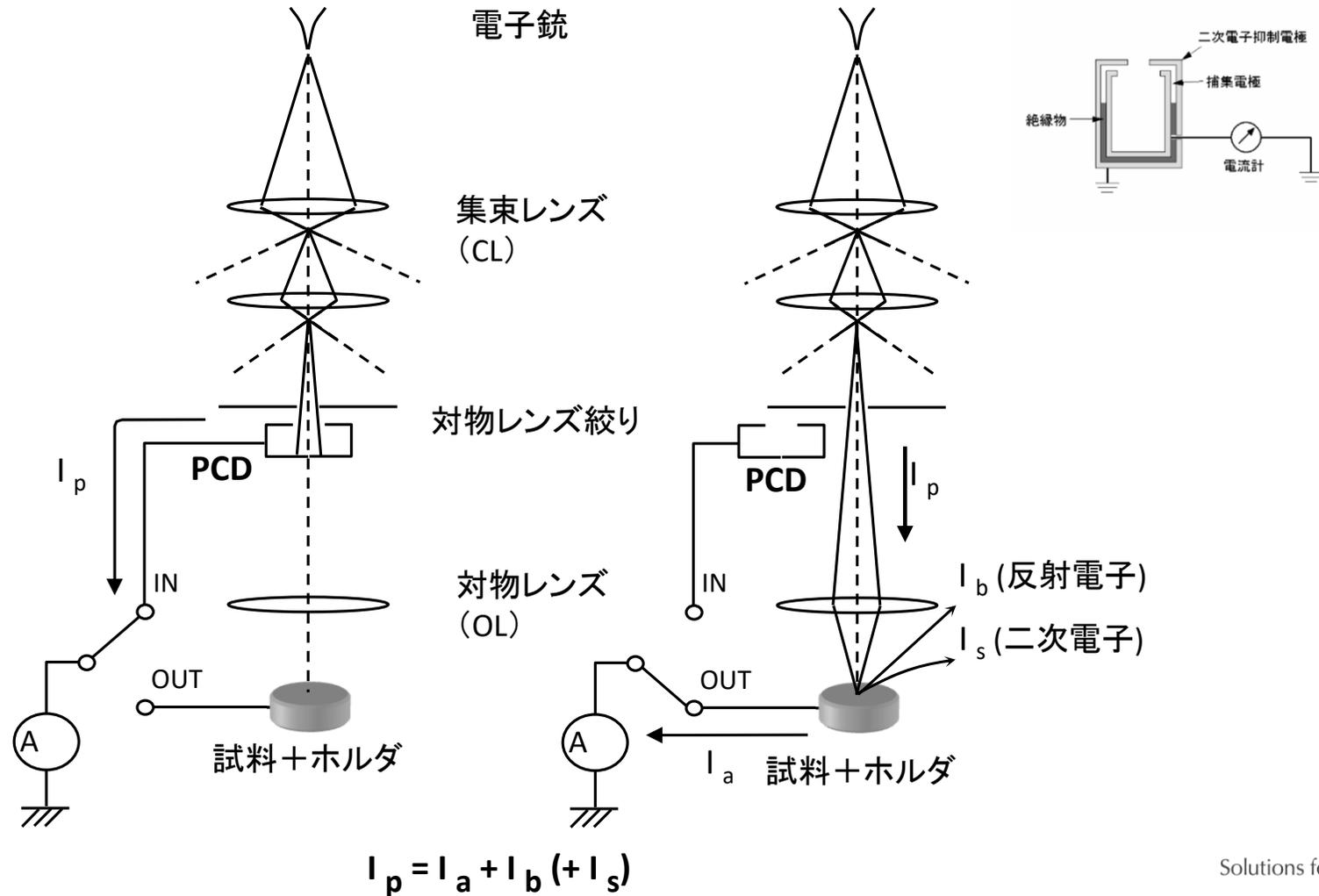


照射電流 大
プローブ径 大



PCD (Probe Current Detector)

照射電流(試料に照射される全電子線量)をモニターするために鏡筒に設けられたファラデーカップ

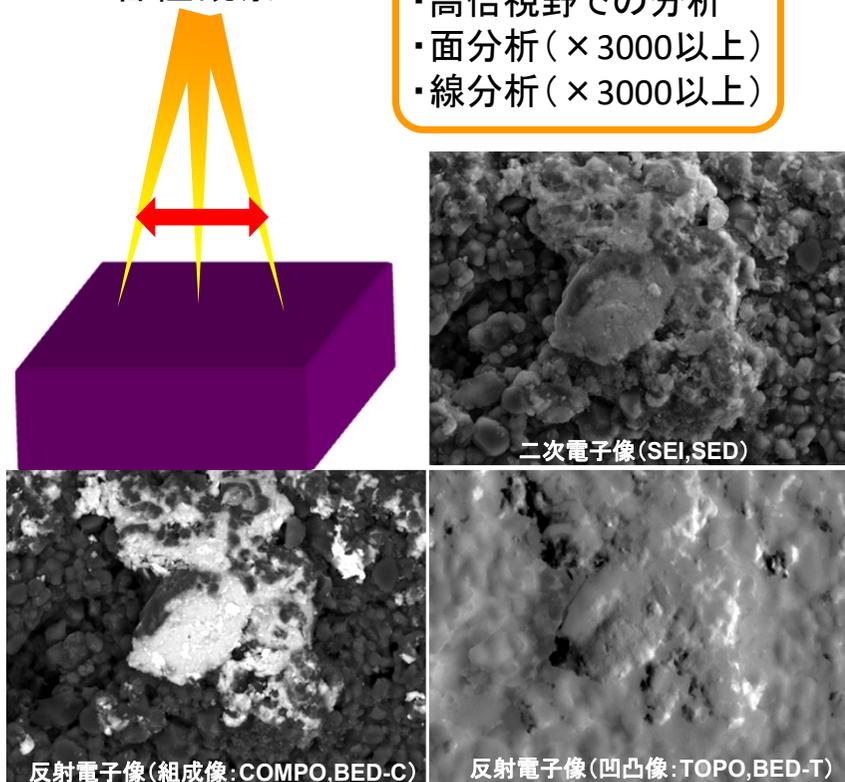


偏向(走査)コイルの働き

試料表面をスキャンして、走査像を表示する

プローブスキャン ON:ビームが動く
BEAM モード
→ 各種観察

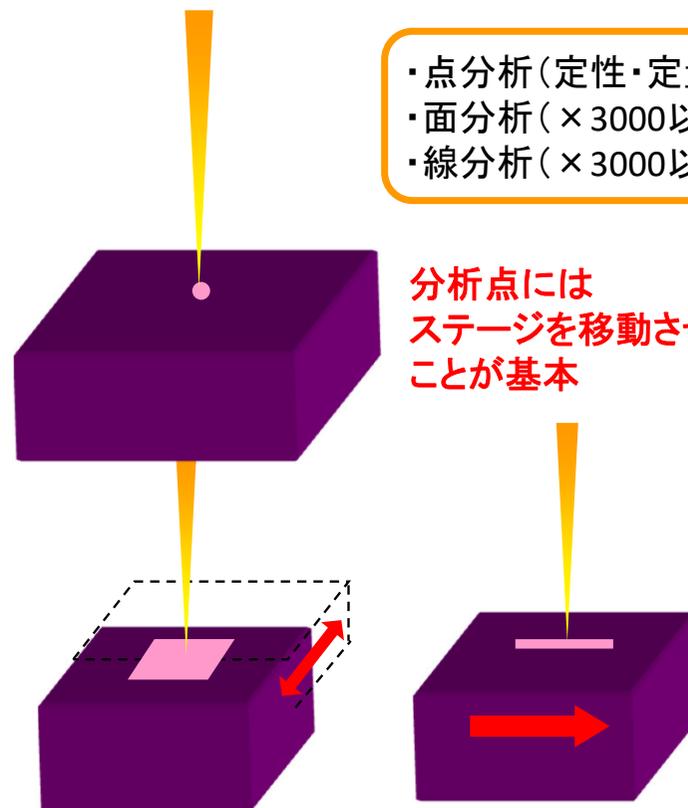
- ・高倍視野での分析
- ・面分析(×3000以上)
- ・線分析(×3000以上)



プローブスキャン OFF:ビームが動かない
STAGE モード
→ 各種分析

- ・点分析(定性・定量)
- ・面分析(×3000以下)
- ・線分析(×3000以下)

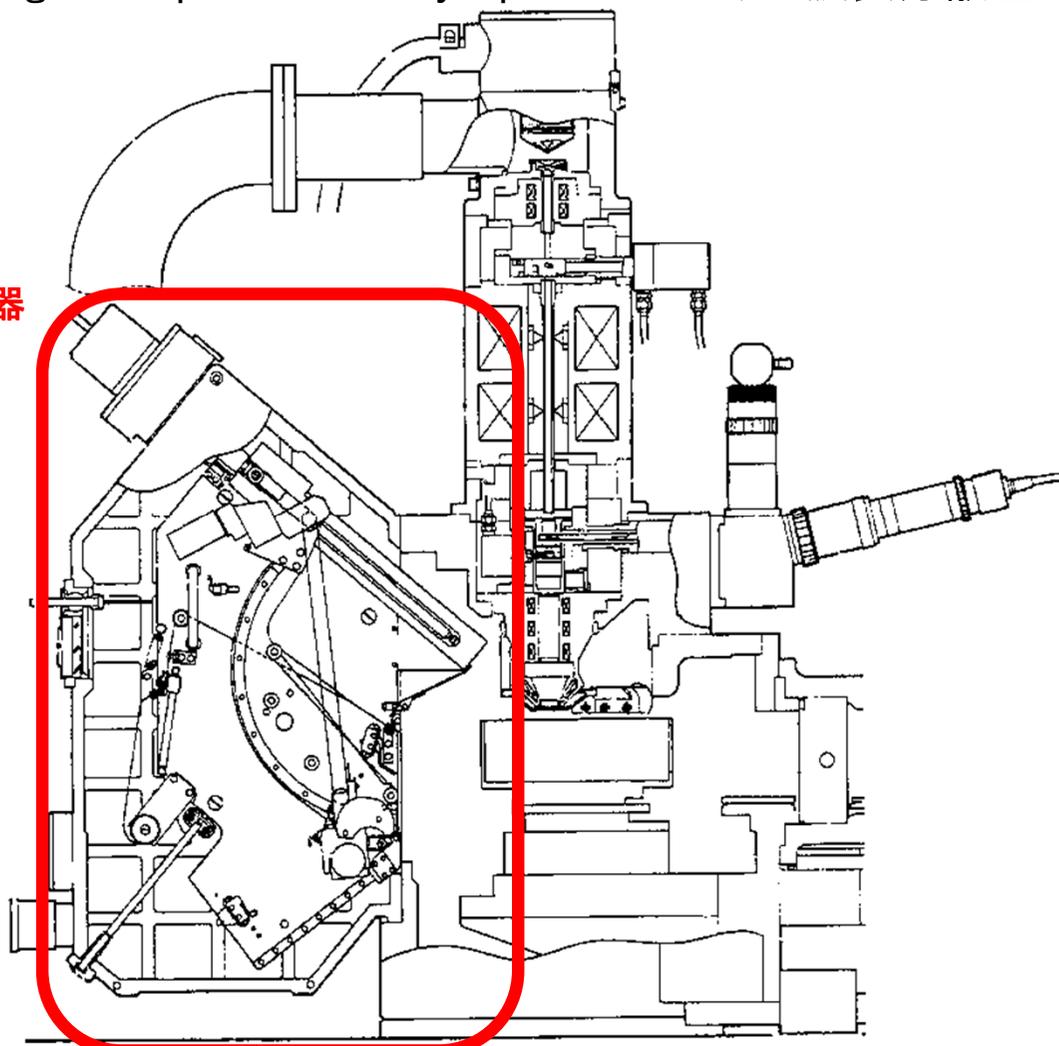
分析点には
ステージを移動させる
ことが基本



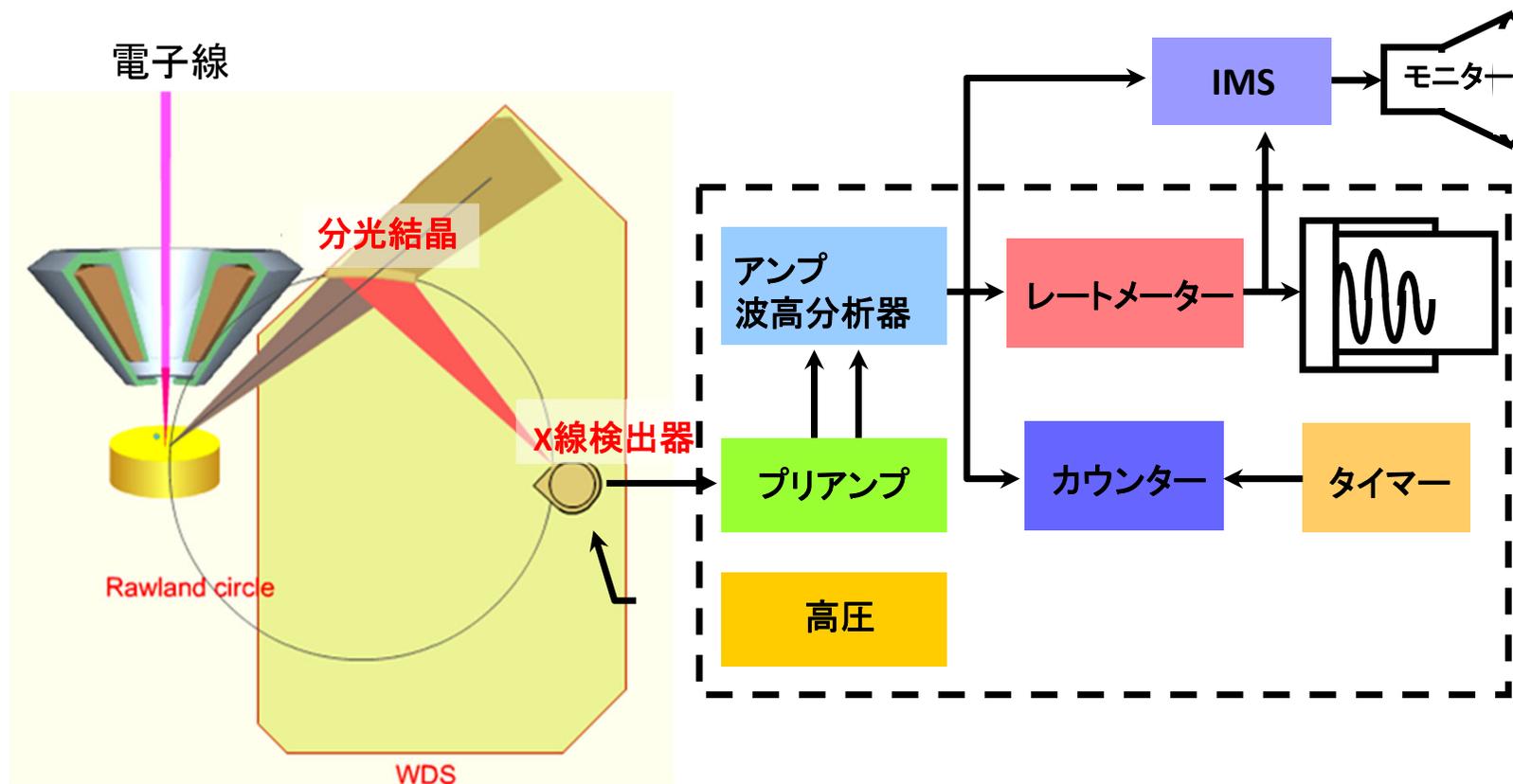
X線分光器

WDS (Wavelength Dispersive X-ray Spectrometer) : 波長分散型X線分光器

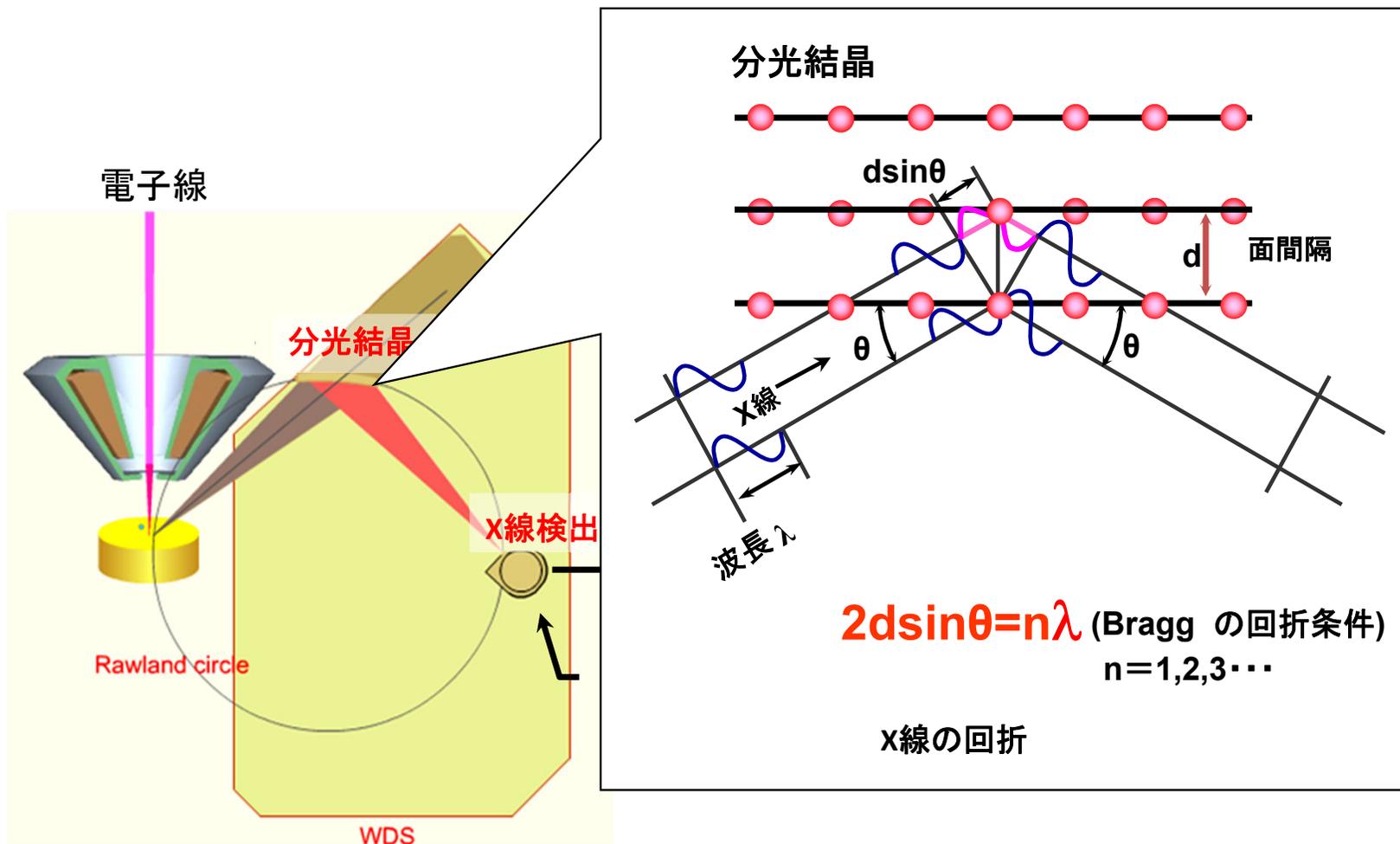
X線分光器



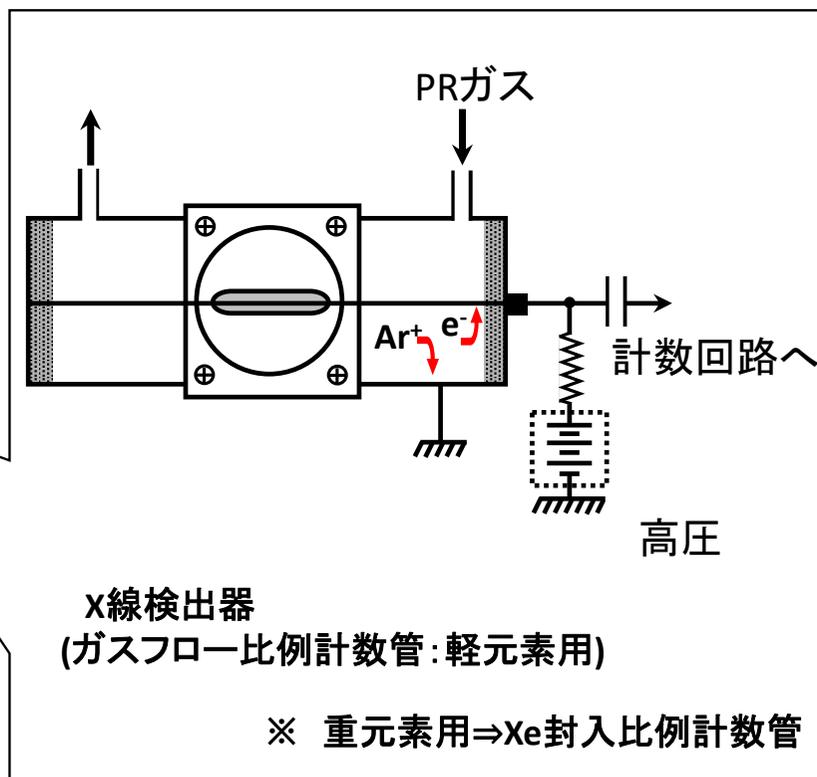
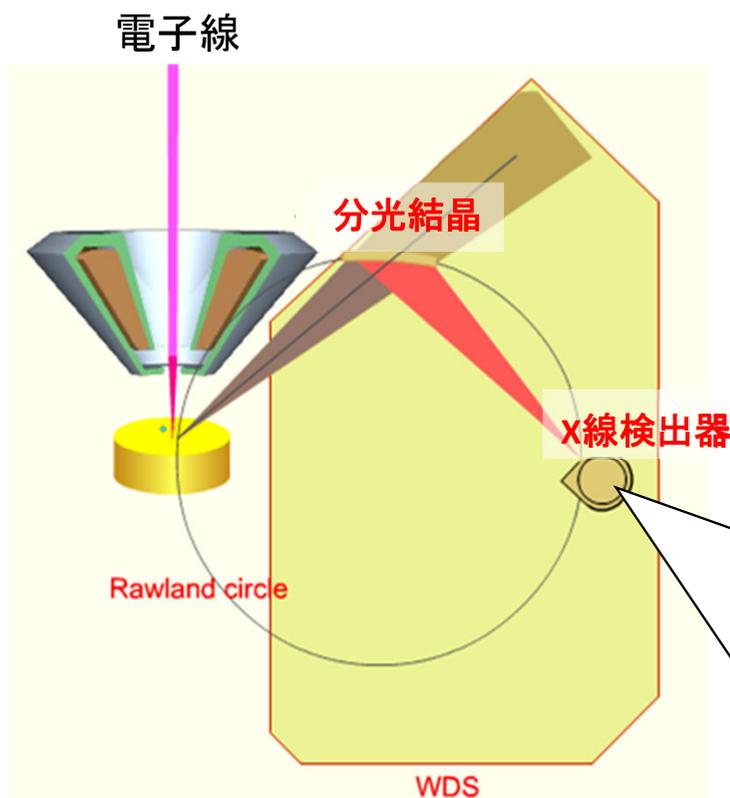
X線分光器 (WDS)



分光結晶



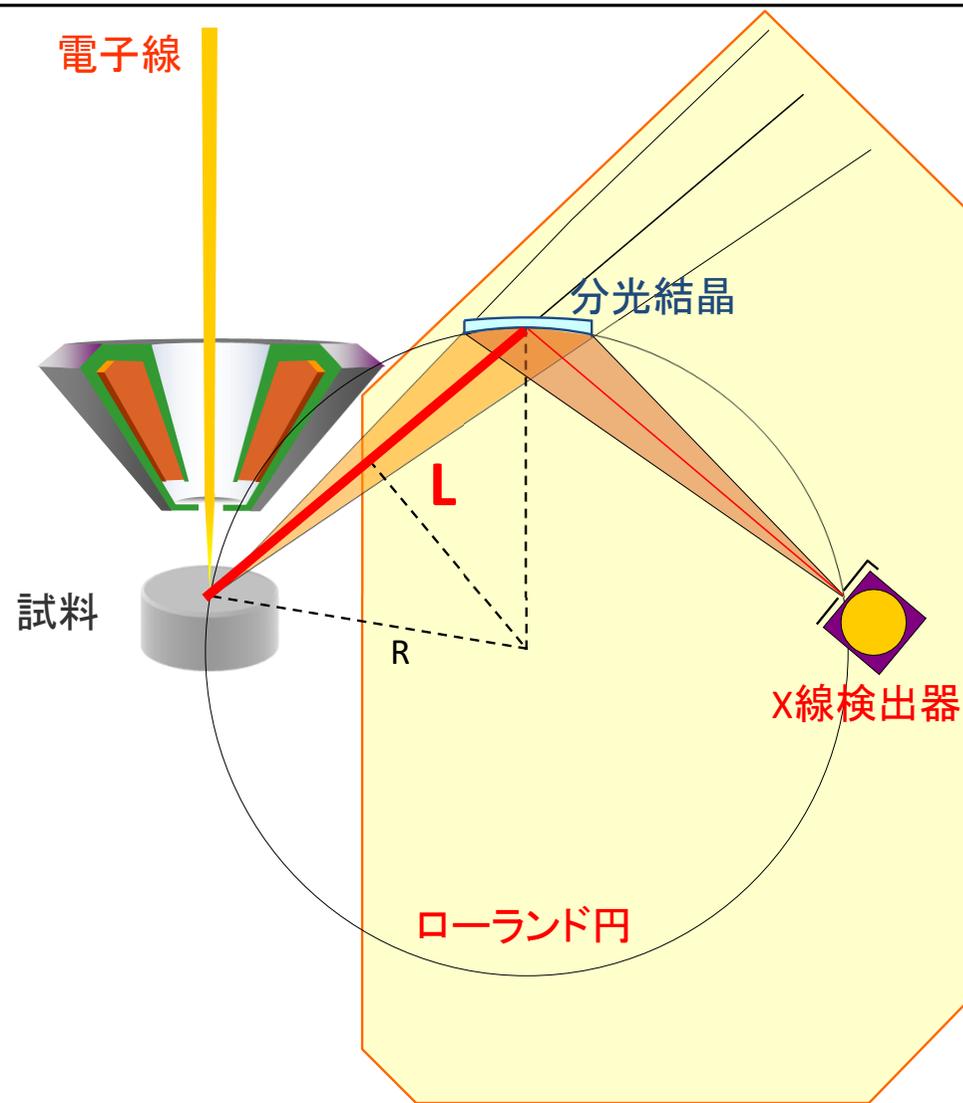
X線検出器 (WDS)



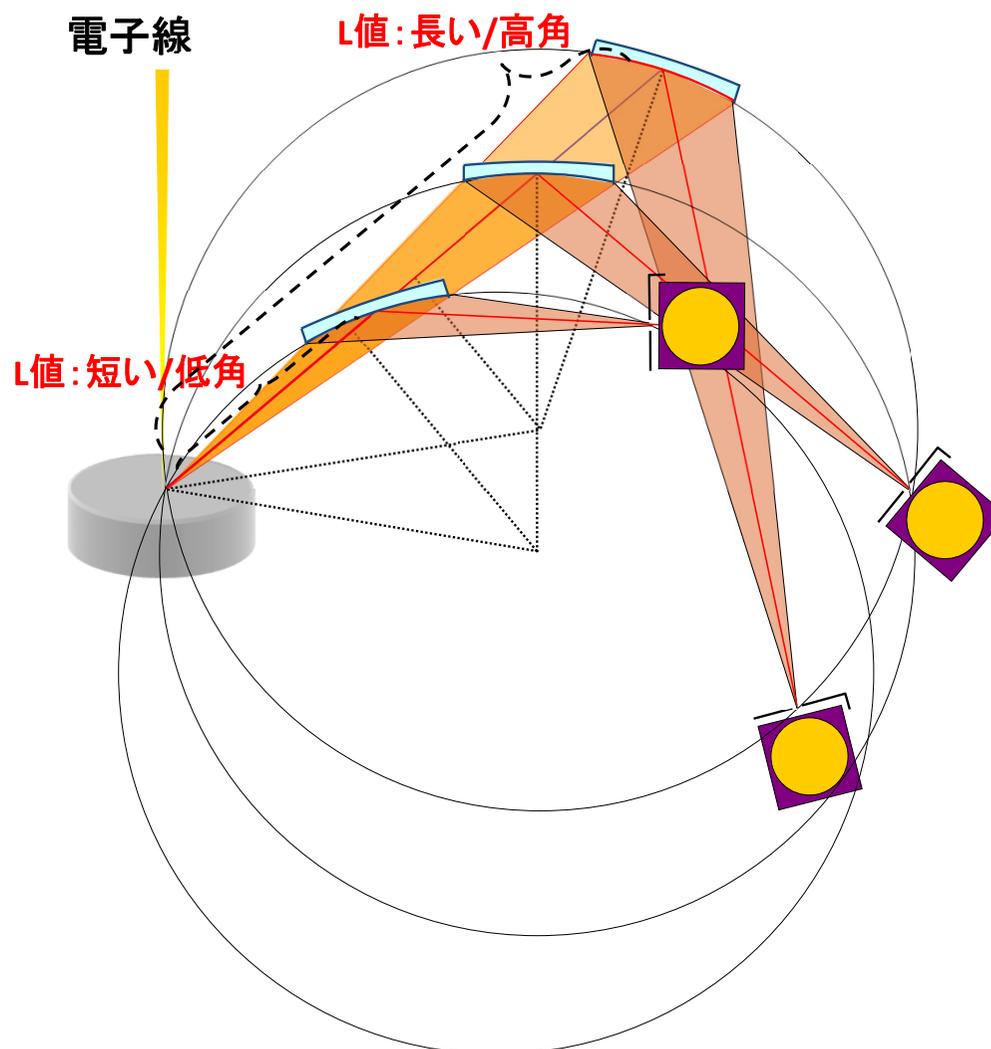
分光器概要



分光器



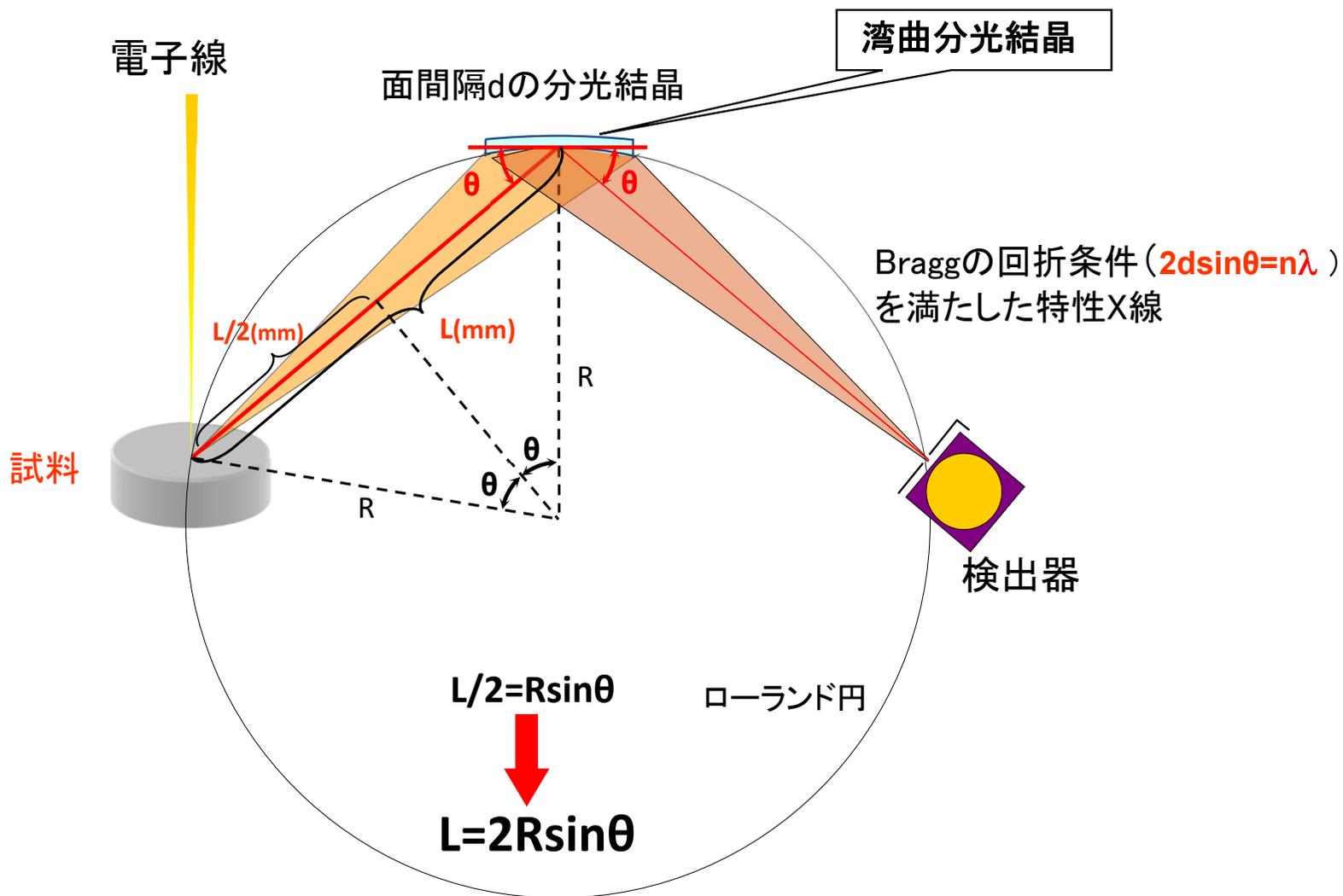
分光器の動き



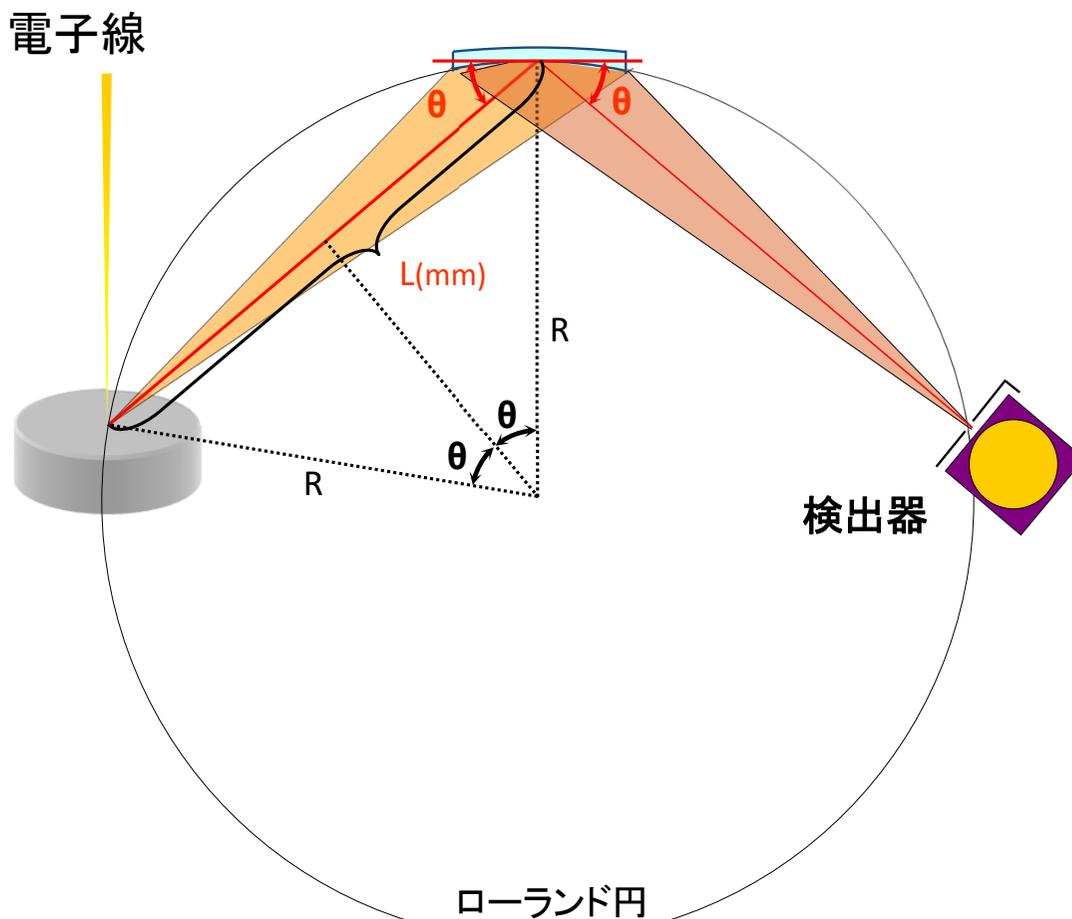
分光結晶は入射角を変えながら直線上を動く

L値: 短い/低角 → 波長の短いX線 L値: 長い/高角 → 波長の長いX線

分光器



分光器



L値を知ることにより、波長を知ることが出来る
→ 元素を知ることが出来る。

$$L=2R\sin\theta$$

(装置の幾何学条件)

$$2d\sin\theta=n\lambda$$

(Braggの回折条件)

$$\sin\theta = \frac{n\lambda}{2d}$$

代入

$$L=2R \cdot \frac{n\lambda}{2d}$$

$$L = \frac{R}{d} n \lambda$$

分光結晶の概要

$$L = \frac{R}{d} n \lambda$$

・装置の制限

$$60 \text{ mm} < L < 260 \text{ mm} \quad (\text{XCE type})$$

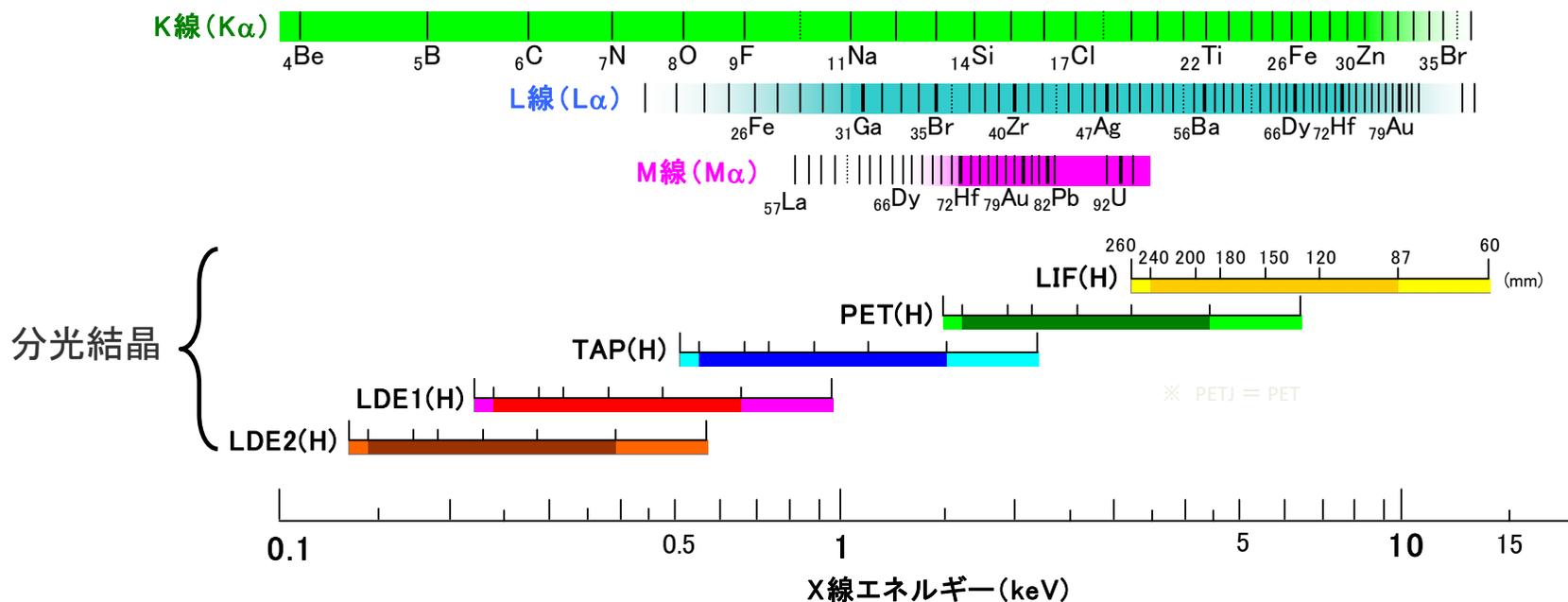
・ $2d$ 以上の波長のX線は回折できない

$$2d \sin \theta = 1 \times \lambda \Rightarrow \sin \theta = \lambda / 2d < 1 \text{ なので } \lambda < 2d$$



EPMAで使用するX線の波長領域をカバーするため
様々な面間隔の分光結晶が必要

主な分光結晶の種類と X線・エネルギー

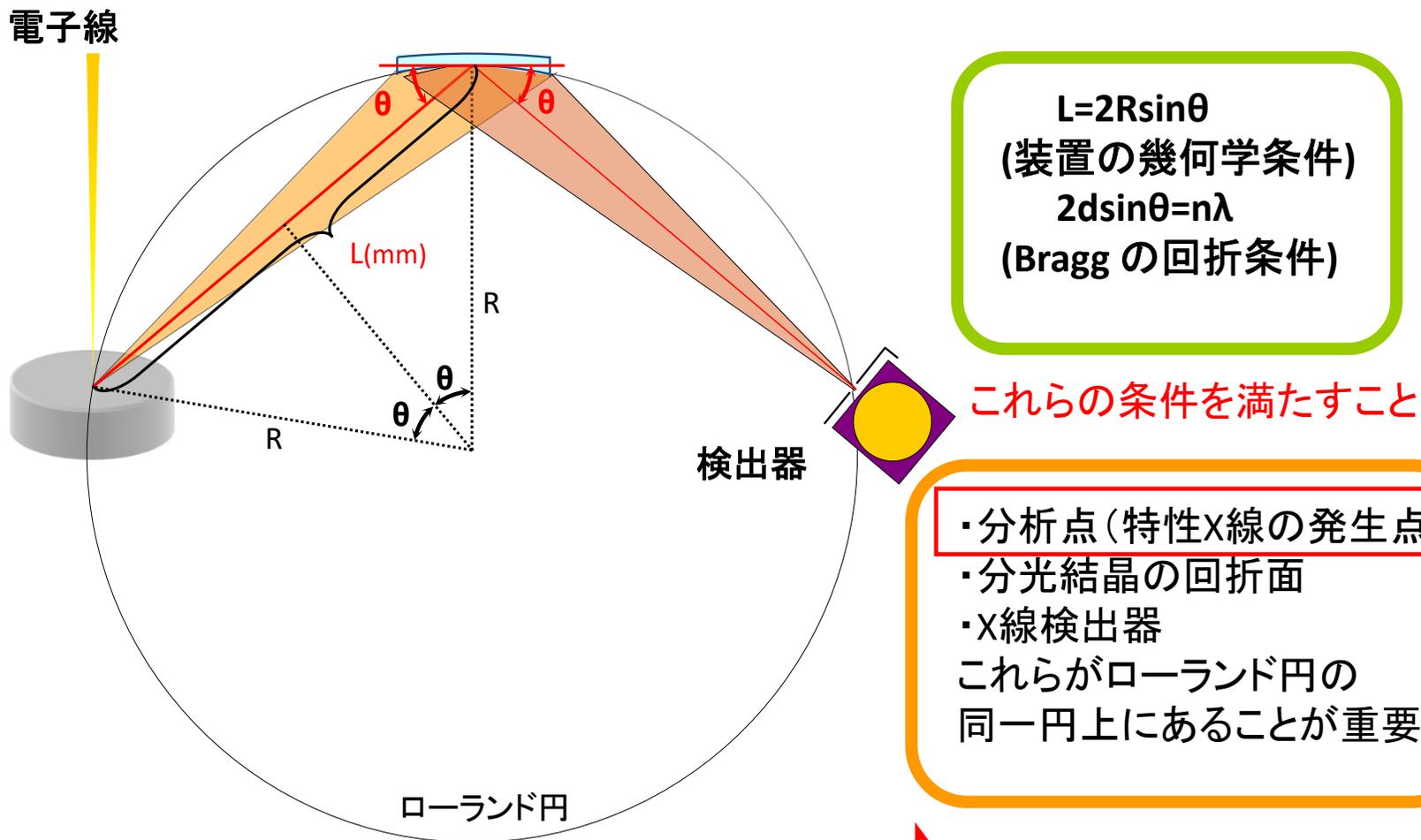


分光結晶の面間隔 (d値)

	LDE2	LDE1	TAP	PET	LIF
2d (nm)	約10	約6	2.5757	0.8742	0.4027

分光結晶4~5枚で、(ほぼ)全元素範囲をカバー

分析において重要な注意点



$$L=2R\sin\theta$$

(装置の幾何学条件)

$$2d\sin\theta=n\lambda$$

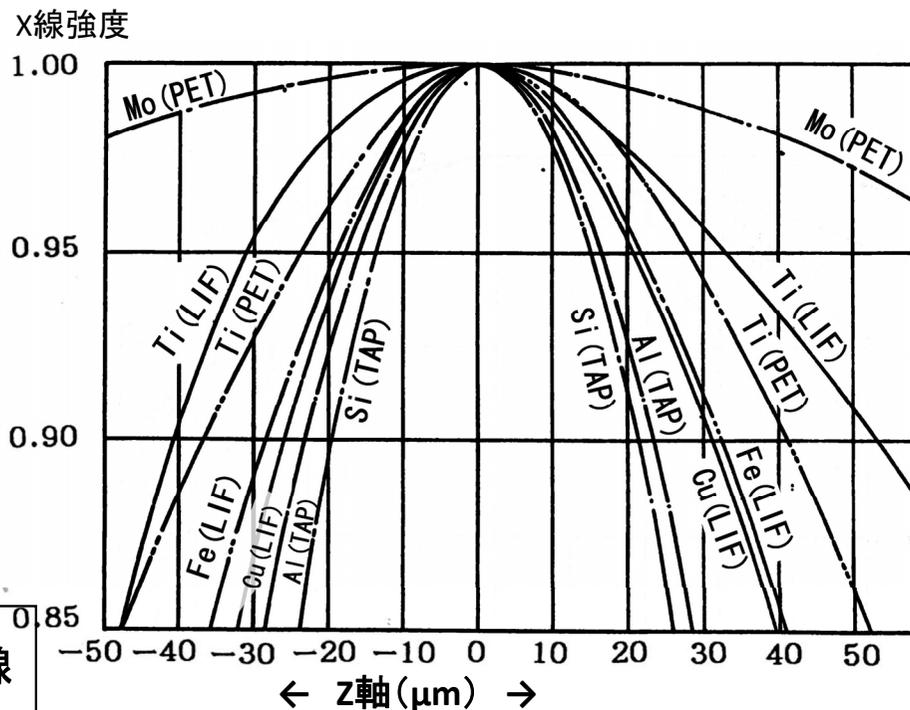
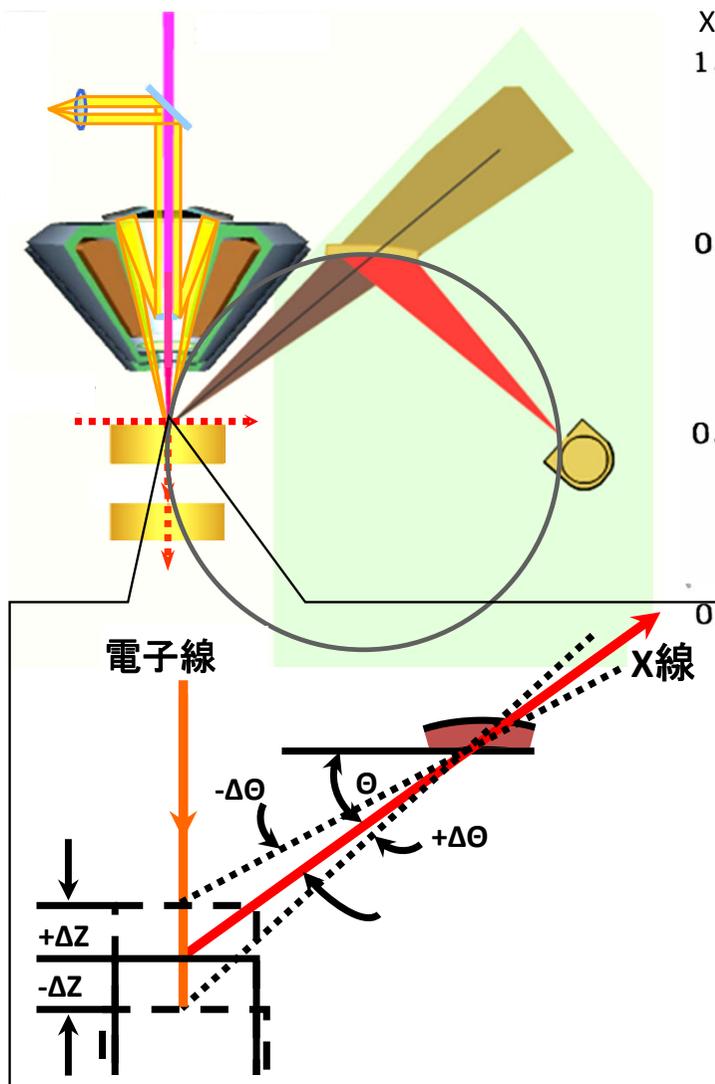
(Bragg の回折条件)

これらの条件を満たすこと

- ・分析点 (特性X線の発生点)
 - ・分光結晶の回折面
 - ・X線検出器
- これらがローランド円の
同一円上にあることが重要

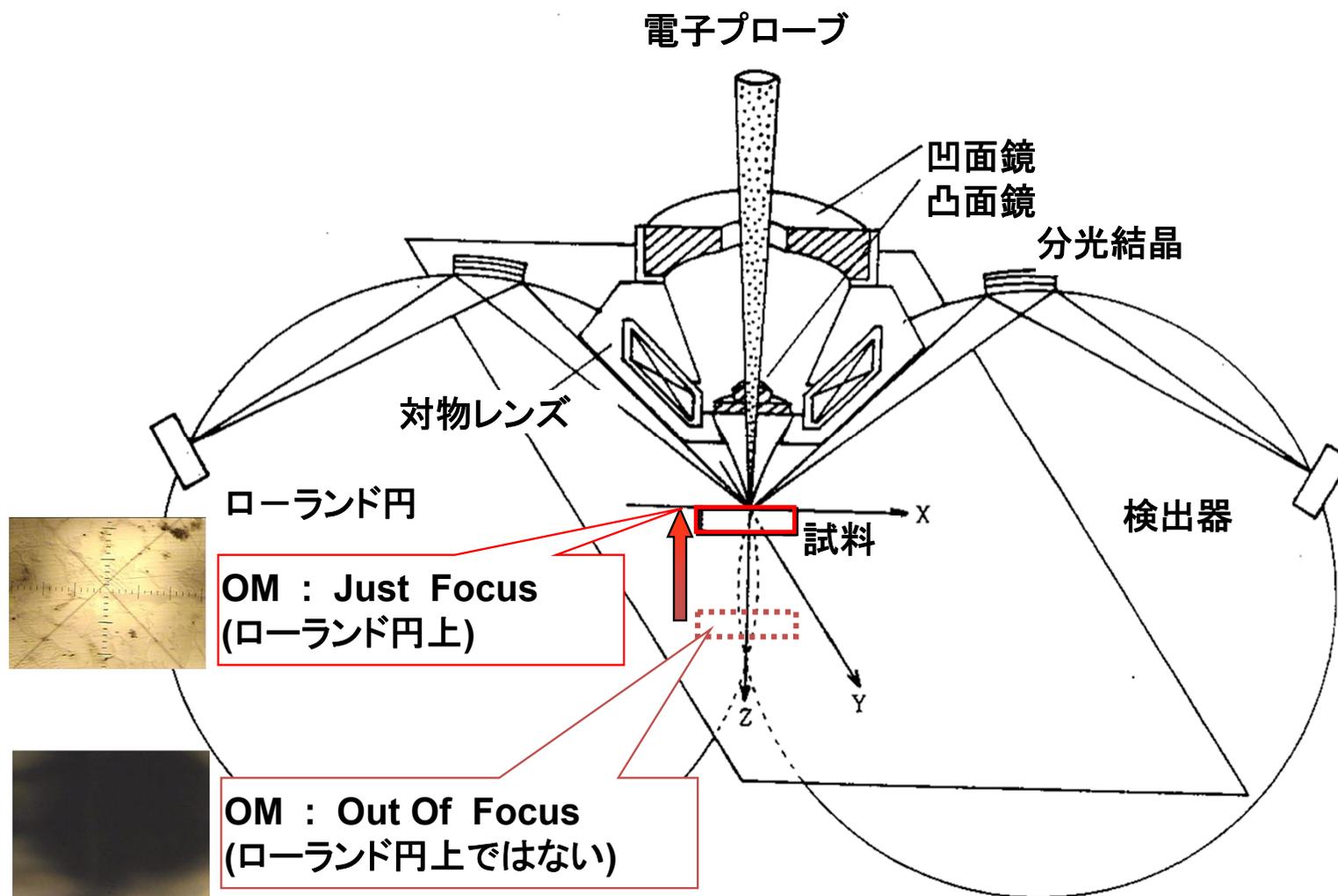
➡ X線強度の低下

ローランド円の集光条件から外れることによるX線強度の低下(Z方向)

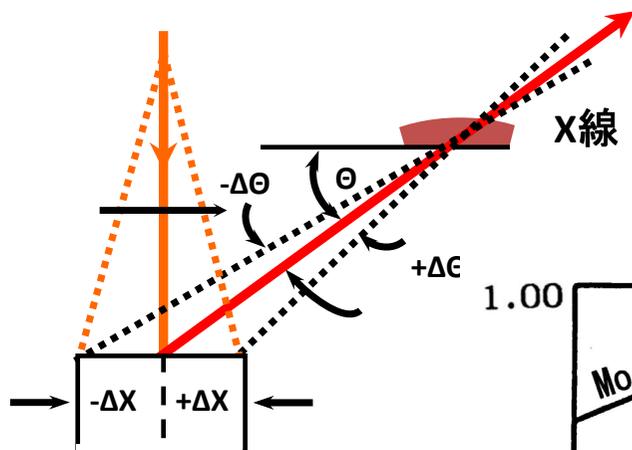


Si(TAP)	: 77.47mm
Ti(PET)	: 88.07mm
Al(TAP)	: 90.66mm
Cu(LIF)	: 107.21mm
Fe(LIF)	: 134.72mm
Mo(PET)	: 173.17mm
Ti(LIF)	: 191.20mm

光学顕微鏡(OM) : ローランド円上に試料の分析表面の高さを合わせる

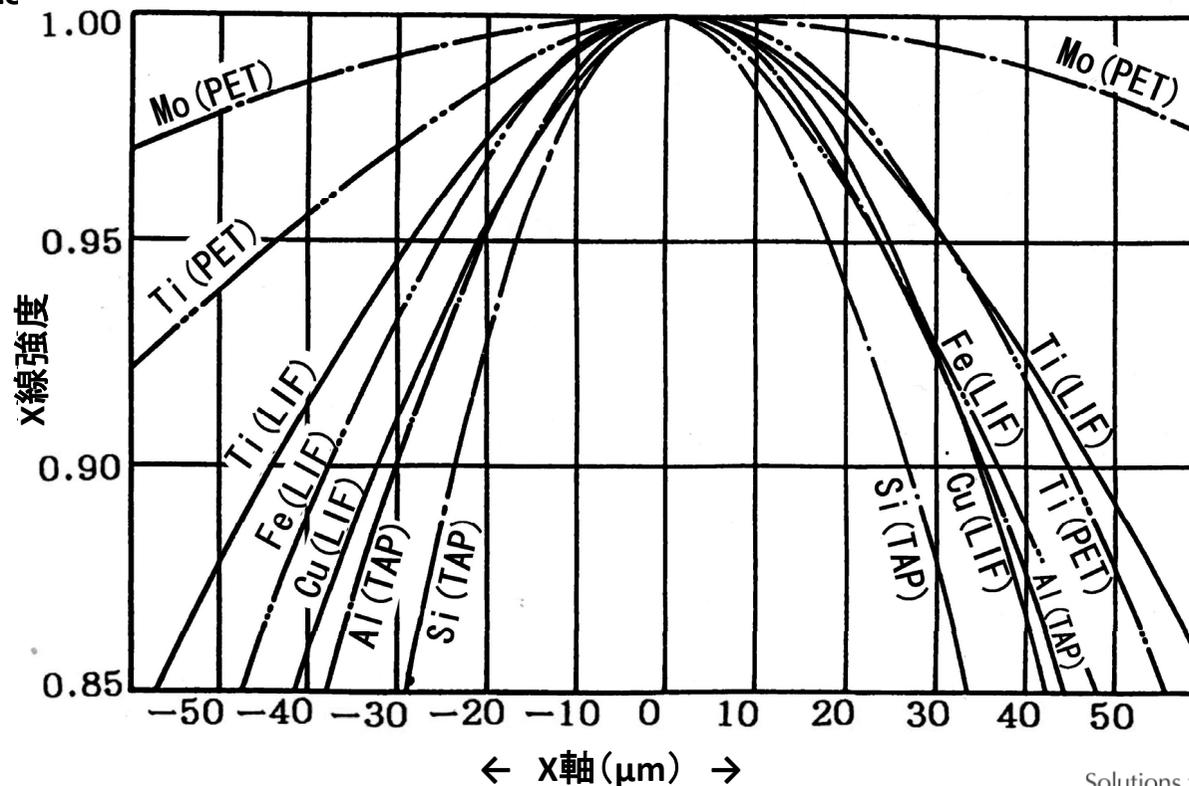


ローランド円の集光条件から外れることによるX線強度の低下(X方向)



ビームシフト/ビームスキャンによる
強度の低下(WDS)

Si(TAP)	: 77.47mm
Ti(PET)	: 88.07mm
Al(TAP)	: 90.66mm
Cu(LIF)	: 107.21mm
Fe(LIF)	: 134.72mm
Mo(PET)	: 173.17mm
Ti(LIF)	: 191.20mm



WDSとEDSの比較

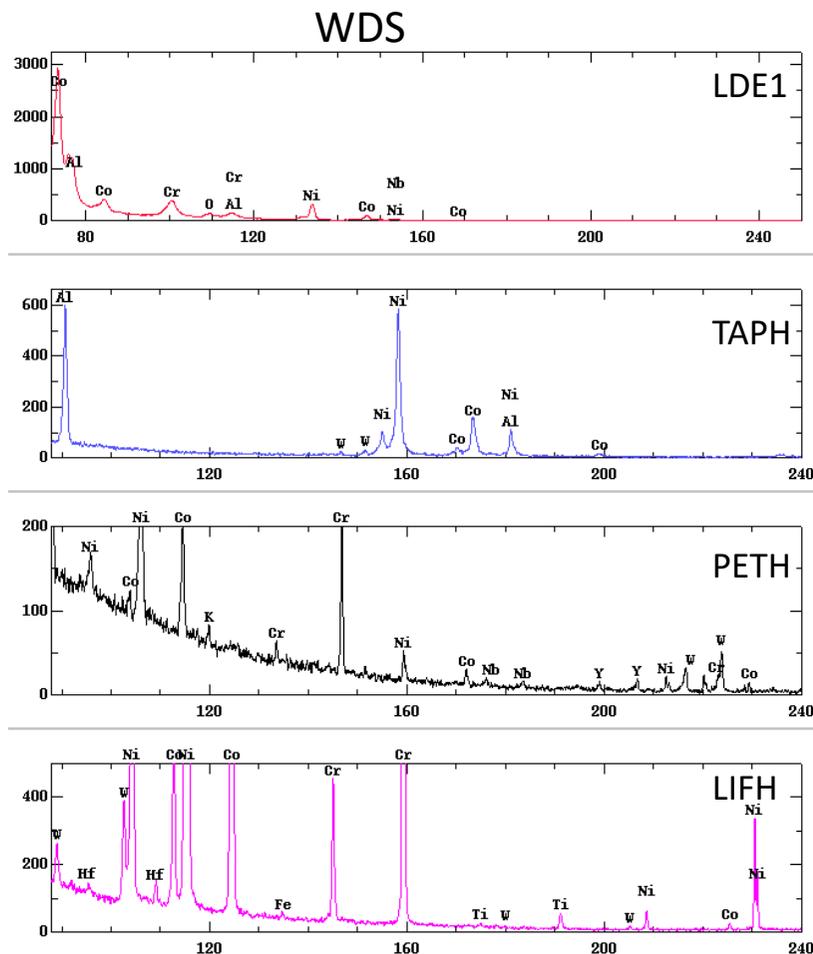


WDS・EDSの特徴

	WDS	EDS
全元素定性分析時間	約3分 (分光器構成・測定条件による)	約30秒 (測定条件による)
多元素同時分析	分光器の数	全元素
エネルギー分解能 (Mn-K α)	約 10 eV	約 140 eV
P/B比	約 300~1000	約 100
検出限界	約 0.01 % (測定条件、元素による)	約 0.2 % (測定条件、元素による)
分析元素	$_{5}\text{B}$ 以上 $_{4}\text{Be}$ 以上(要分光素子)	$_{4}\text{Be}$ 以上(UTW) $_{11}\text{Na}$ 以上(Be Win.)

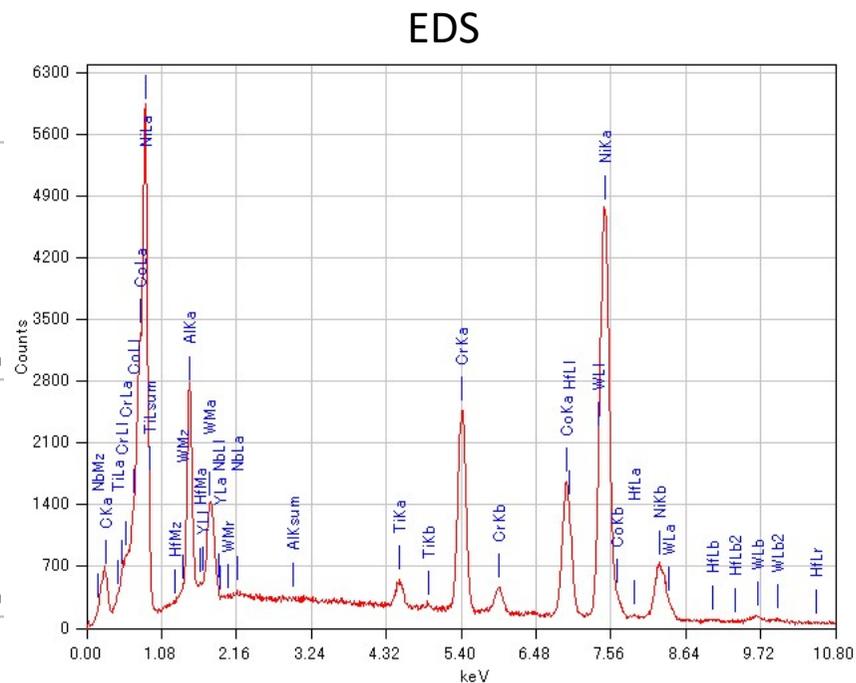
操作性 ◎ EDS > WDS
 分析性能 EDS < WDS ◎

WDSとEDSの比較～定性分析～



(加速電圧 20 kV、照射電流 100 nA、測定時間 5 min)

分光結晶毎に測定結果を表示
(横軸: 波長orL値(分光器位置))

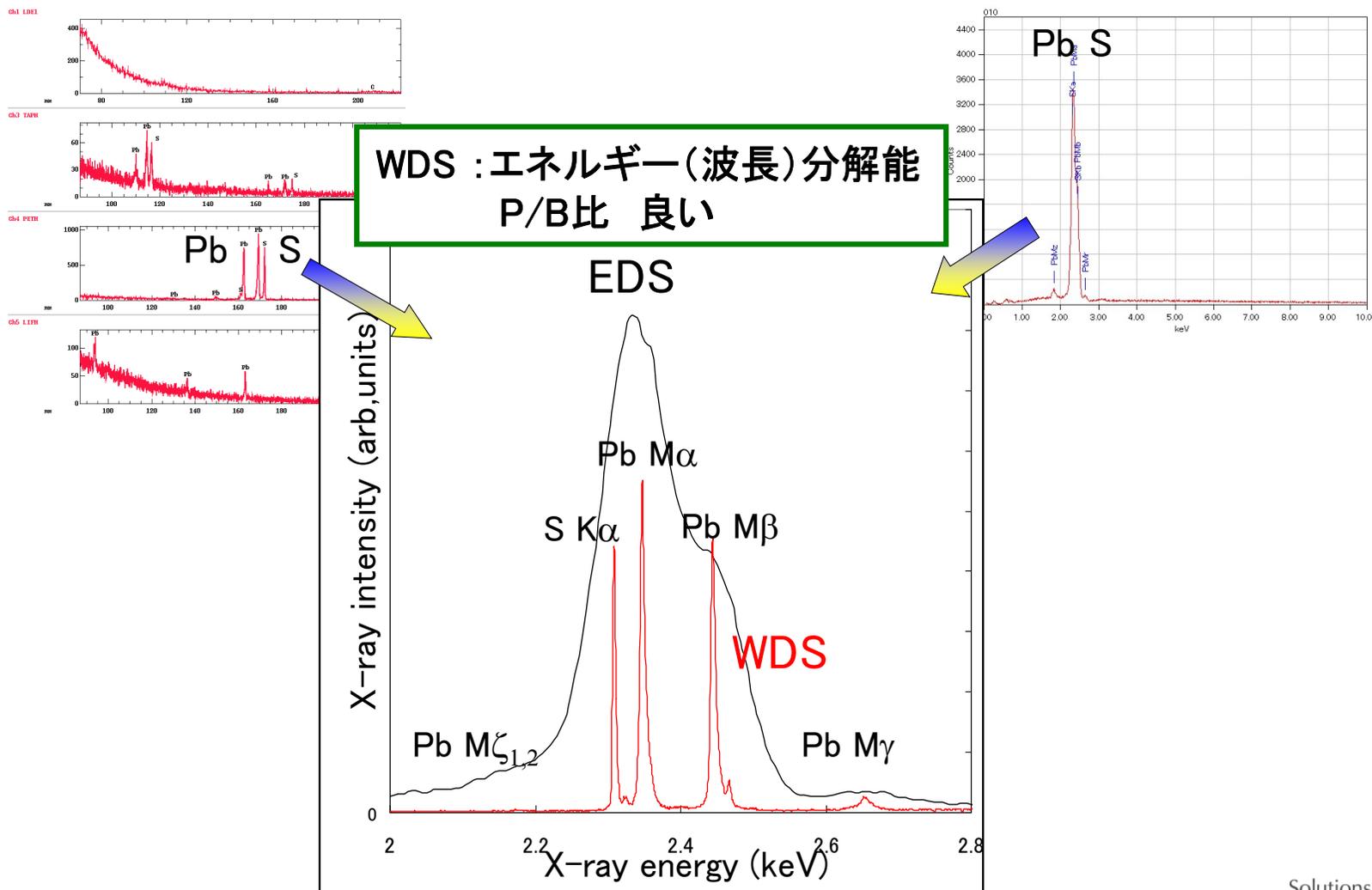


(加速電圧 20 kV、照射電流 1.5 nA、測定時間 3 min)

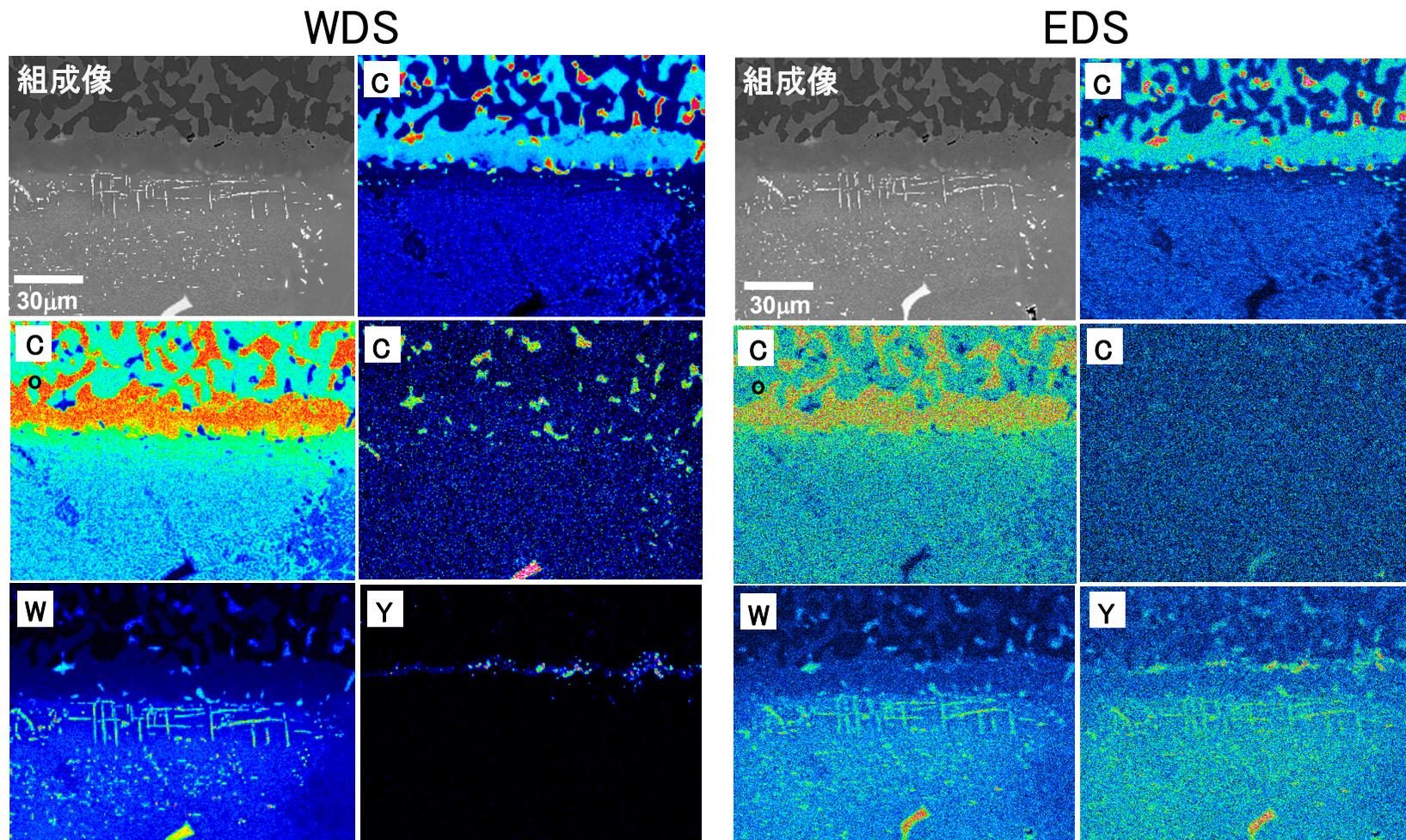
試料 耐熱合金

全元素が一画面に表示
(横軸: エネルギー)

WDSとEDSの比較～定性分析～（硫化鉛 PbS）



WDSとEDSの比較～カラーマップ～

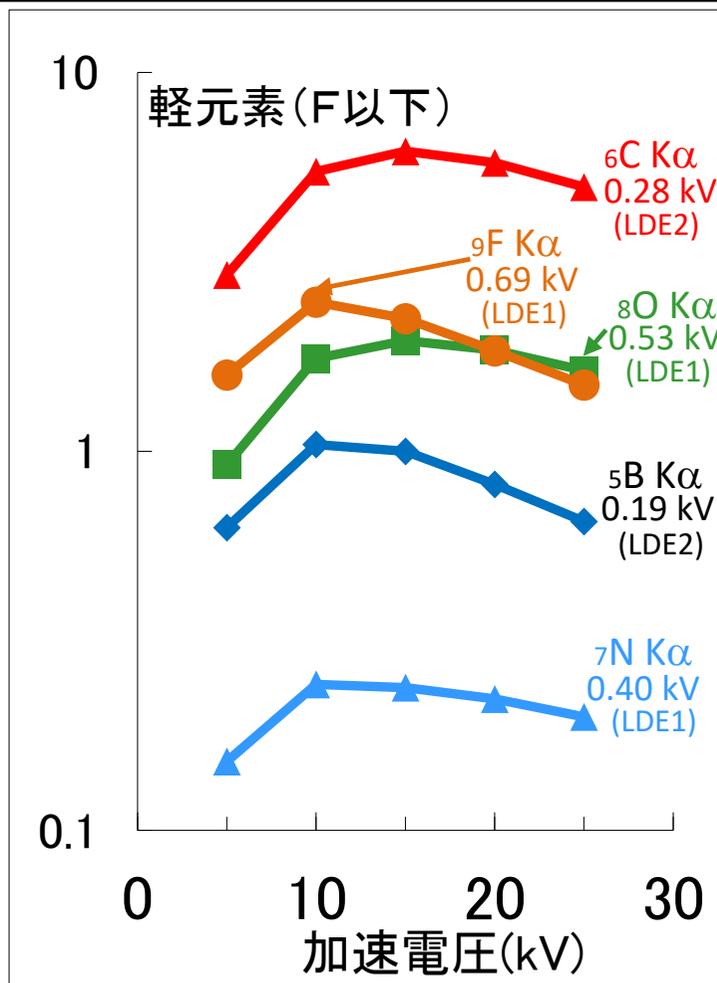


WDSは感度・P/B比が良く、軽元素でも分布は明瞭である

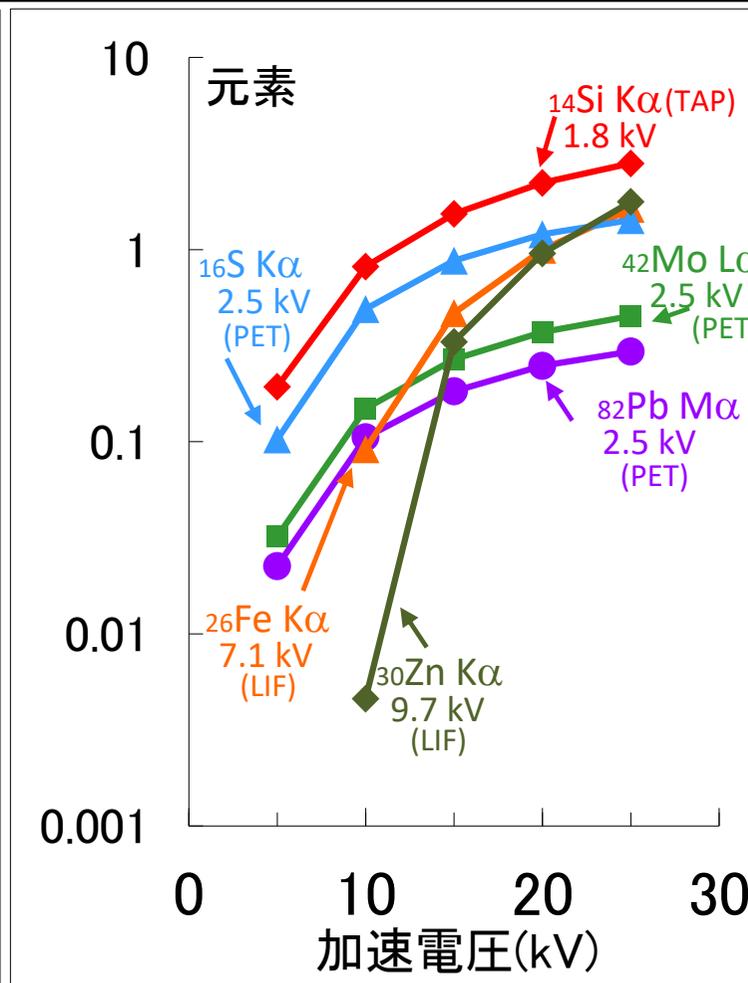
定性分析



加速電圧 と X線強度



高い加速電圧 ⇒ X線強度低下
(10kVないしは15kV以上で)



高い加速電圧 ⇒ X線強度 大
(特に励起電圧高いX線で顕著)

一般的な加速電圧の設定

分析対象元素が.....

軽元素 ($Z < 10$) の元素のみ

⇒ 10 kV

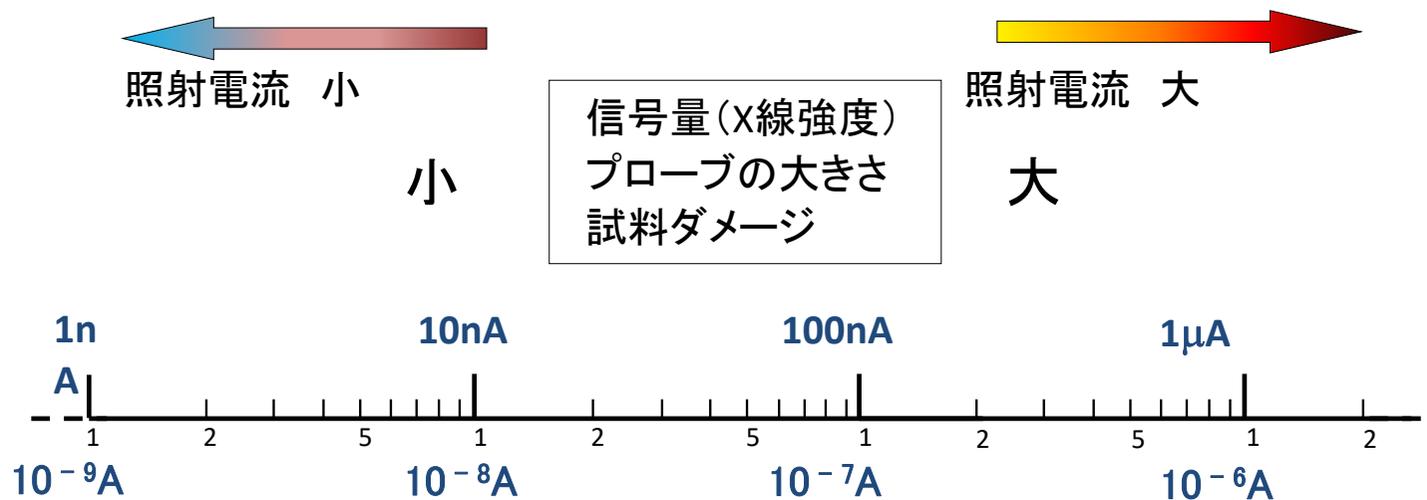
軽元素～重元素の全元素

⇒ 15 kV

重元素 ($Z > 20$) の元素

⇒ 20 kV～25 kV

一般的な照射電流(プローブ電流)



定性・面分析(全元素範囲)

$5 \times 10^{-8} \sim 2 \times 10^{-7}$ A 程度
(50nA) (200nA)

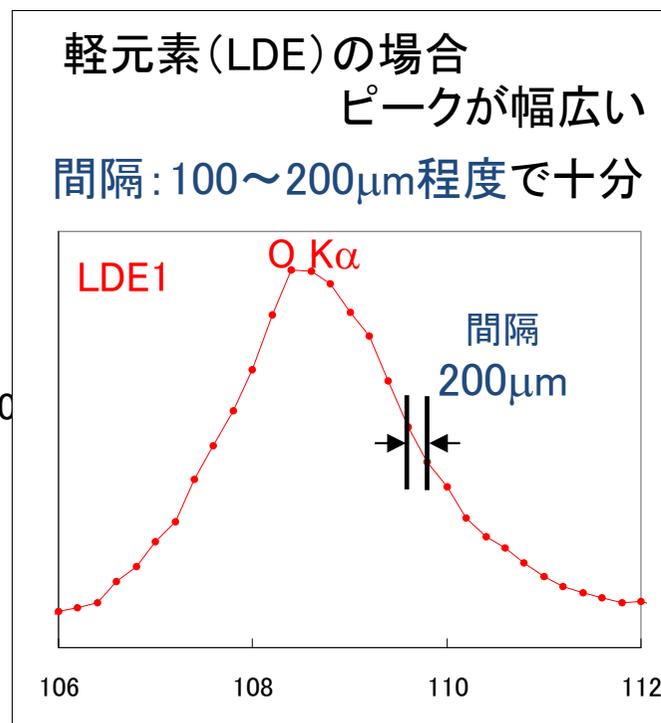
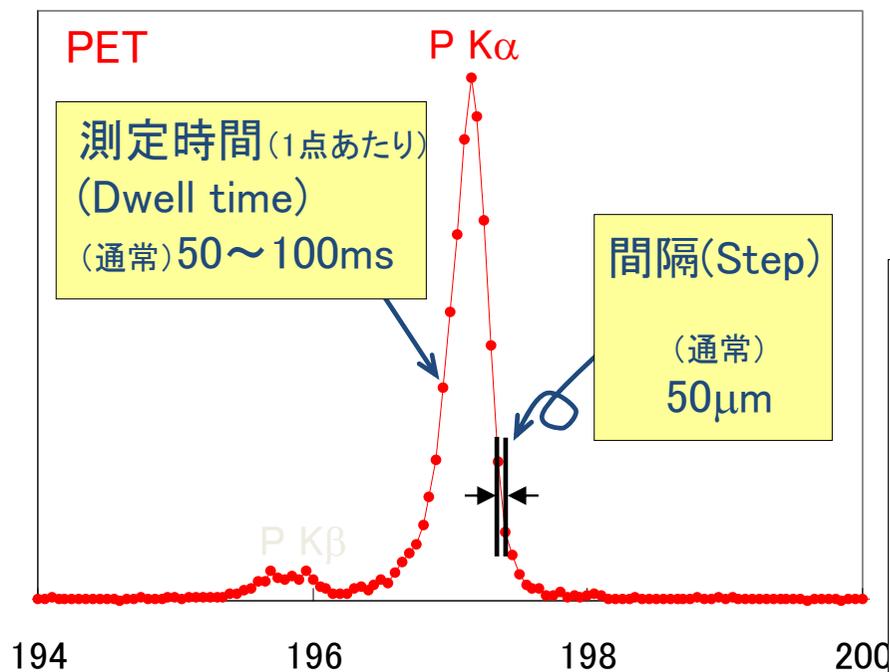
定量分析

$5 \times 10^{-9} \sim 5 \times 10^{-8}$ A 程度

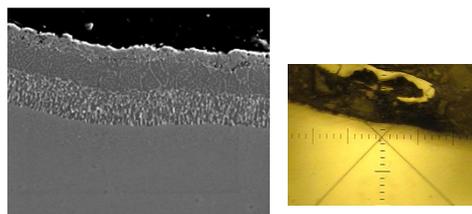
WDS

EDS

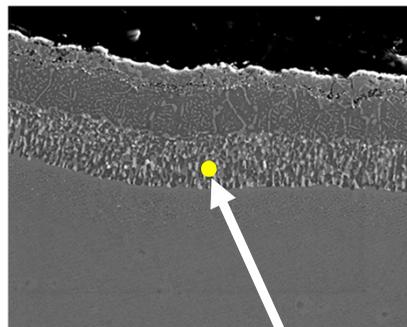
間隔(Step) と 測定時間(Dwell time)



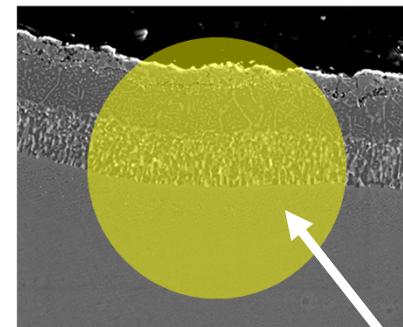
プローブスキャンOFF / ビーム径 について



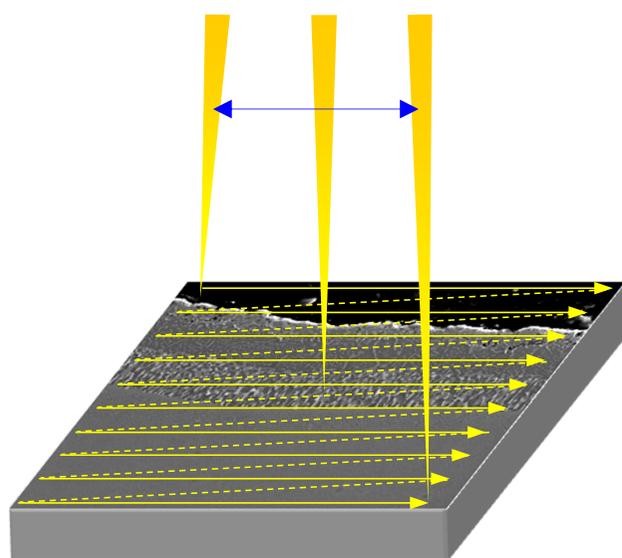
二次電子像



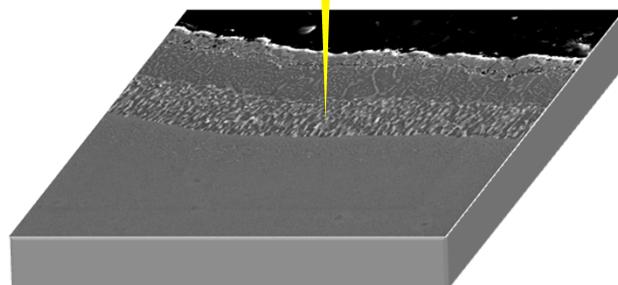
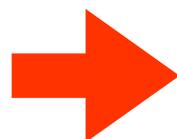
分析箇所



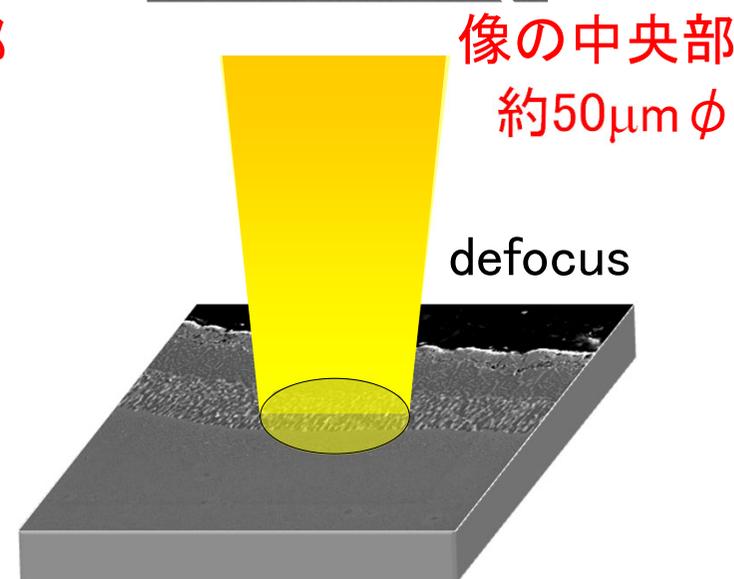
範囲を広げる場合



プローブスキャンON



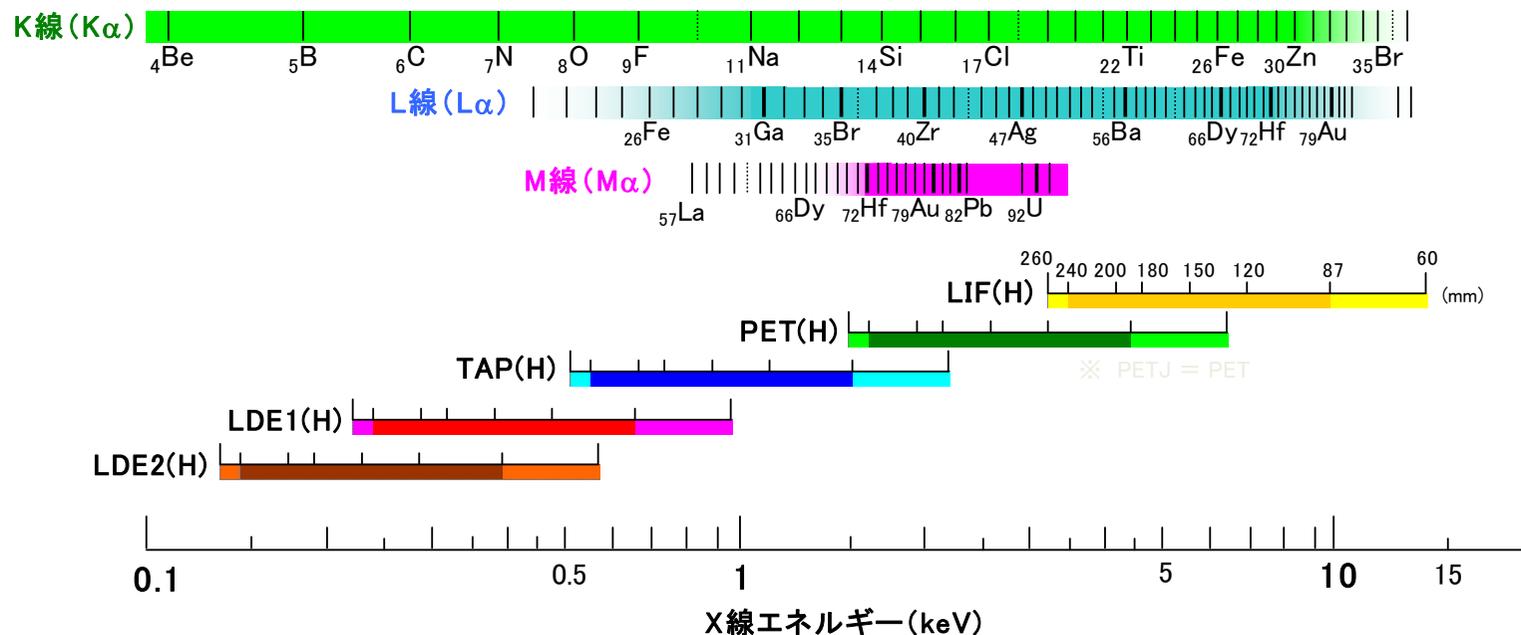
プローブスキャンOFF



プローブスキャンOFF ビーム径設定(例 50μmφ)

ビーム径:(通常) 0μm(Just focus)~200μmφ

分光器条件について

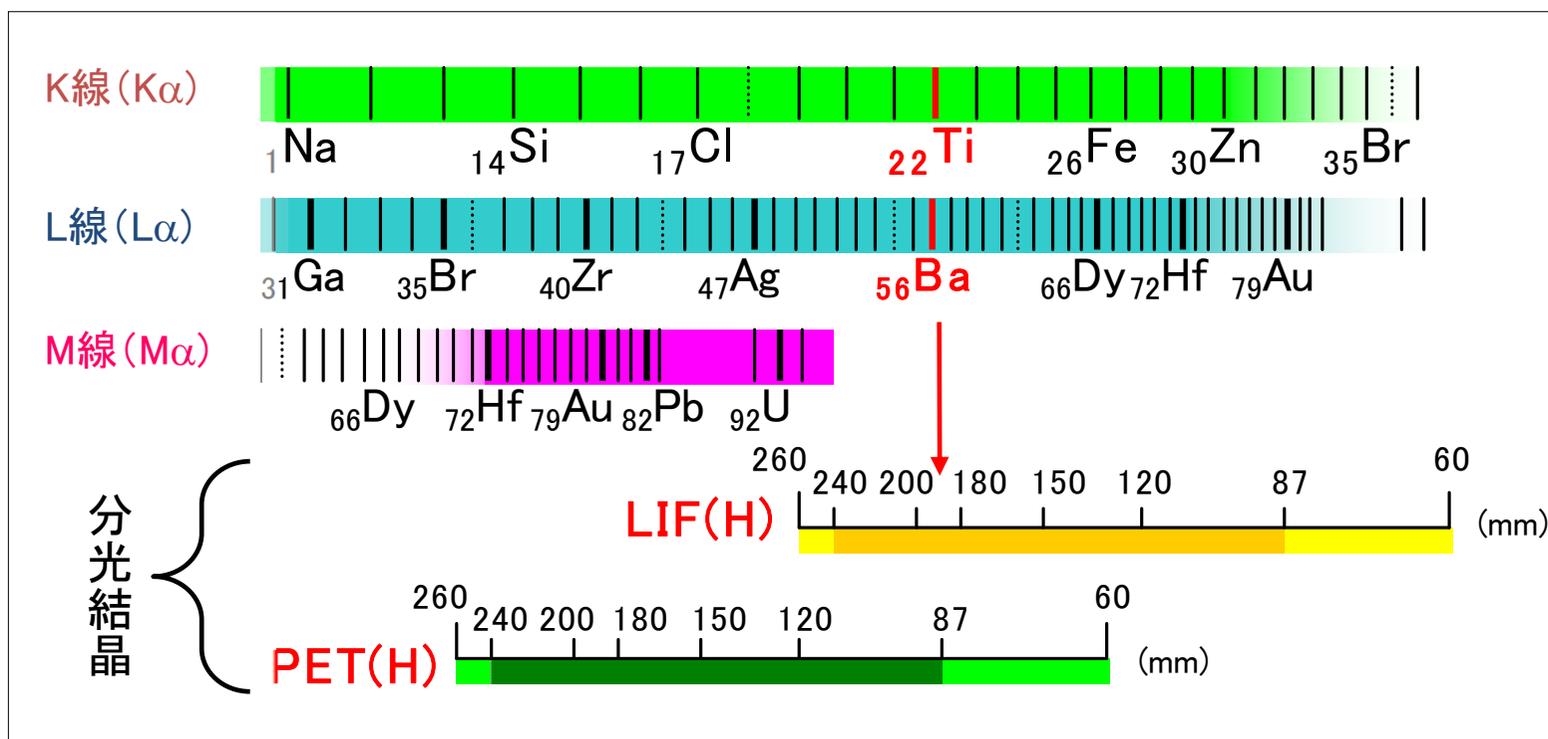


下記の分光結晶4~5枚で、(ほぼ)全元素範囲をカバー

LDE2(※) TAP(H) PET(H) LIF(H)	または	LDE2(H) LDE1(H) TAP(H) PET(H) LIF(H)	5 B ~
LDE1(H) TAP(H) PET(H) LIF(H)			6 C ~
TAP(H) PET(H) LIF(H)			9 F ~

※FCS分光器
 (結晶4枚装着分光器)
 でのLDE2は、
 酸素(O)が範囲外と
 なります

分光結晶の特性

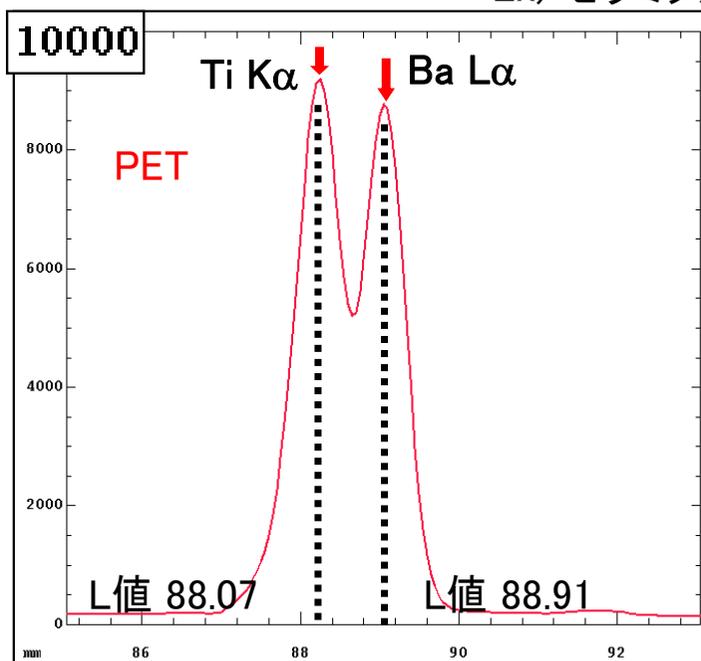


X線によっては複数の分光結晶で分光可能

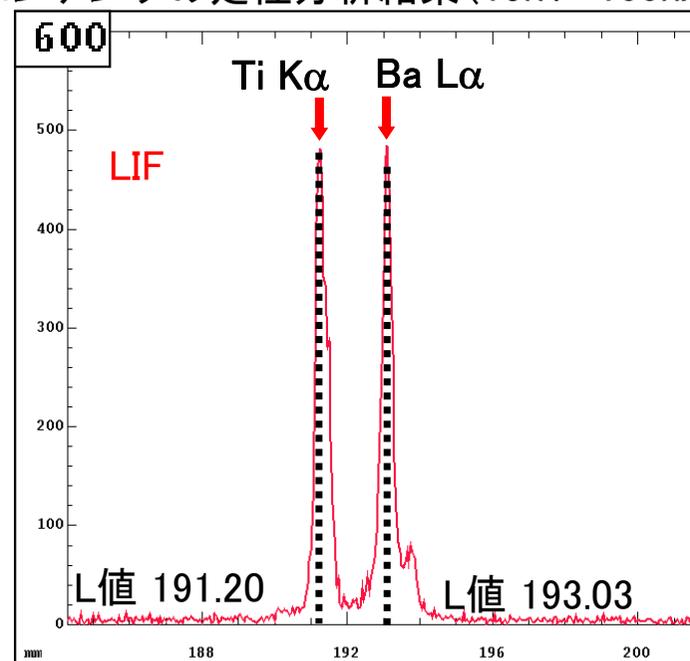
分光結晶の特性

検出位置(L値)	低角(小)	高角(大)
X線強度	大	小
波長分解能	低	高
P/B比	小	大

Ex) セラミックコンデンサの定性分析結果(15kV 100nA)



低角(L値 小): X線強度大



高角(L値 大): 高波長分解能

分光結晶の選択

原子番号により、測定X線を選択
 (Z<30...K線, 31<Z<72...L線, Z>72...M線)

X線強度、分解能、P/B比を考慮して分光結晶を選択
 80~200 mm (L値) 以内かそれに近いもの

L-value Table

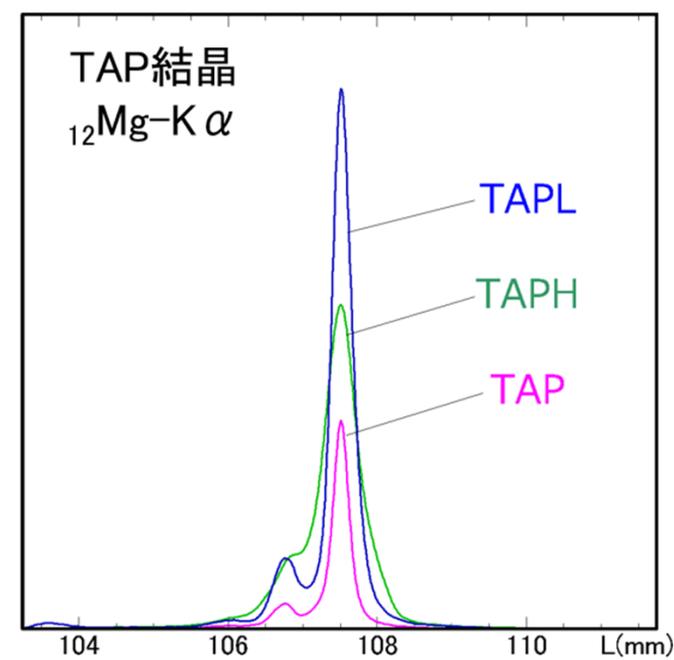
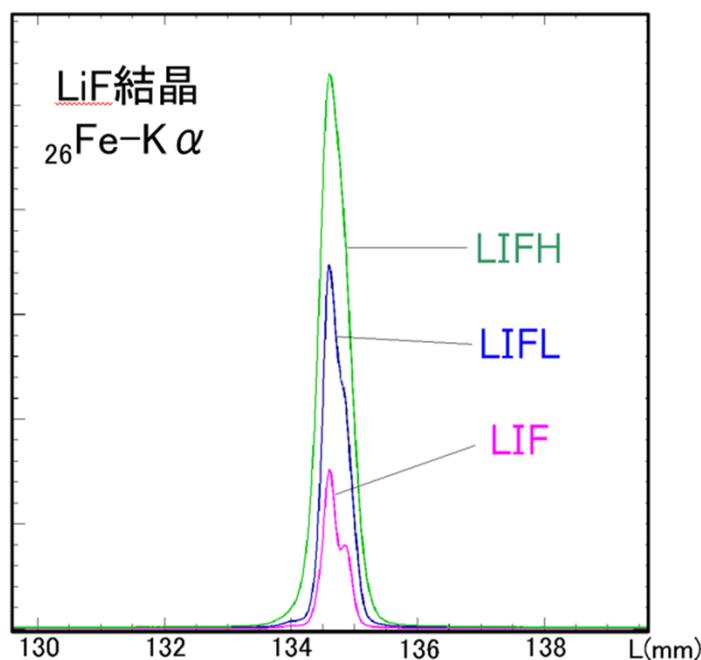
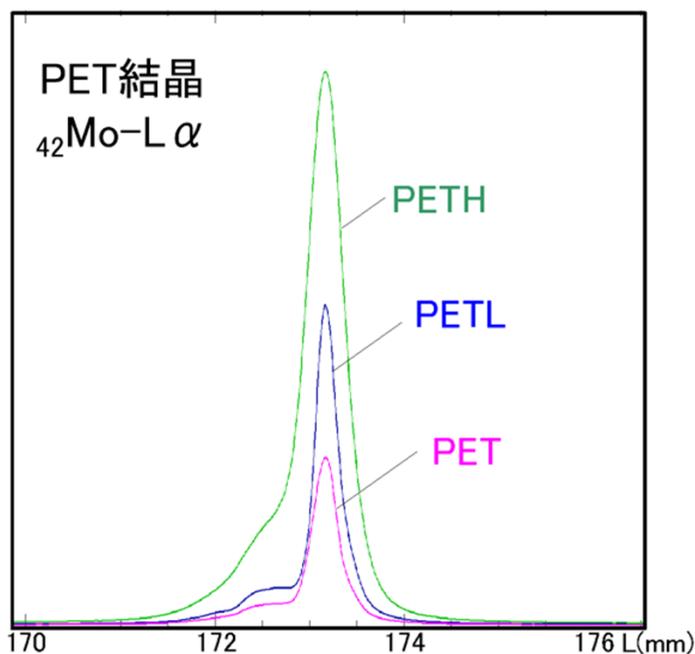
		3 Li	4 Be			26 Fe			2d(nm)		5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne																		
					Drive range XCE, TX H FCS	62.05 134.72 191.22	PET Kα LIF Kα TAP Lα LDE2 Lα		LDE2(H) 10 LDE1(H) 6 TAP(H) 2.5757 PET(H) 0.8742 LIF(H) 0.40267		191.27	※ 124.49 207.48	88.48 147.47	66.14 110.23 256.77	85.49 199.15	68.18 158.82	LDE2 Kα LDE1 Kα TAP Kα																	
TAP Kα		11 Na	12 Mg								13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	TAP Kα PET Kα																	
		19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr															
PET Kα LIF Kα TAP Lα LDE2 Lα		119.87	107.60	97.11	88.07	80.23	73.38	67.36	62.05	124.49	115.37	107.21	99.88	93.27	87.29	81.86	76.91	72.39	68.24															
			233.60	210.83	191.20	174.18	159.31	146.24	134.72	173.63	158.29	144.97	133.21	122.75	113.45	105.13	97.73	91.04	84.98															
			101.72	87.78	76.78	67.90																												
LIF Kα PET Lα TAP Lα		37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	78 Pt		51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	LIF Lα PET Lα TAP Lα																
		64.45	60.96			173.17	163.82	155.21	147.25	139.89		91.30	LIF Lα PET Lα TAP Mα PET Mα	239.16	228.72	218.94	209.76																	
		234.40	219.81	206.55	194.43	183.35								110.16	105.35	100.85	96.62																	
		79.56	74.60	70.10	65.99	62.23																												
LIF Lα PET Lα TAP Mα PET Mα		55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt			83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	LIF Lα PET Lα TAP Mα PET Mα																
		201.13	193.03	185.36	109.14	105.83	102.66	99.64	96.74	93.96	91.30			79.54	77.45	75.45	73.52																	
		92.64	88.91	85.38		81.96	78.84	75.91	73.15	70.55	68.07	65.74																						
				162.95	241.47	232.28	223.66	215.53	207.87	200.57	193.68			163.93																				
LIF Lα		87 Fr	88 Ra	89 Ac													58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	LIF Lα PET Lα TAP Mα PET Mα			
		71.66	69.86	68.14													178.12	171.27	164.83	158.69	152.96	147.48	142.33	137.44	132.73	128.29	124.07	120.07	116.26	112.61				
																	82.04	78.89	75.92	73.10	70.46	67.93	65.56	63.31	61.14	59.40	57.46	55.76	54.26	52.83	51.45	50.12	48.83	
																	153.49	145.70	138.46		125.68	119.98	114.44	108.20	103.64	99.40	95.46	91.76	88.59	85.23	82.01	78.83		
																	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu													LIF Lα PET Mα
																	66.48	64.87	63.32	61.83	118.73													
																	132.54	128.82	125.23															

XCE型・H型・L型分光器について

	ローランド円の半径R	X線強度	分解能	分光範囲		ローランド円の半径R	X線強度	分解能	分光範囲
PET/LIF	140	○	◎	◎	TAP	140	○	◎	◎
PETH/LIFH	100	☆	○	○	TAPH	100	◎	○	○
PETL/LIFL	140	◎	◎	◎	TAPL	140	☆	◎	◎

☆best◎better○good

X-ray Intensity(a.u.)



H型: XCE型よりX線強度が大きい、分解能が若干落ち分光範囲も狭くなる

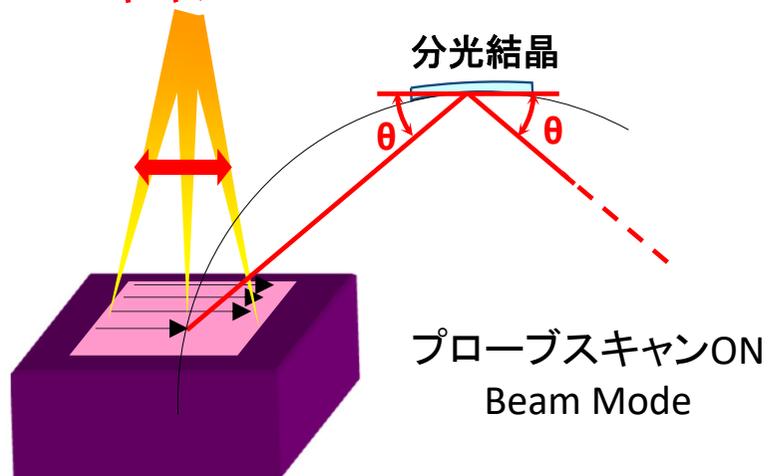
L型: XCE型よりX線強度が大きく、H型よりも分解能が良い

面分析(カラーマップ)

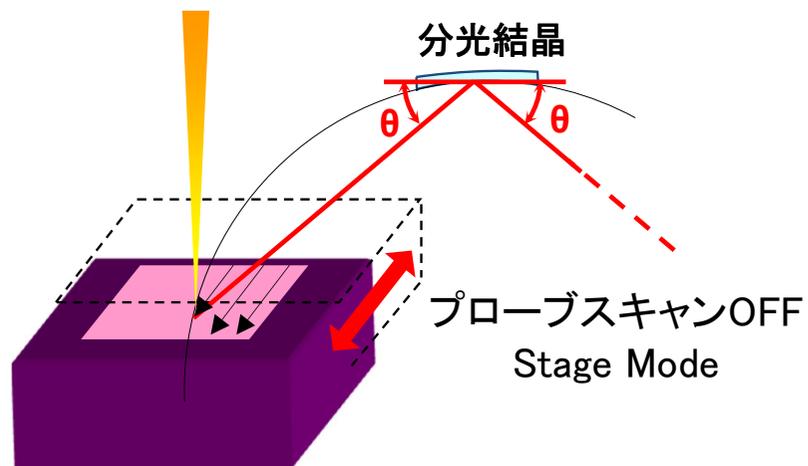


ステージスキャンとビームスキャン

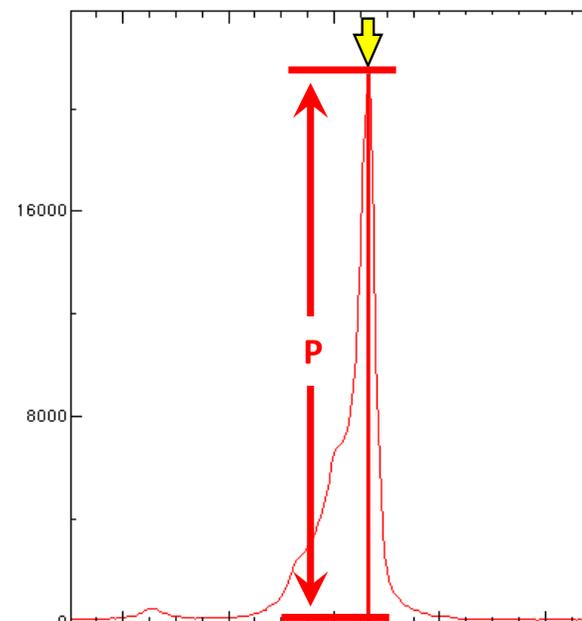
ビームスキャン



ステージスキャン

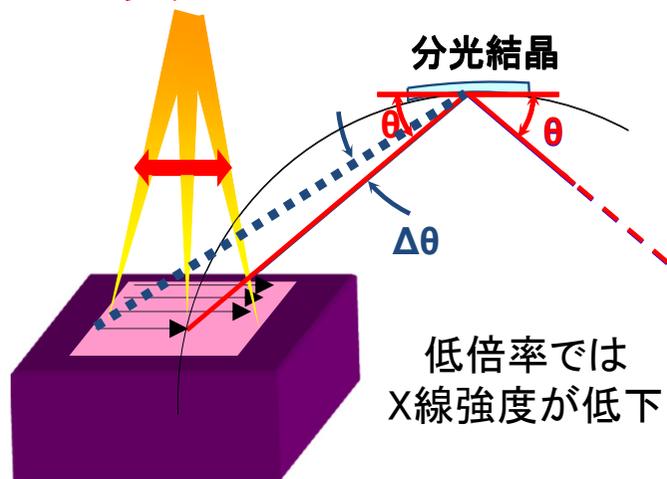


分光器(結晶):
ピーク位置に固定

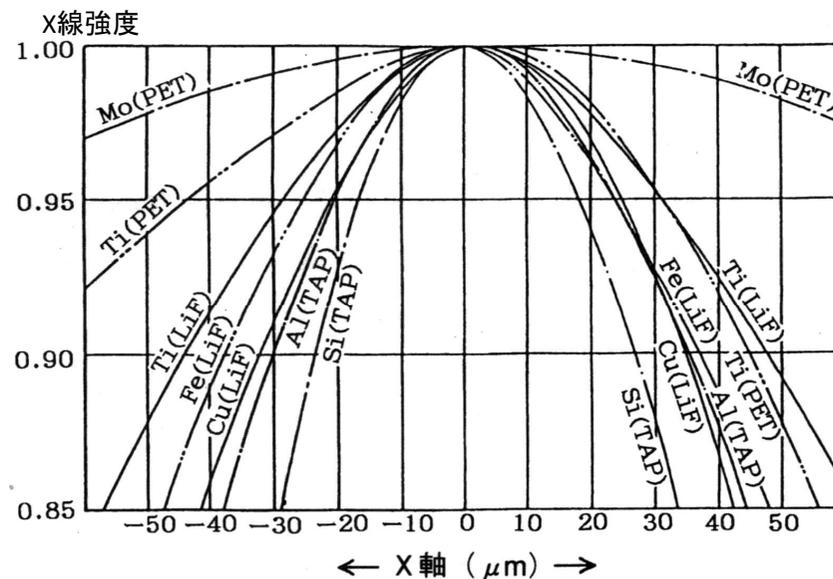
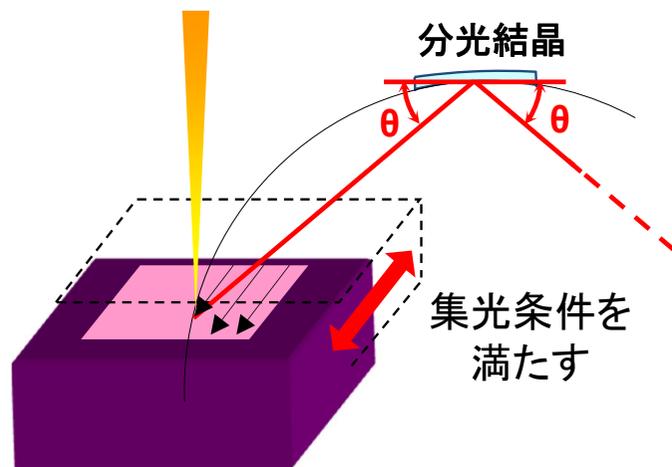


ステージスキャンとビームスキャン

ビームスキャン

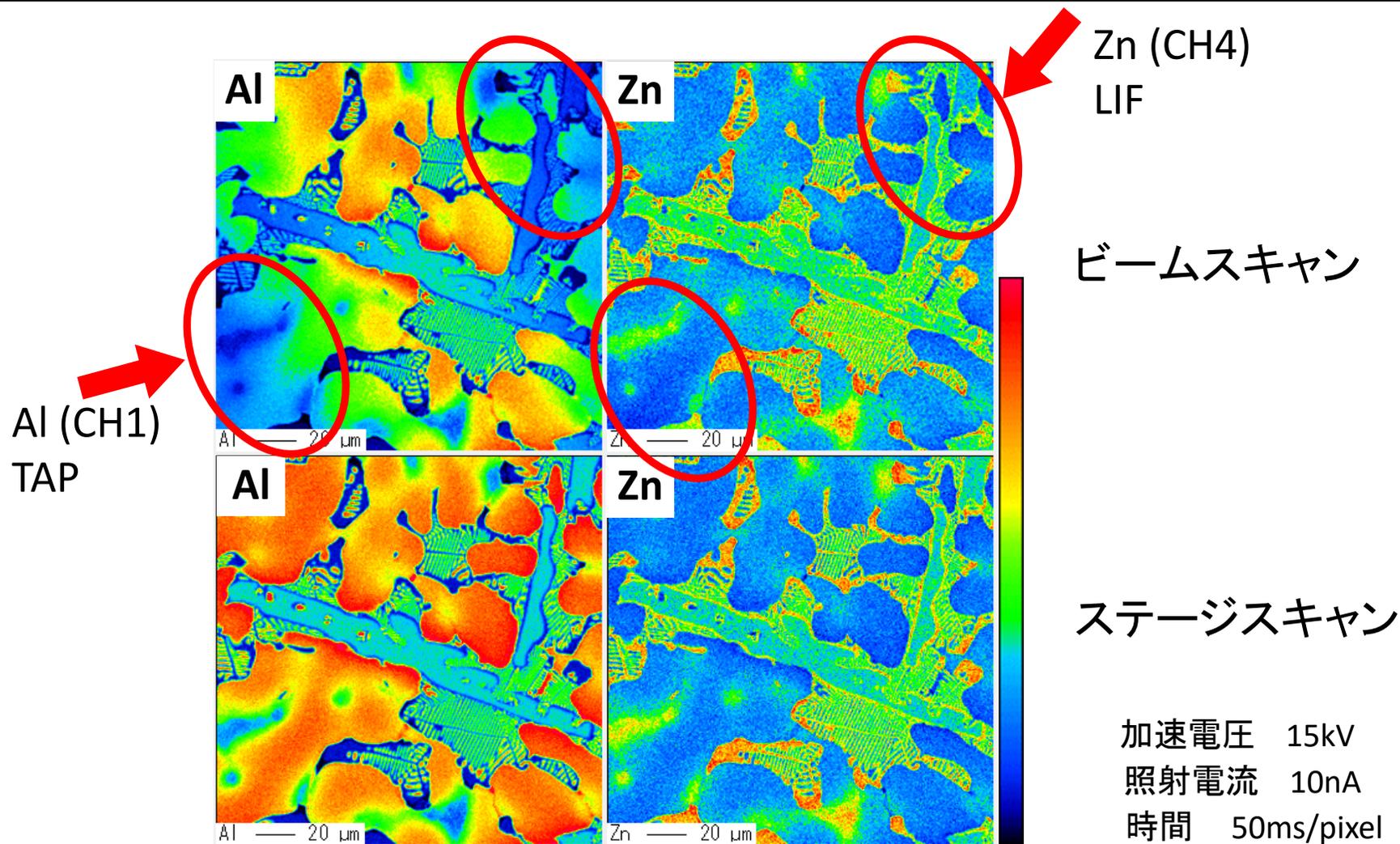


ステージスキャン



試料上の電子プローブ位置とX線強度

例 AI合金 カラーマップ(×500 : 200μm角)



ステージスキャンとビームスキャン

一般的には、

(ビームスキャンによる強度低下を避けるために)

× 3000以上 : ビームスキャン

× 3000未満 : ステージスキャン

特に、TAPの低角側の元素 (Si $K\alpha$, Al $K\alpha$, W $M\alpha$ etc...) には注意する

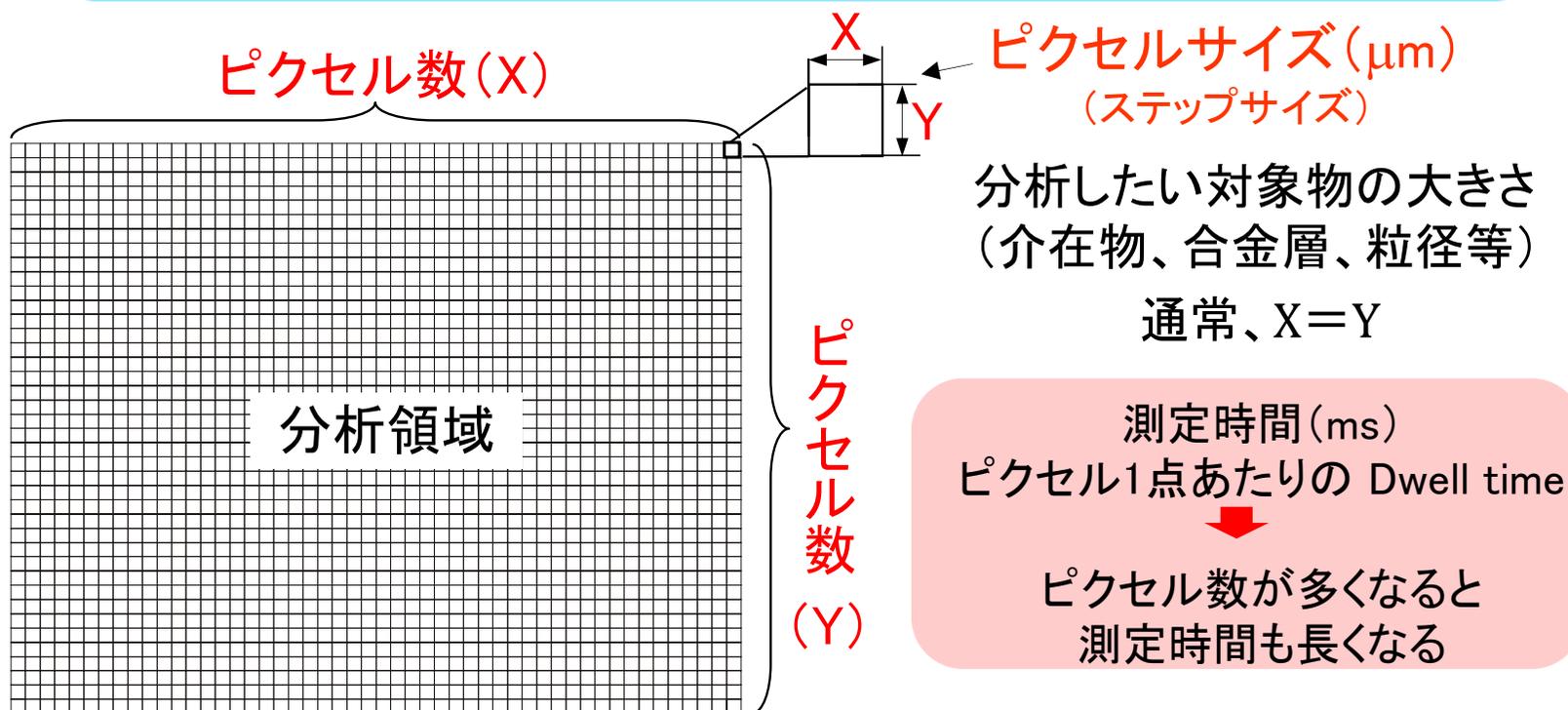
分析領域の設定方法



ステージスキャンの基本(分析領域/測定時間)

分析領域の大きさ(X or Y)

ピクセル数(X or Y) × ピクセルサイズ(μm)



分析対象物の大きさや、分析目的に応じて
ピクセルサイズ、ピクセル数を選択する事が重要

ピクセル数によるマップの変化 (硫化鉱物)

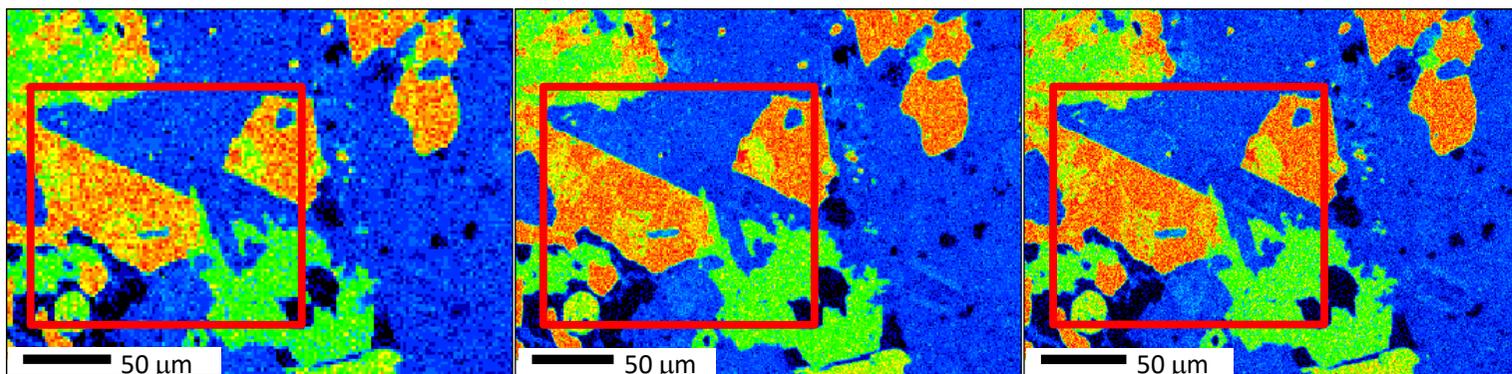
160 × 115 (18 min) 320 × 230 (60 min)

ピクセルサイズ 2 μm ピクセルサイズ 1 μm

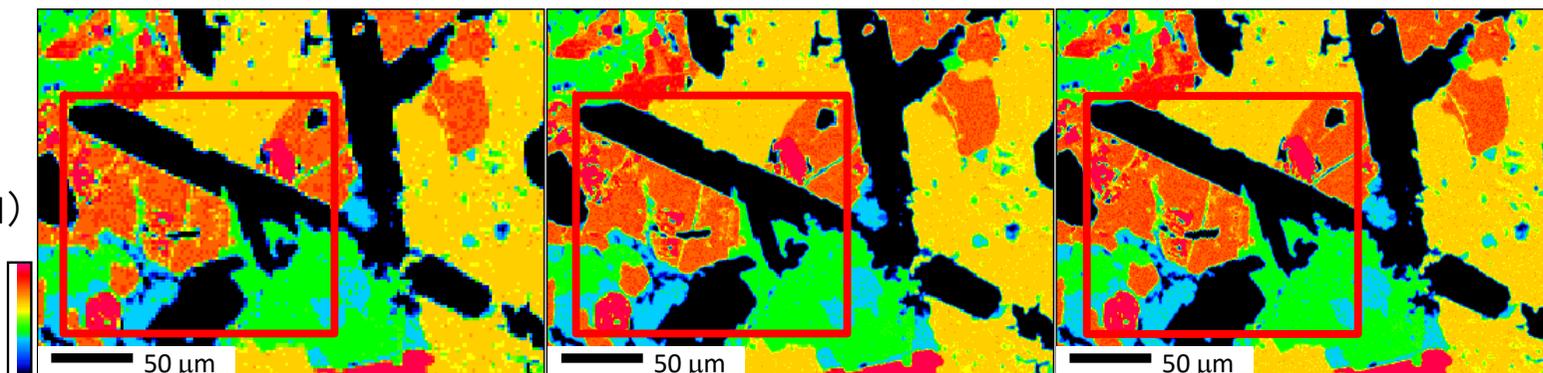
640 × 460 (170 min)

ピクセルサイズ 0.5 μm

Fe
(LIF)



S
(PETH)



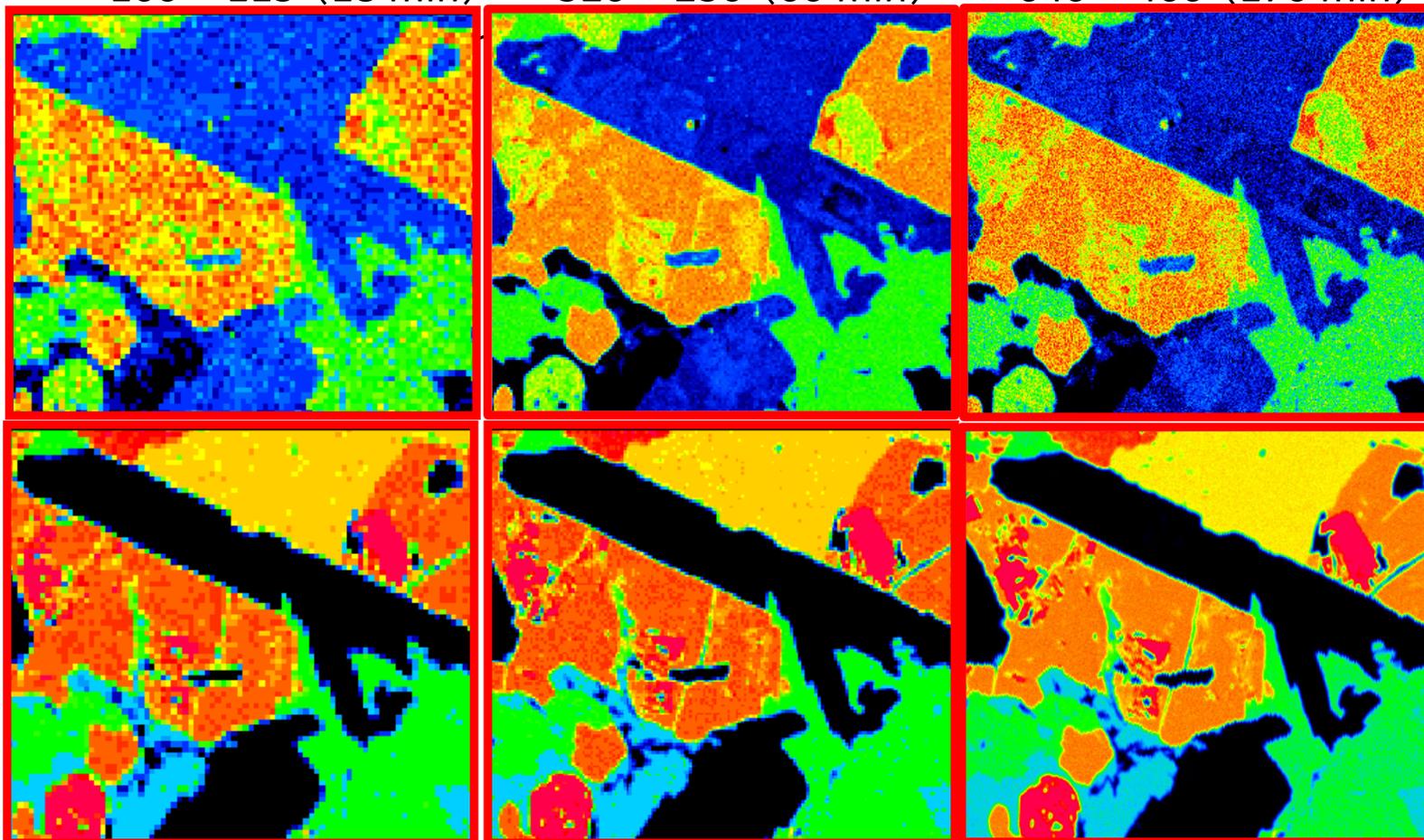
加速電圧 15 kV 照射電流 100 nA 測定時間 30 ms/pixels

ピクセル数によるマップの変化 (硫化鋇物)

160 × 115 (18 min)

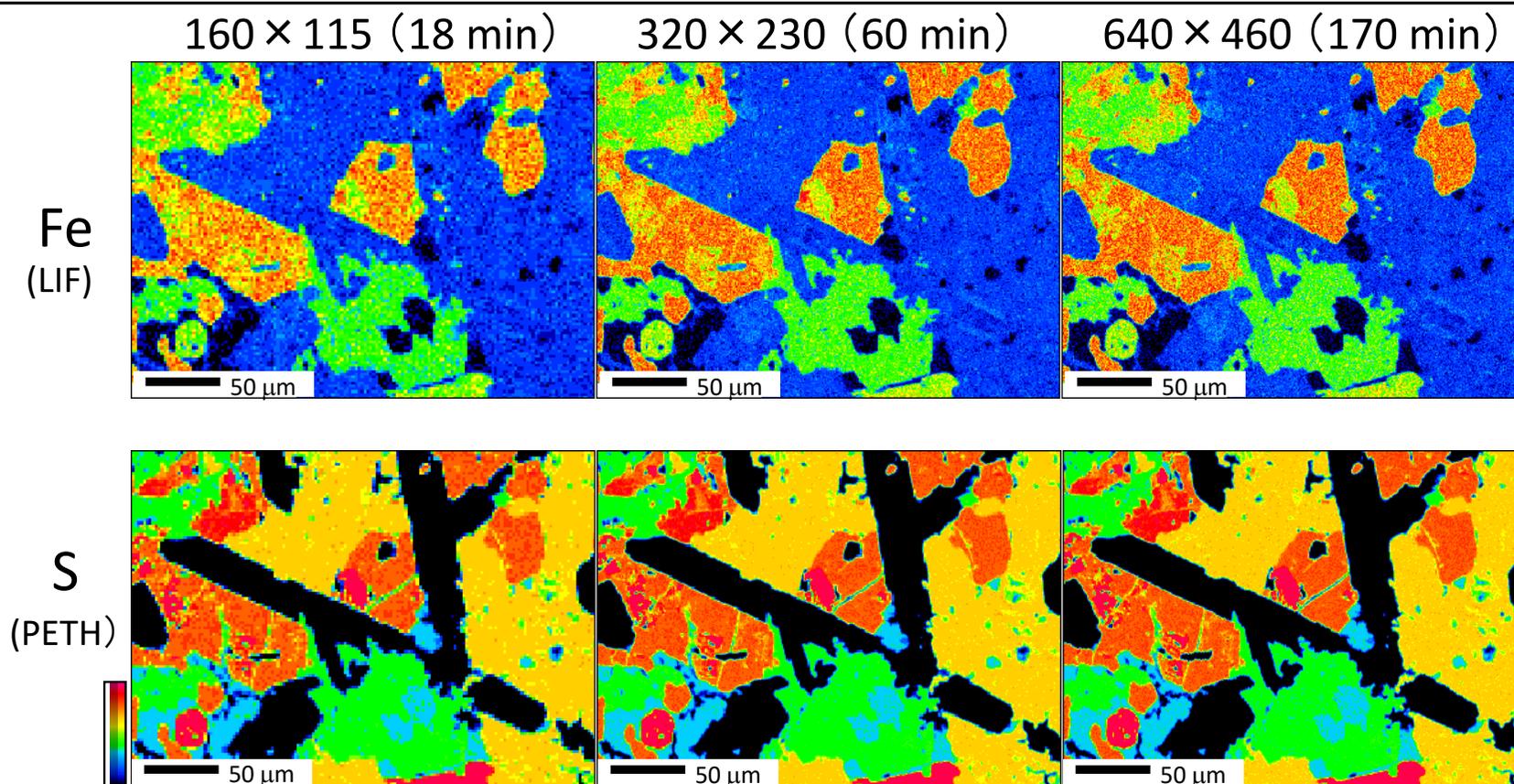
320 × 230 (60 min)

640 × 460 (170 min)



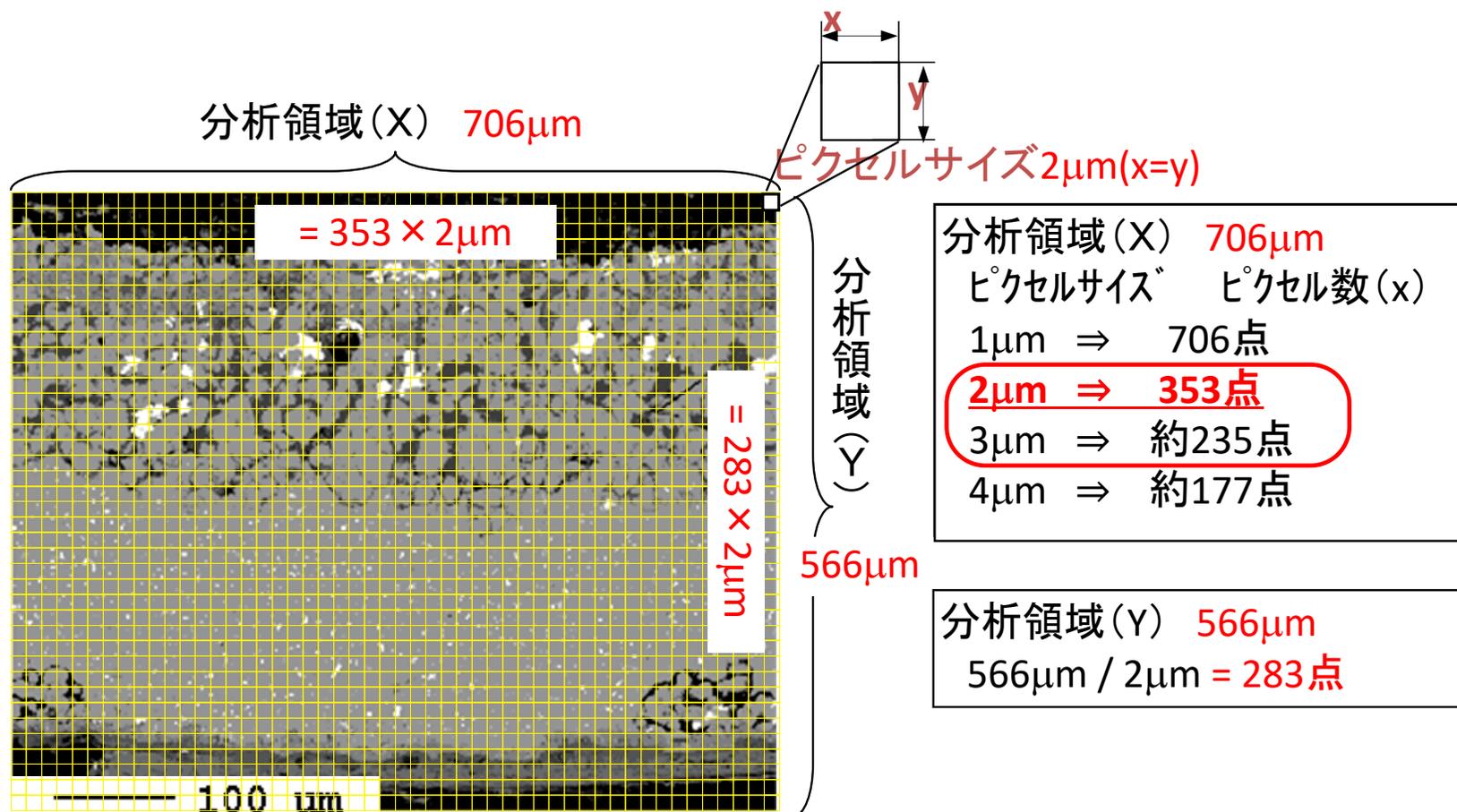
加速電圧 15 kV 照射電流 100 nA 測定時間 30 ms/pixels

ピクセル数によるマップの変化 (硫化鉱物)



ステージスキャンでの分析領域、ピクセル数 200~400 程度: 十分な分解能
測定時間 30~50 ms 程度: 1分析あたり1時間~2時間

ステージスキャンの分析領域の設定

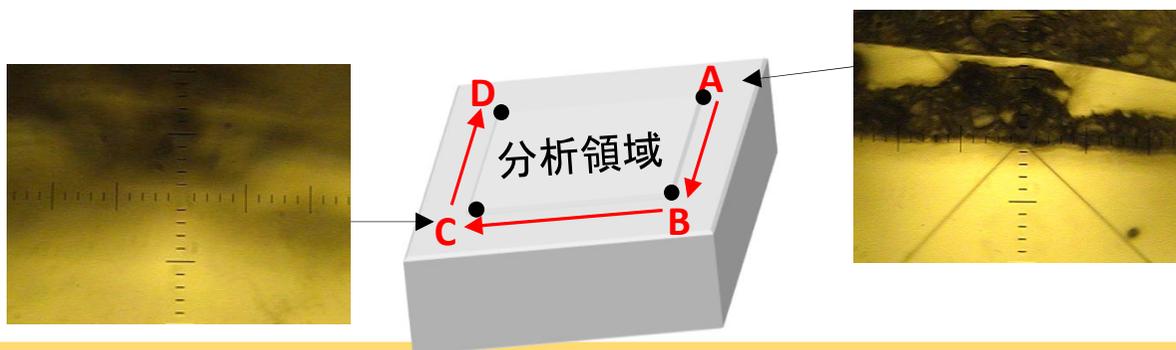


分析したい領域の大きさを
ピクセル数(X,Y) とピクセルサイズ(μ m)で指定

ステージスキャンの分析領域の設定

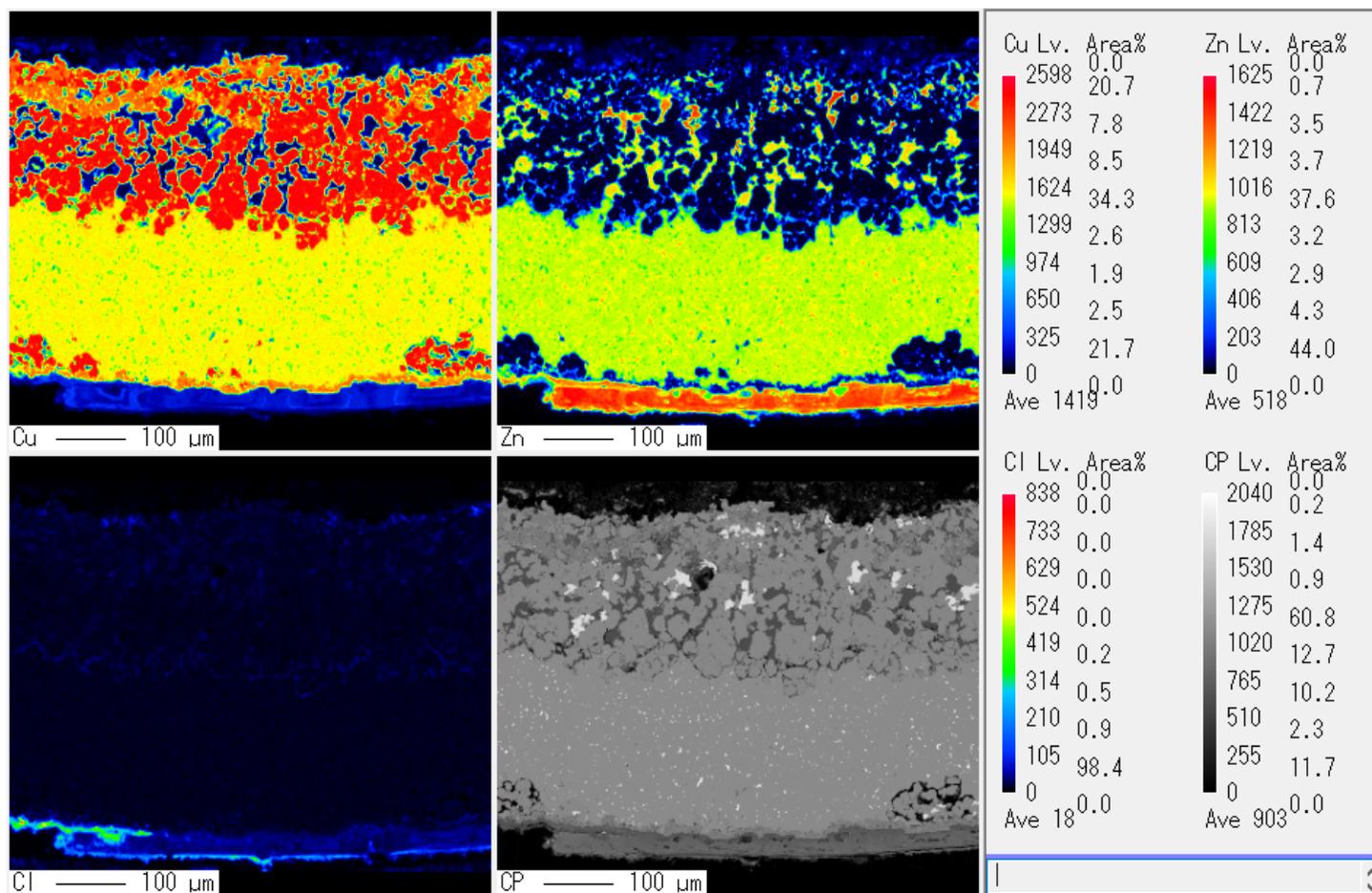


現在のステージ位置が、分析領域のどこであるのかを登録



(試料の傾斜を補正するために) 分析領域の4隅の高さを登録
(光学顕微鏡像を合わせる)

ステージスキャンマップの結果（腐食試料）

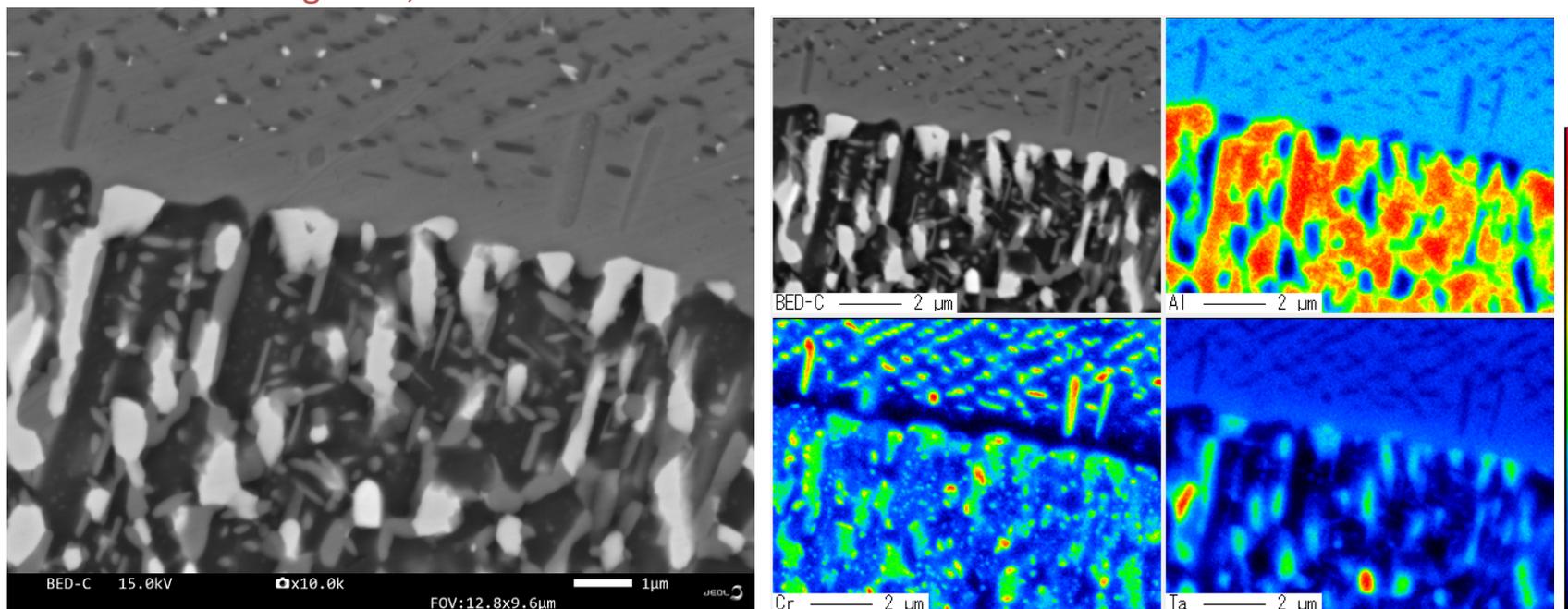


加速電圧 20kV 照射電流 100nA 測定時間 50ms/pixel

ビームスキャンの分析領域の設定

分析領域 = 倍率指定

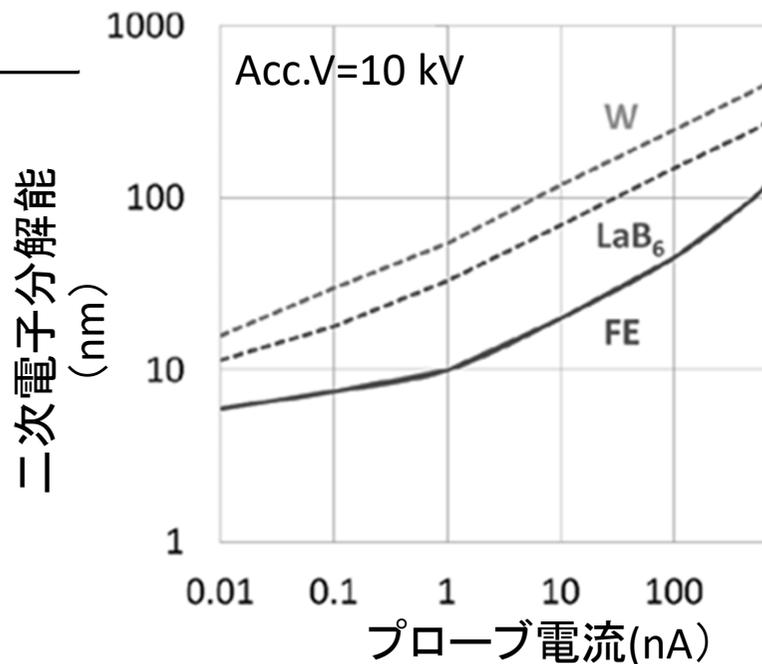
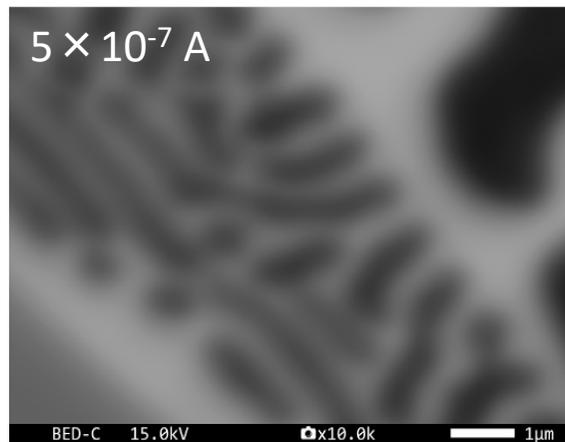
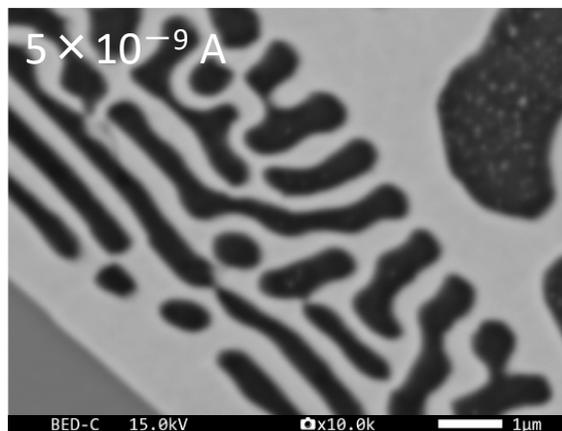
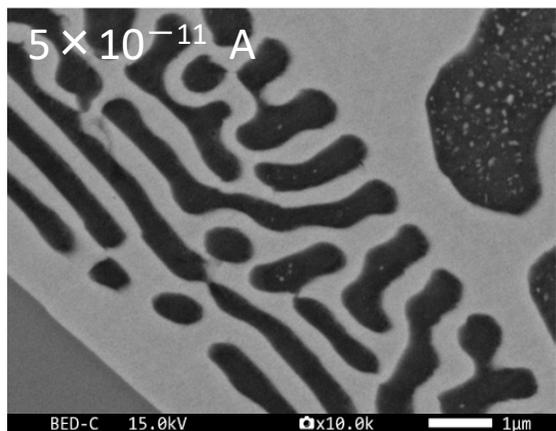
例 Mag × 10,000 256 × 256



ピクセルサイズは自動計算

分析したい領域の倍率で分析領域を指定
ピクセル数(X,Y)は、任意の数字を入力
(一般的には、X:256-300)

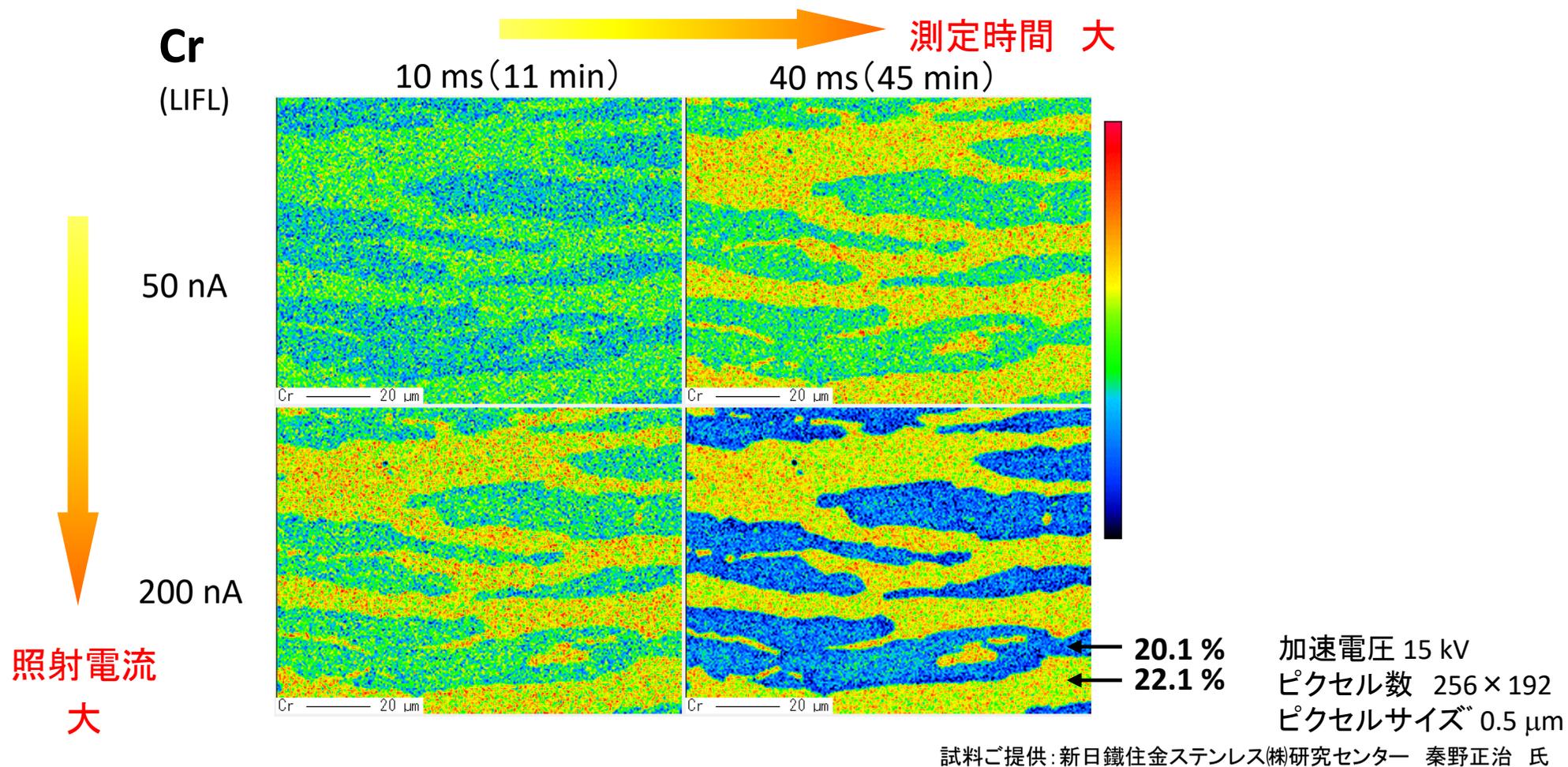
照射電流とプローブ径



照射電流 大
プローブ径 大

加速電圧 15 kV
組成像 (Al合金)
LaB₆ GUN

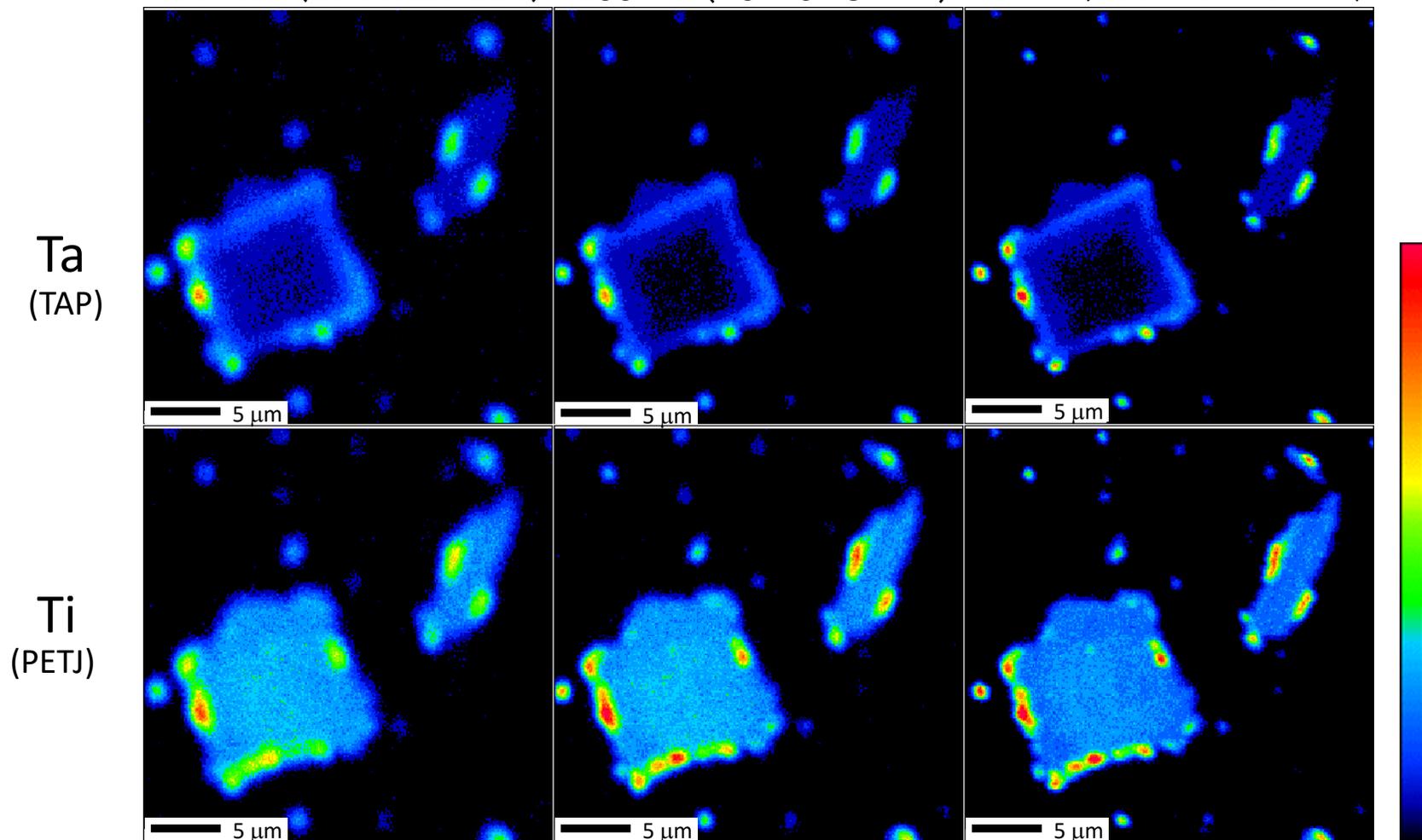
照射電流/測定時間によるマップの変化



X線強度は照射電流と測定時間に依存する

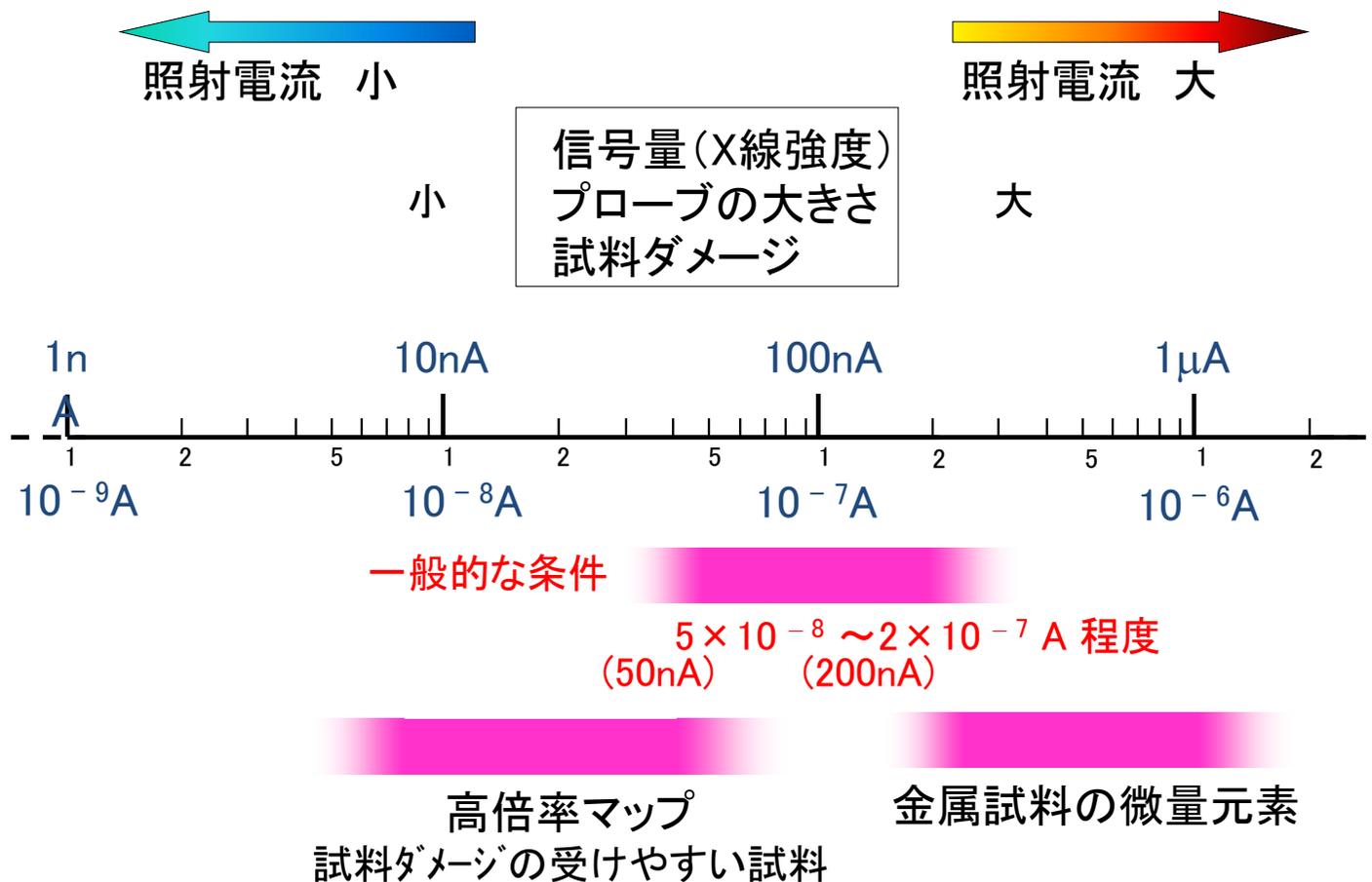
照射電流とプローブ径 (Wフィラメント)

200 nA (20 ms:20 min) 100 nA (40 ms:45 min) 10 nA (400 ms:420 min)

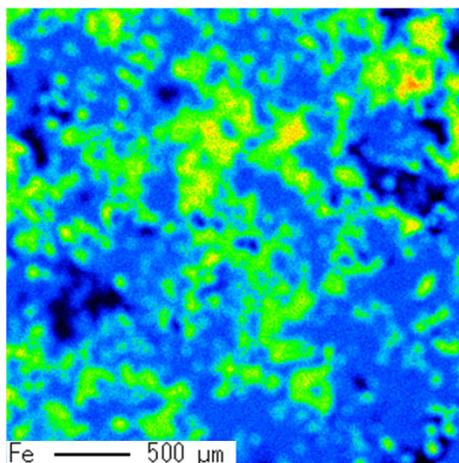


加速電圧 15 kV ピクセル数 256 × 256

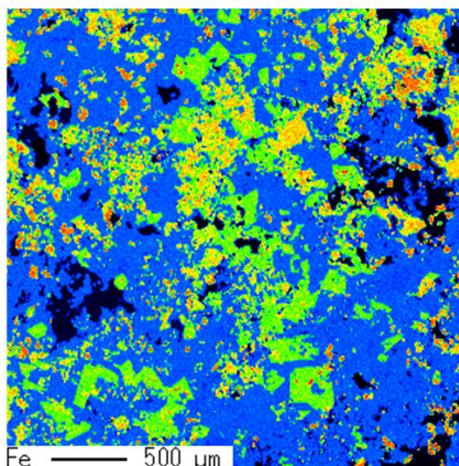
カラーマップの一般的な照射電流(プローブ電流)



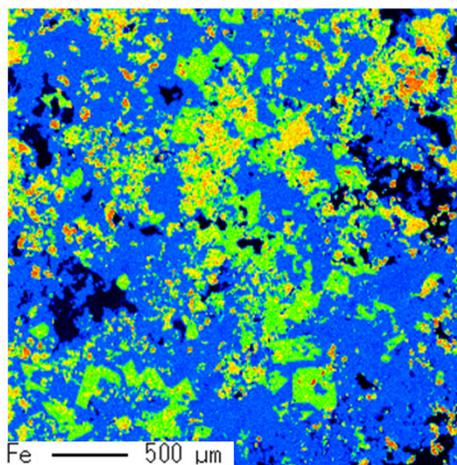
ピクセルサイズとビーム径（例 鉱物中のFe）



100μm φ

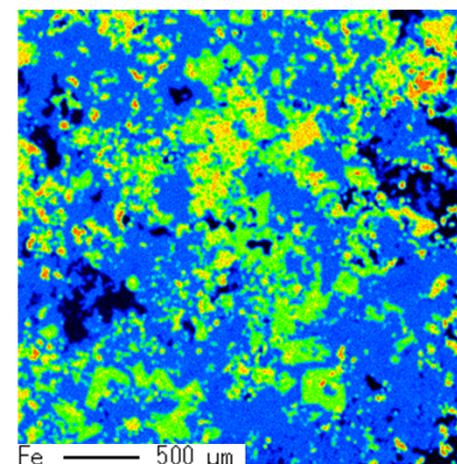


3μm φ

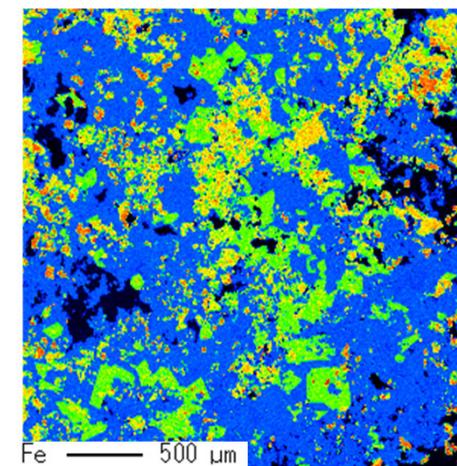


10μm φ

加速電圧 15kV
照射電流 100nA
ピクセル数 300 × 300
ピクセルサイズ 10μm



30μm φ



0μm (Focus)



カラーマップの測定条件（一般的な条件の目安）

	考慮すべき点	目安
ピクセルサイズ (μm) (X、Y)	分析したい対象物の大きさ (介在物、合金層、粒径等)	分析範囲／ピクセル数 (通常XとYは同じにする)
ピクセル数(点) (X、Y)	解像度、測定時間	X、Y方向 200～400 程度 256(ビームスキャン)
測定時間(ms) (1点あたり)	測定時間、検出感度 試料ダメージ	5～50ms
照射電流 (A)	検出感度、試料ダメージ プローブの太さ、 X線強度(20万cps以下)	$10^{-6} \sim 10^{-9} \text{ A}$
ビーム径 (μm)	ピクセルサイズ 試料ダメージ	ピクセルサイズと同じかそれ以下 (数 μm 程度では、0 μm (Focus)に するが多い) ビームスキャンでは勿論0 μm

ご清聴ありがとうございました



SEM/EPMA 他X線検出器との比較

項目	S X E S	S X E S E R	W D S (EPMA)	E D S
分解能※	0.3 eV Al-L線、金属アルミの フェルミエッジ	5.0 eV Fe-L α 線半値全幅 JS2000回折格子	8 eV Fe-K α 線半値全幅 LIF形分光結晶	120-130 eV Mn-K α 線半値全幅
Li-K α 検出	可能	不可	不可	不可 (ウインドウ レスでは可)
状態分析	可 BCN軽元素 3周期元素	可 BCN軽元素 遷移金属元素	可能	不可
多元素同時 パラレル検出	可	可	不可 (但し分光器 の数分可)	可
分光素子と検出器	回折格子 + CCD	回折格子 + CCD	分光結晶 + 比例計数管	SDD
検出器冷却	ペルチエ冷却	ペルチエ冷却	不要	ペルチエ冷却