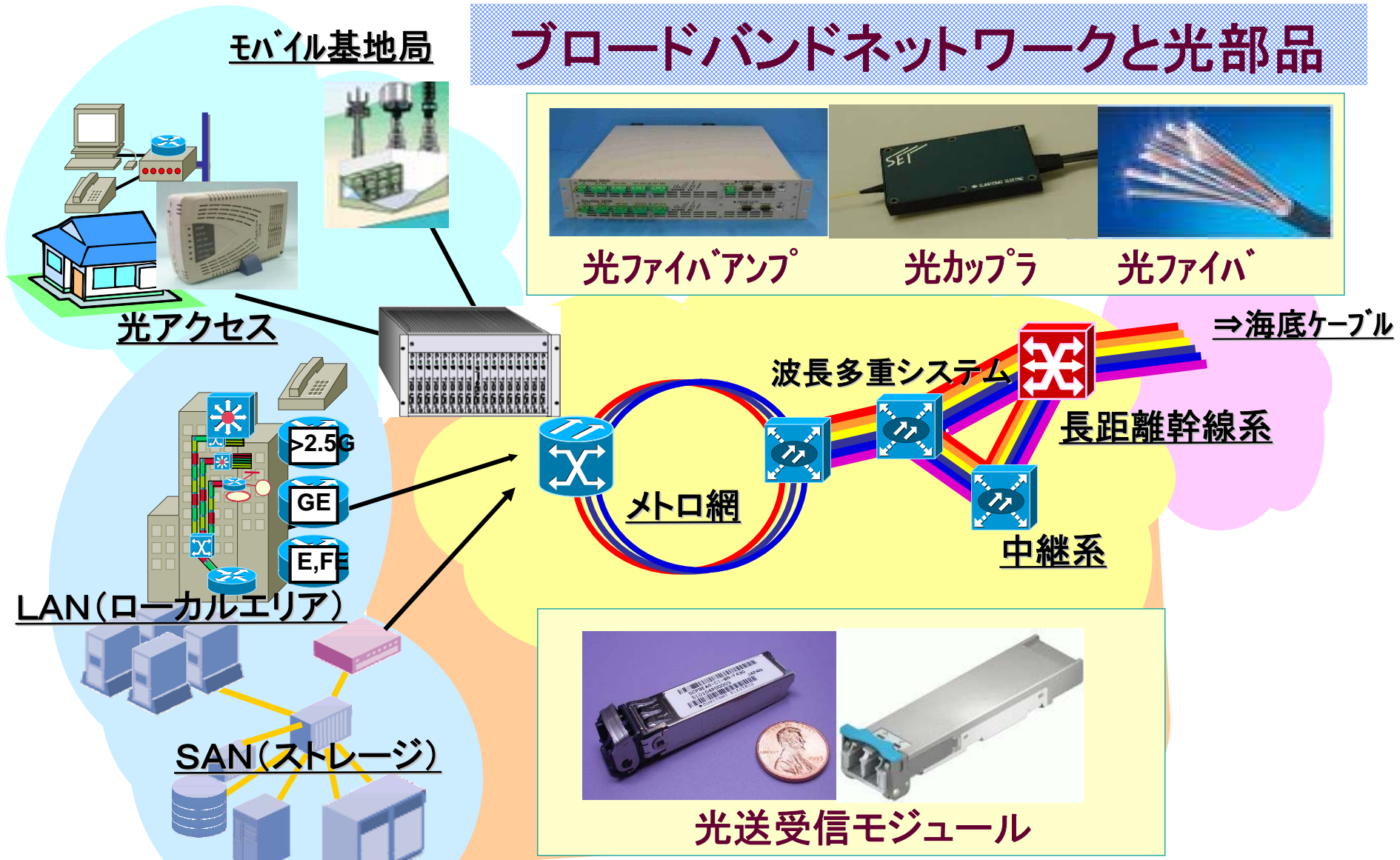


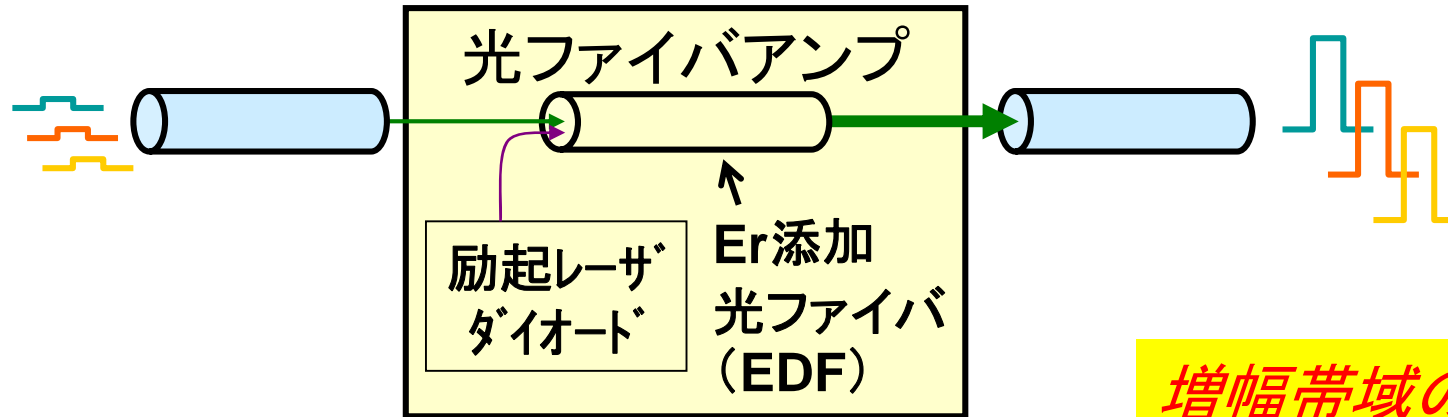
光ファイバ材料のXAFS法による構造解析

ガラス・セラミックス研究会
2010/8/27

住友電気工業(株) 解析技術研究センター
飯原順次

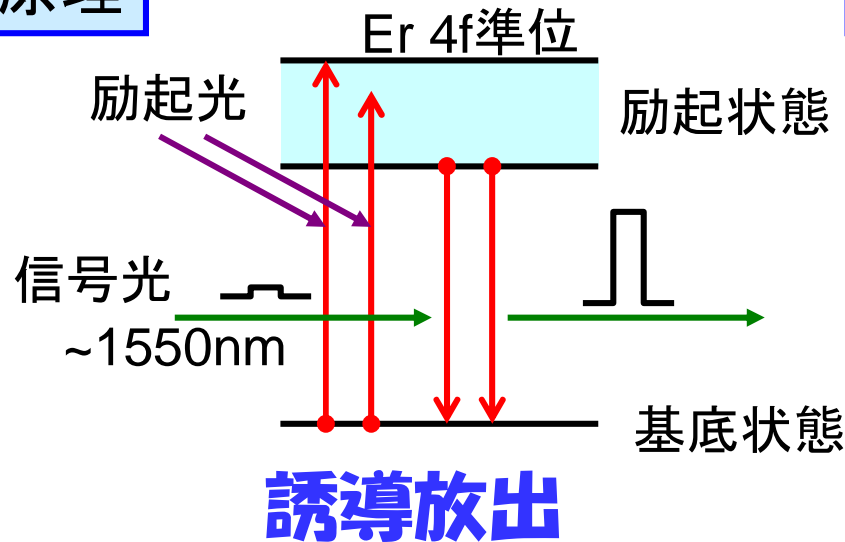


光信号増幅：電気信号への変換が不要 ⇒ 高速伝送が可能

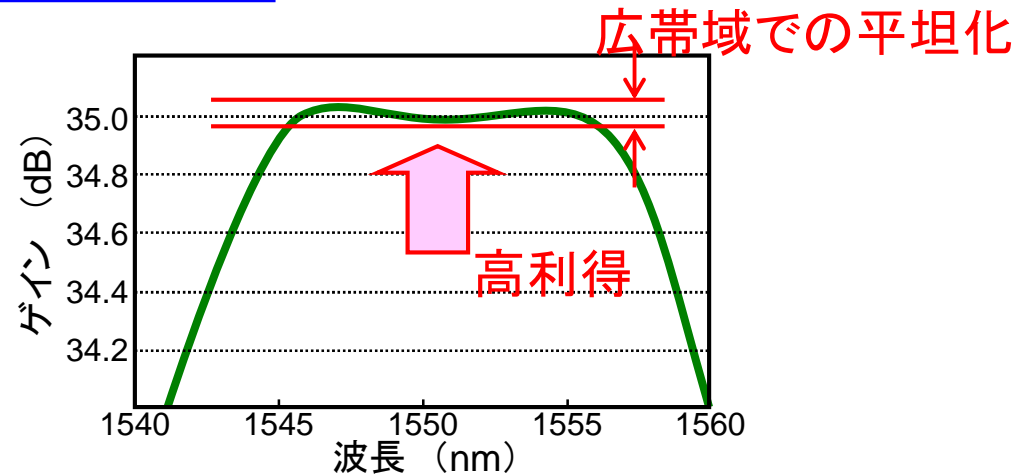


増幅帯域の拡大
⇒ 更なる大容量化

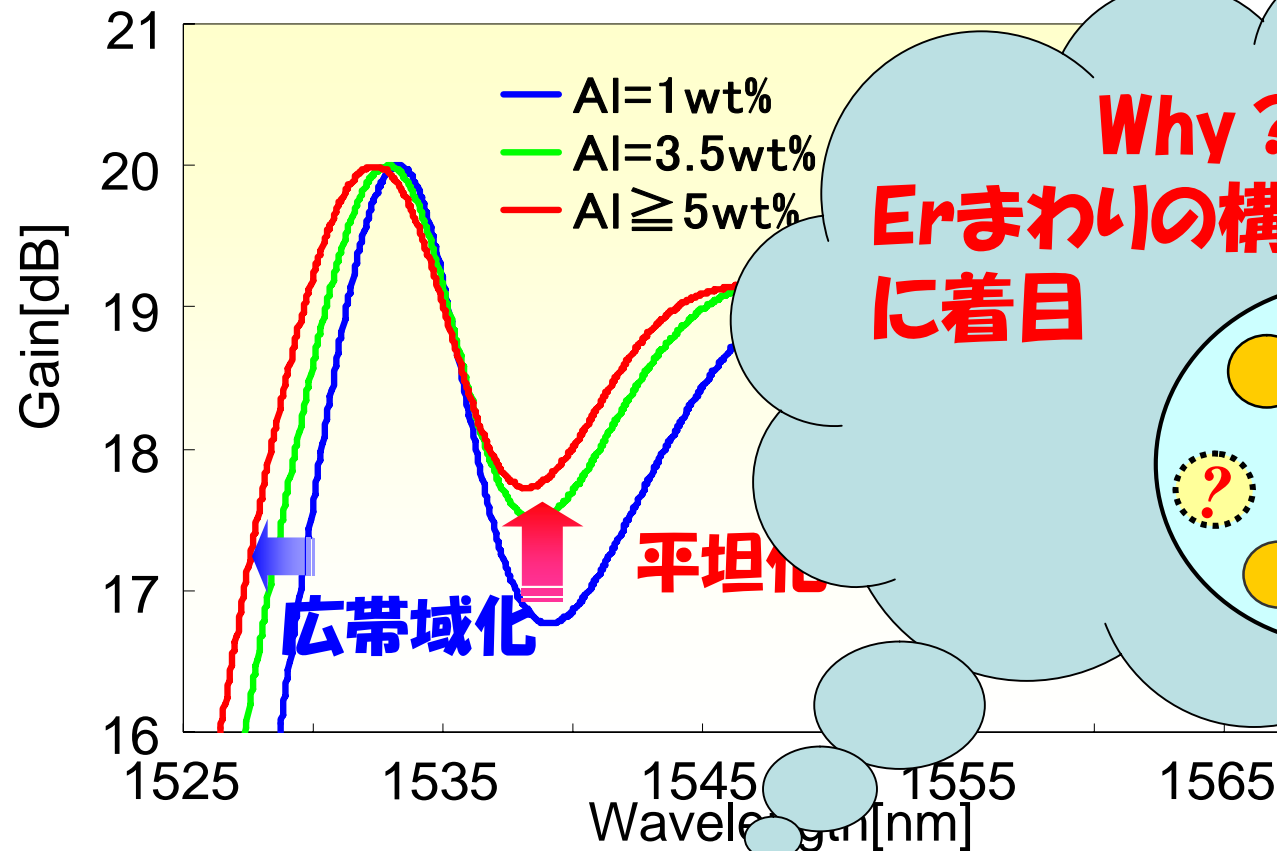
原理



増幅特性



- EDFA スペクトルへの要求
- 広帯域化
 - 平坦化



高Al濃度化が現在の方向性

増幅スペクトルの形状変化

← Erの局所構造変化に起因

＜ 研究事例 ＞

0.5Er₂O₃-(75-x)SiO₂-xAl₂O₃-25Na₂O (x=0 ~ 30)

S.Tanabe, et al., JNCS 196, 101, (1996)

1Er₂O₃-59SiO₂-20Al₂O₃-20Na₂O

P.M. Peters, et al., JNCS 239, 162, (1998)

0.5Er₂O₃-76SiO₂-4.5Al₂O₃-19Ti₂O₃

F. d'Acapito, et al., JNCS 293, 118, (2001)

2Er₂O₃-58SiO₂-10Al₂O₃-30Li₂O₃

T.Murata, et al., STAM 1, 139, (2000)

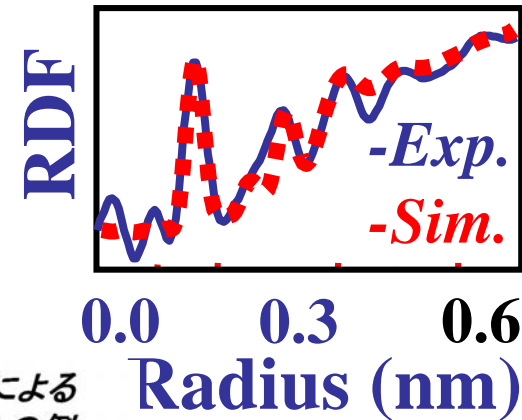
バルクガラスでの評価

添加元素に依存して局所構造変化

実ファイバでの評価事例はない

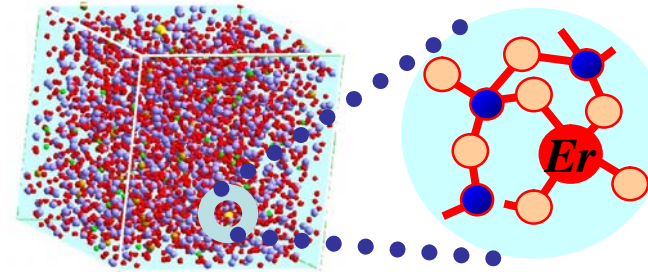
放射光分析

- ・ XAFS & X線散乱
- ・ 動径分布関数 (RDF)



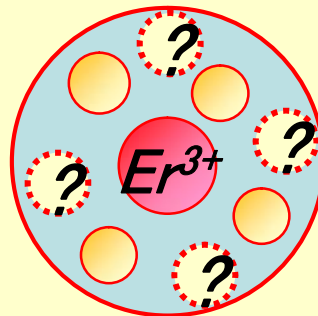
MDシミュレーション

- ・ 構造モデル
- ・ RDF計算, etc



AI共添加

構造変化



- ・ 何が変化? (What)
- ・ 何故AIで? (Why)

試料番号	コア組成		
	Er/wt.ppm	Al/wt.%	Ge/wt.%
A	840	0	3.9
B	1357	1.4	3.4
C	1022	3.7	3.8
D	958	6.5	4.1

標準試料; Er-metal, Er_2O_3

低濃度
ファイバ換算 < 10 wt. ppm

何らかの高感度化対策が不可欠

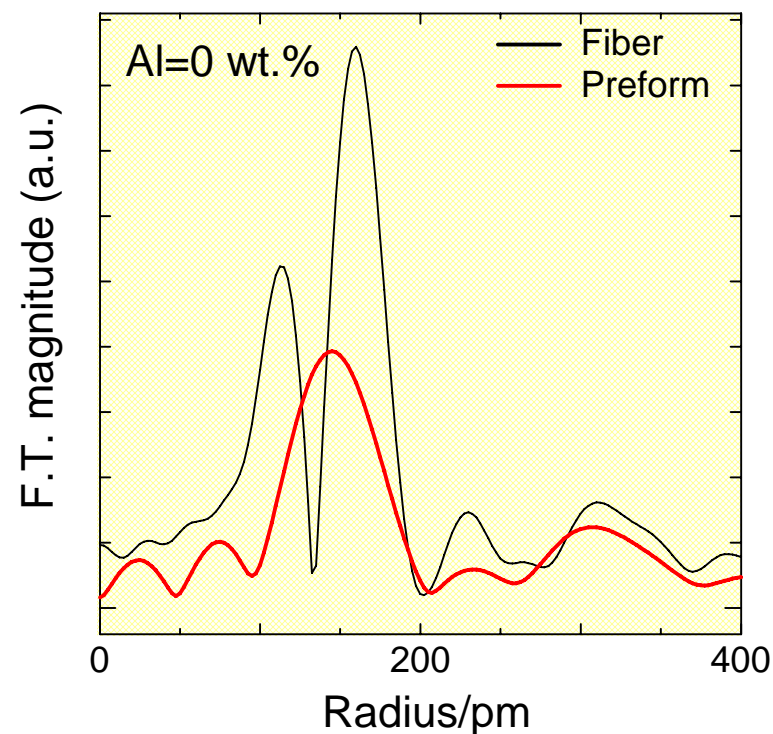
ファイバではなくプリフォーム(コア材のみ)での解析では不可なのか?



ファイバとプリフォームで明らかにErの状態が異なる

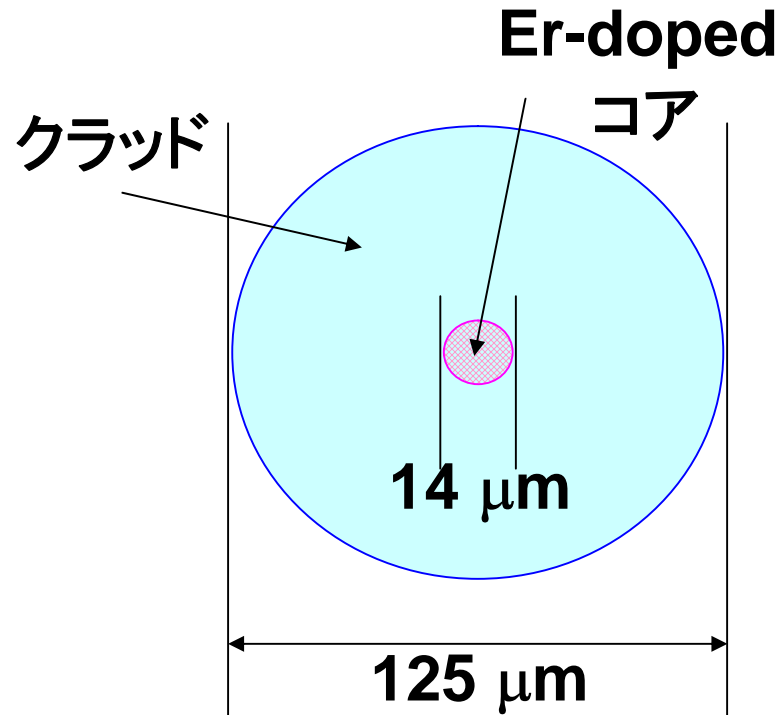


ファイバでの評価が必須



Al=0 wt.%試料の動径構造関数
プリフォームとファイバの比較

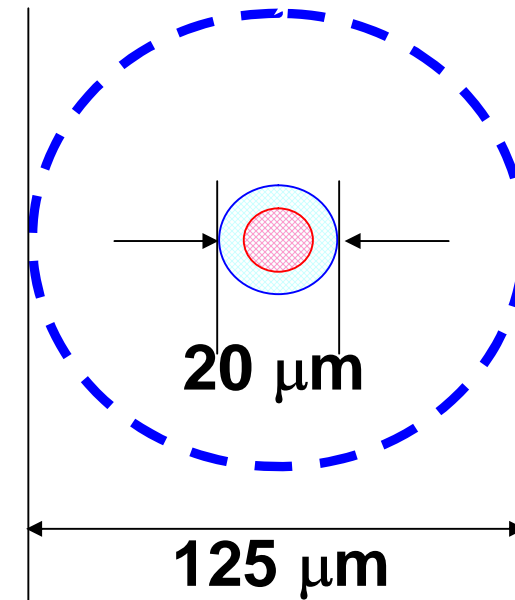
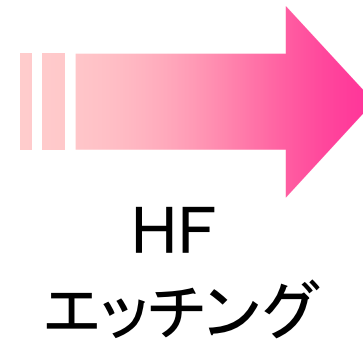
1. 試料濃縮



Er < 10 [wt.ppm]

検出不可

2. 高感度検出器の利用



500 [wt.ppm]

検出可

○XAFS測定条件

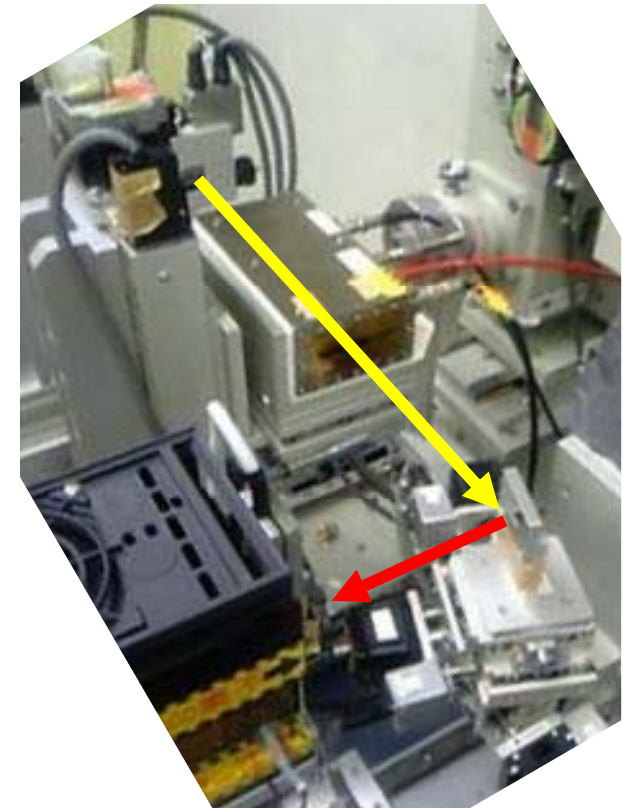
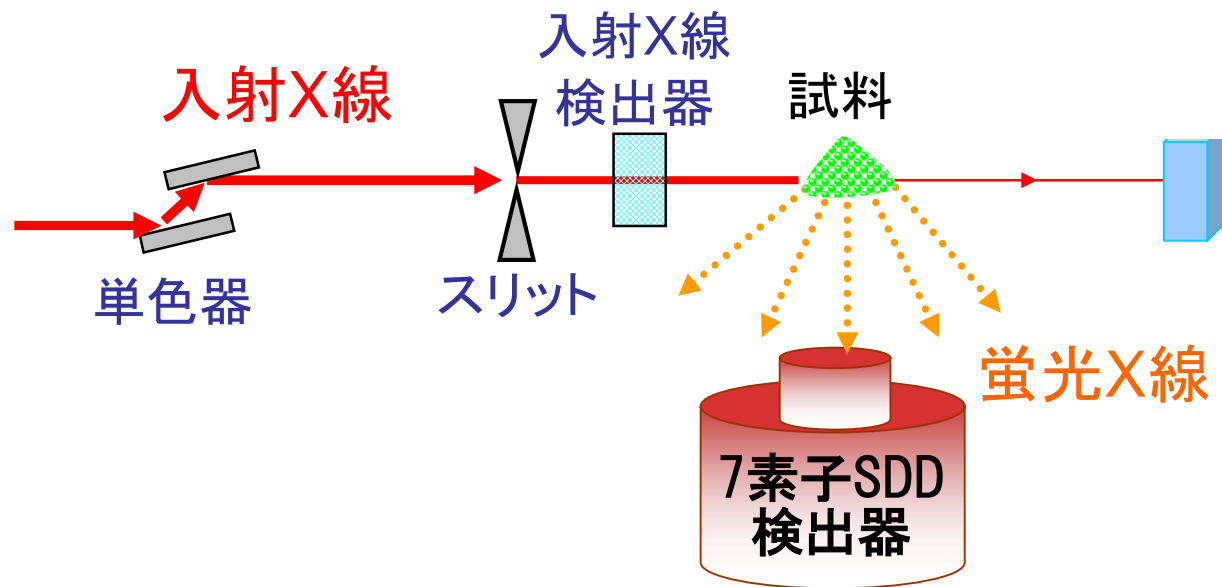
入射X線検出器: 17 cm イオンチャンバー、N₂フロー

透過X線検出器: 31 cm イオンチャンバー、N₂フロー

蛍光X線検出器: 7素子SDD検出器

素子面積; 5 mm² × 7

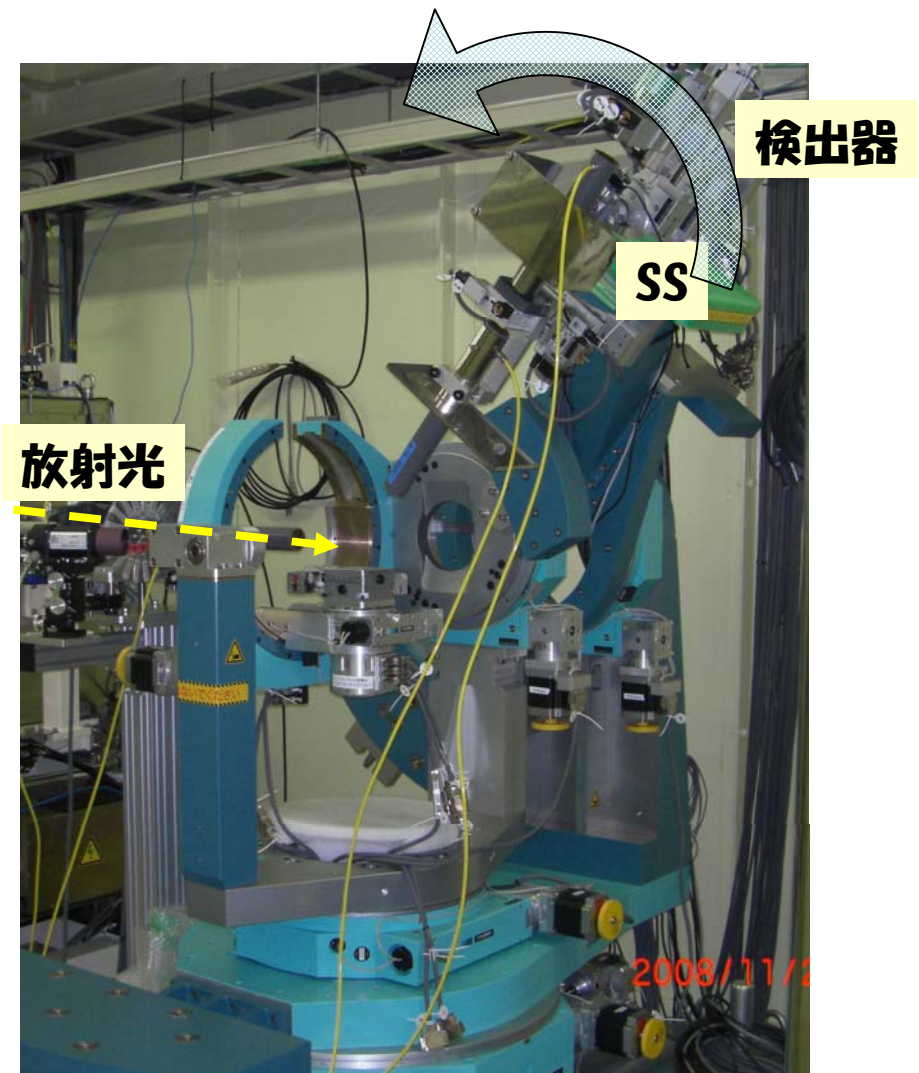
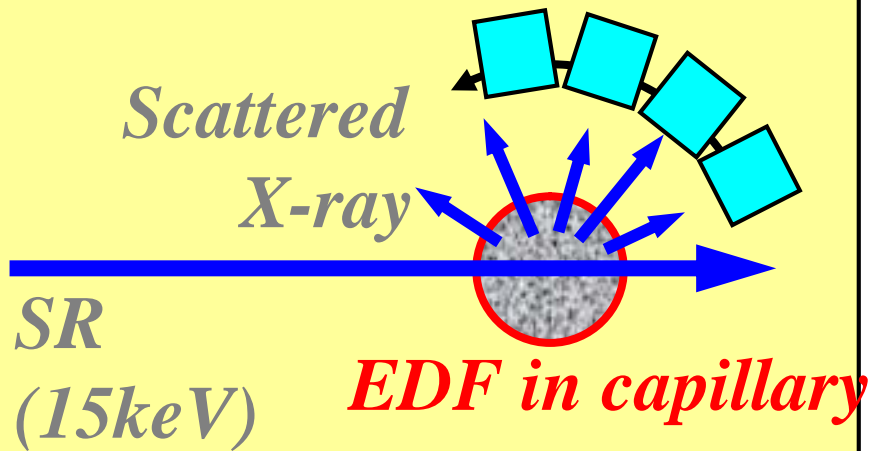
試料一検出器距離; < 10 mm

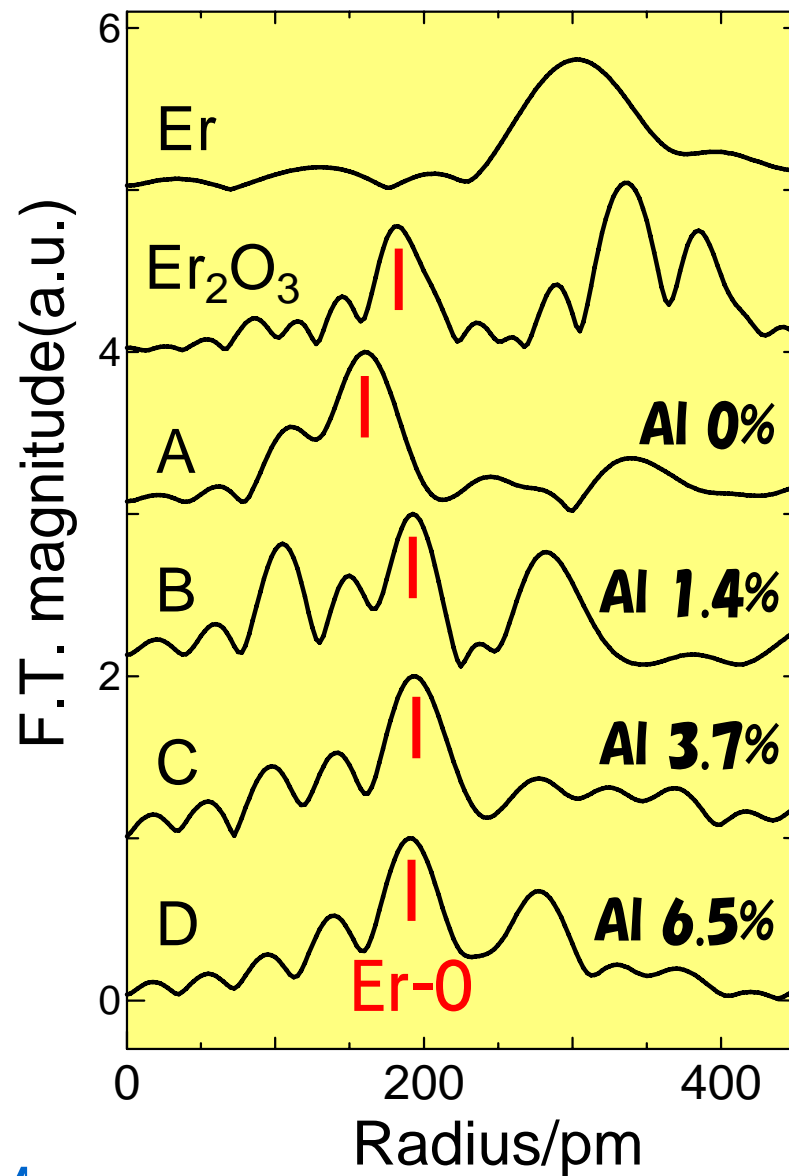


蛍光法測定時のレイアウト

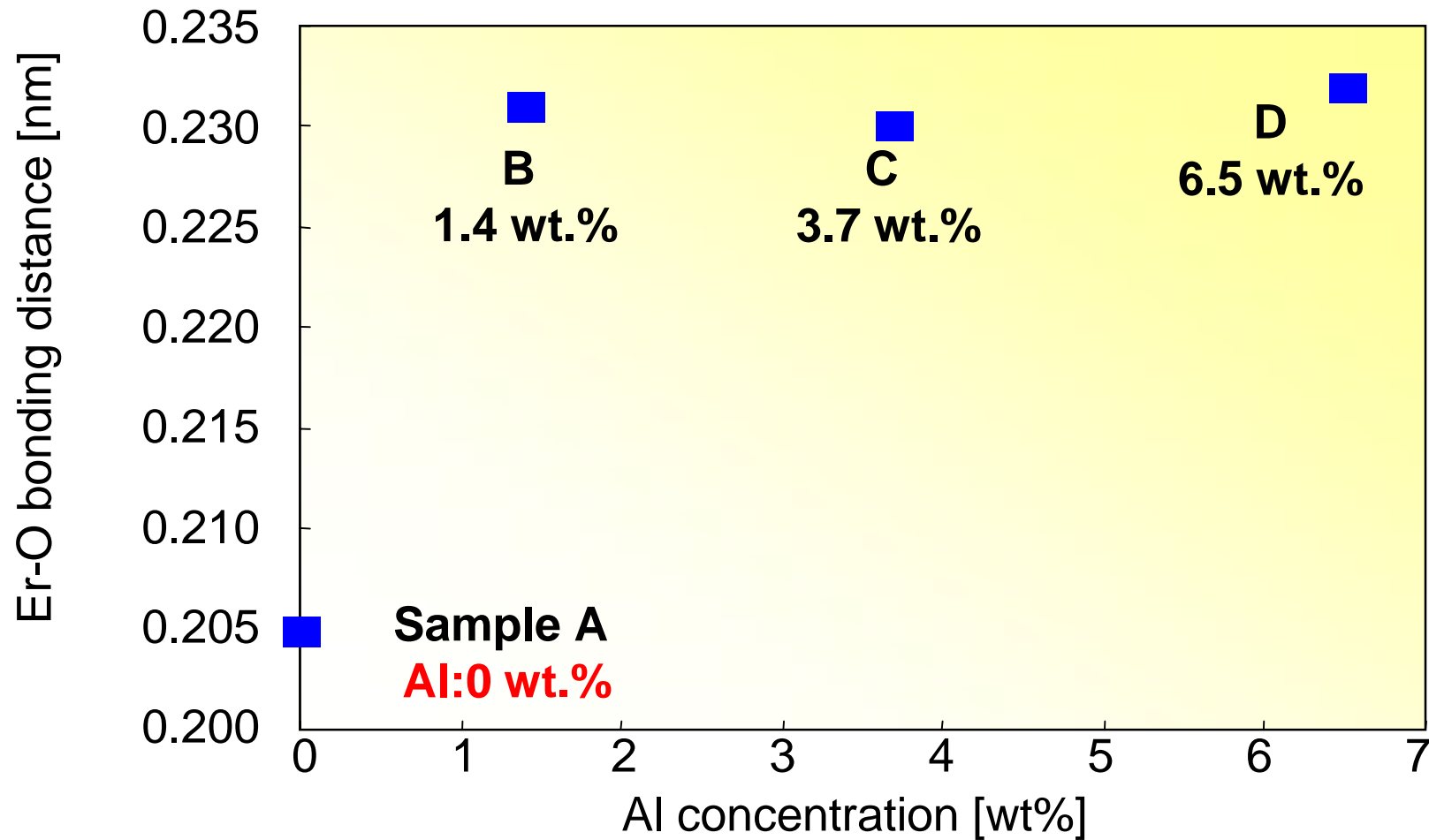
[X-ray Scattering]

*Scintillation Counter (SC)
& Soller Slit (SS)*

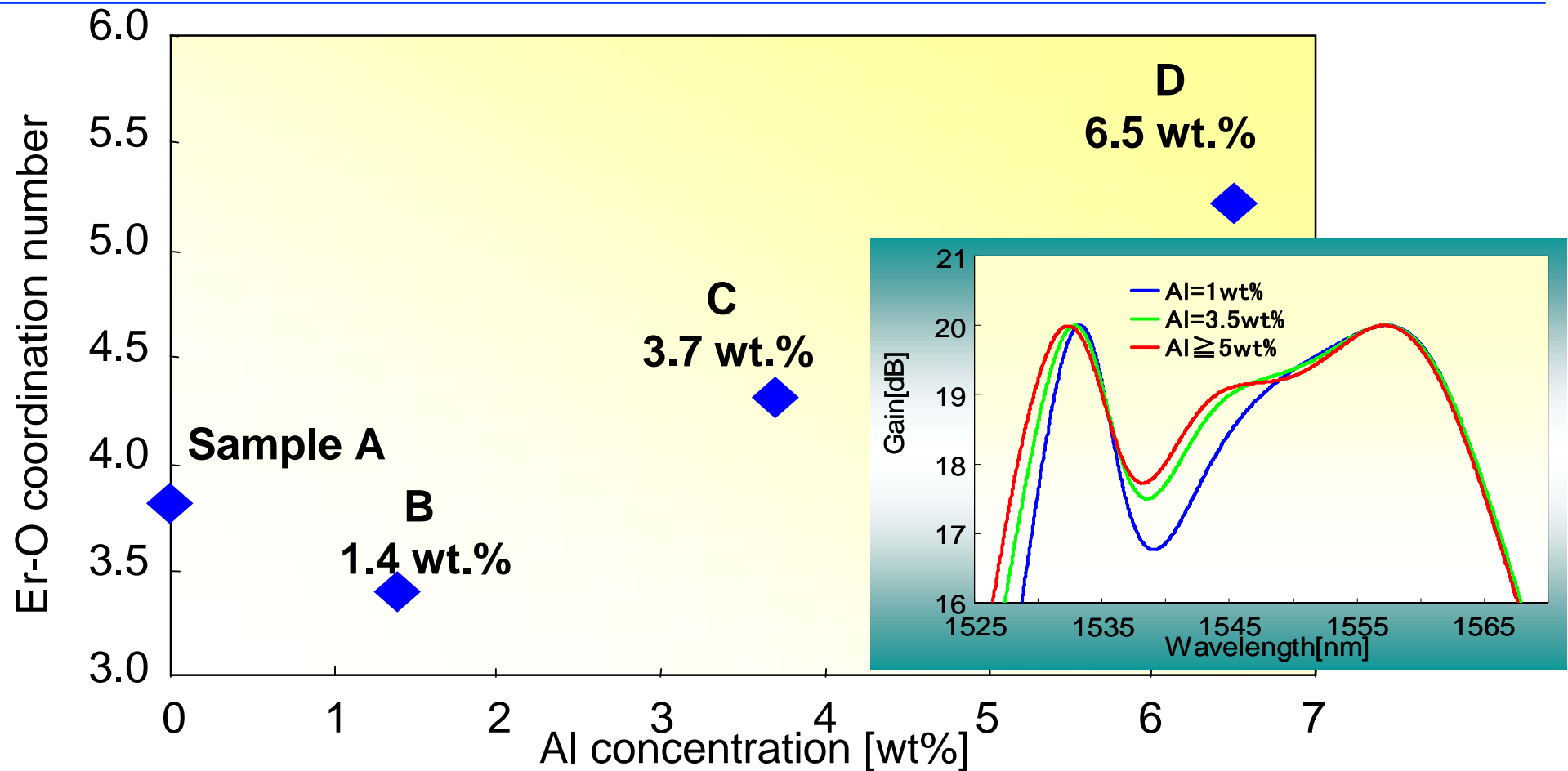




**Er-O結合距離：
試料Aが他のEDFより短距離**



- ✓ Al無添加、Al添加でEr-O距離が変化
- ✓ Er-O距離のAl濃度依存性は認められない



• Al濃度増に対応して、Er-0配位数が増大
→ EDFAsペクトルが広帯域、平坦化

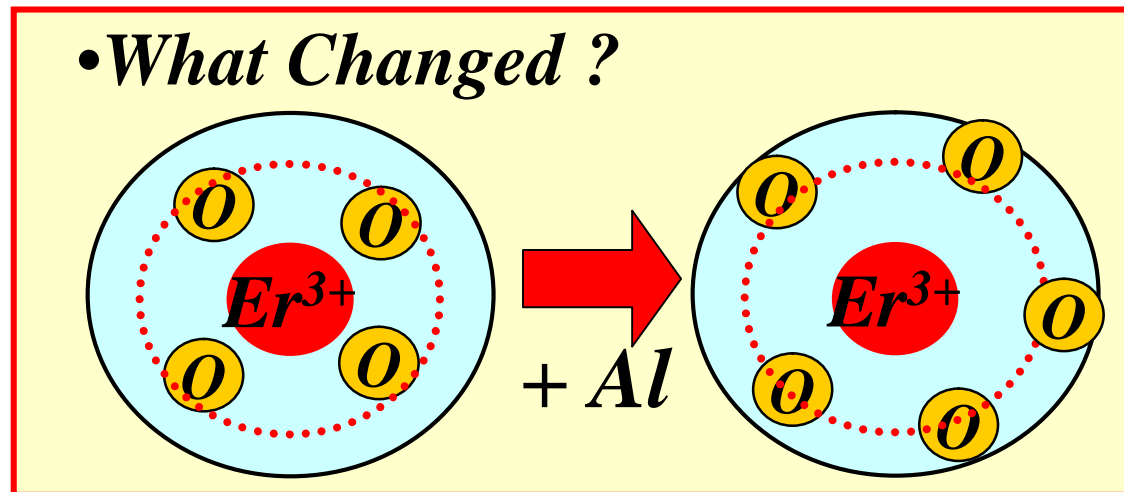
T.Haruna et al, *Optics Express*, 14(23), 11036(2006).

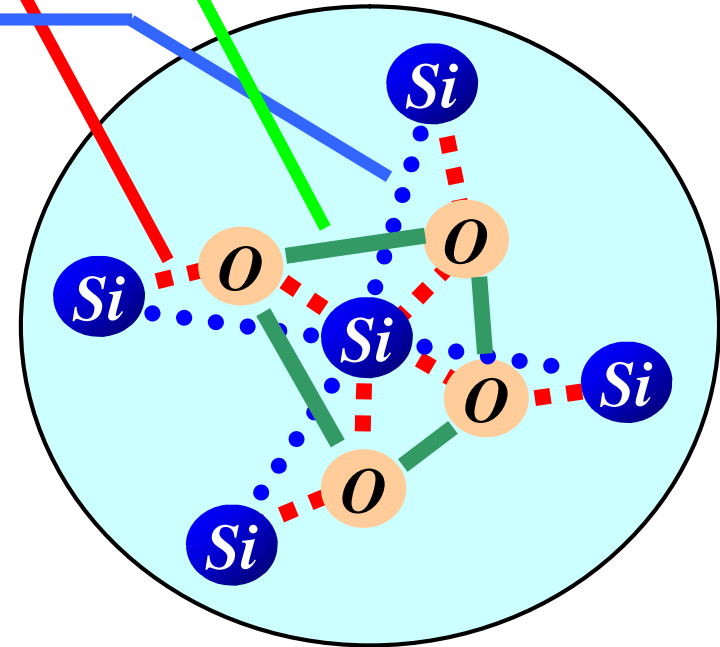
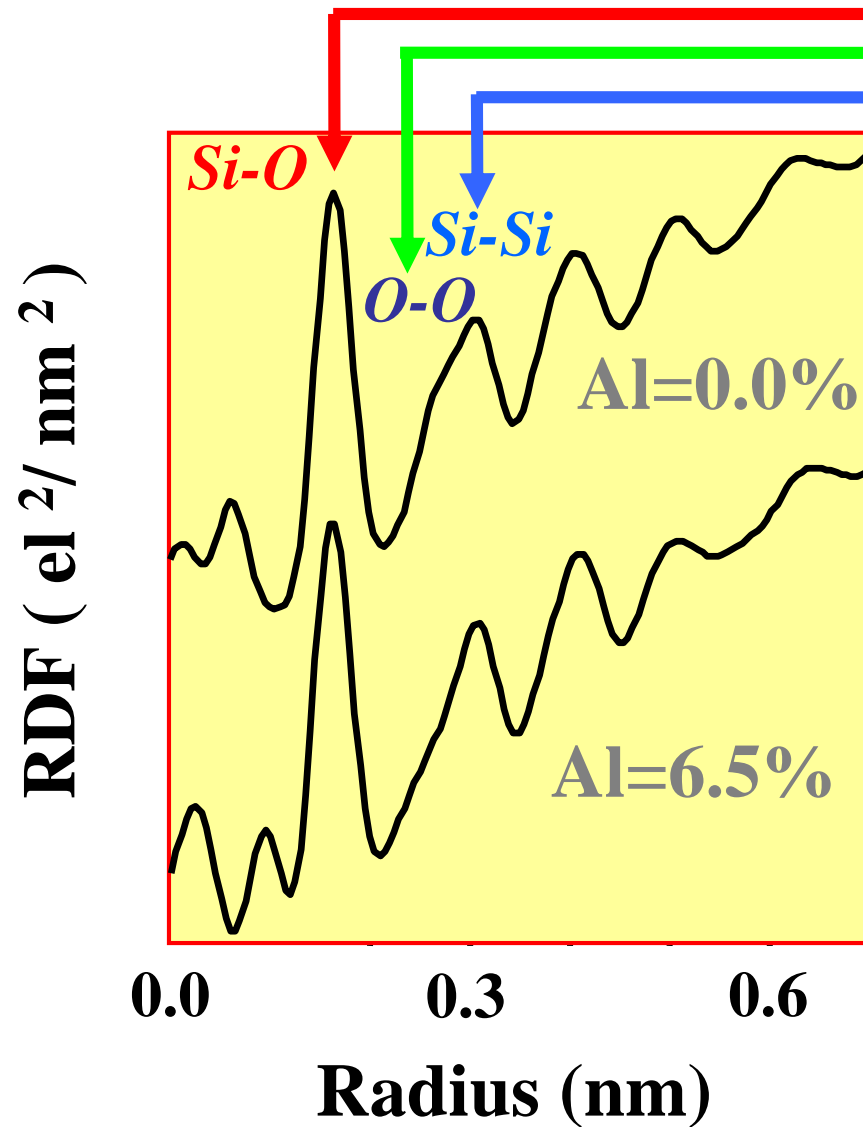
Er-O結合距離

Al無添加ではAl添加に比べて短距離

Er-O配位数

Al濃度高くなると配位数増大





**Little difference
in RDFs**

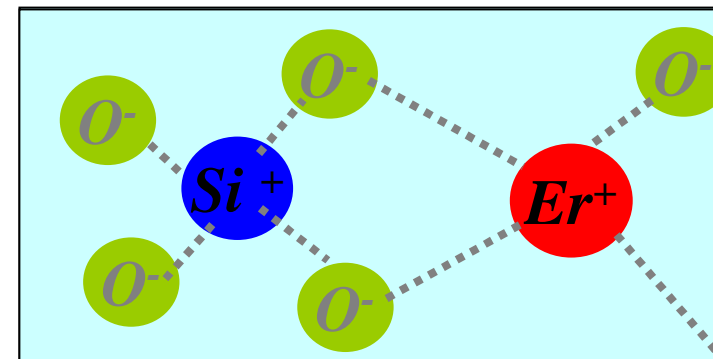
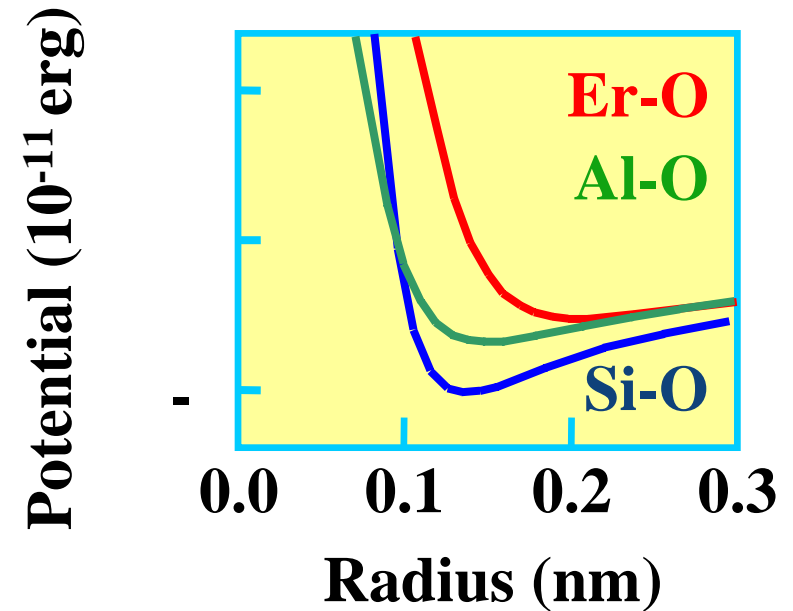
○ 2-body Potentials

(confirmed the stability when applied to crystalline structures. (ex. Al_2SiO_5 , etc)*

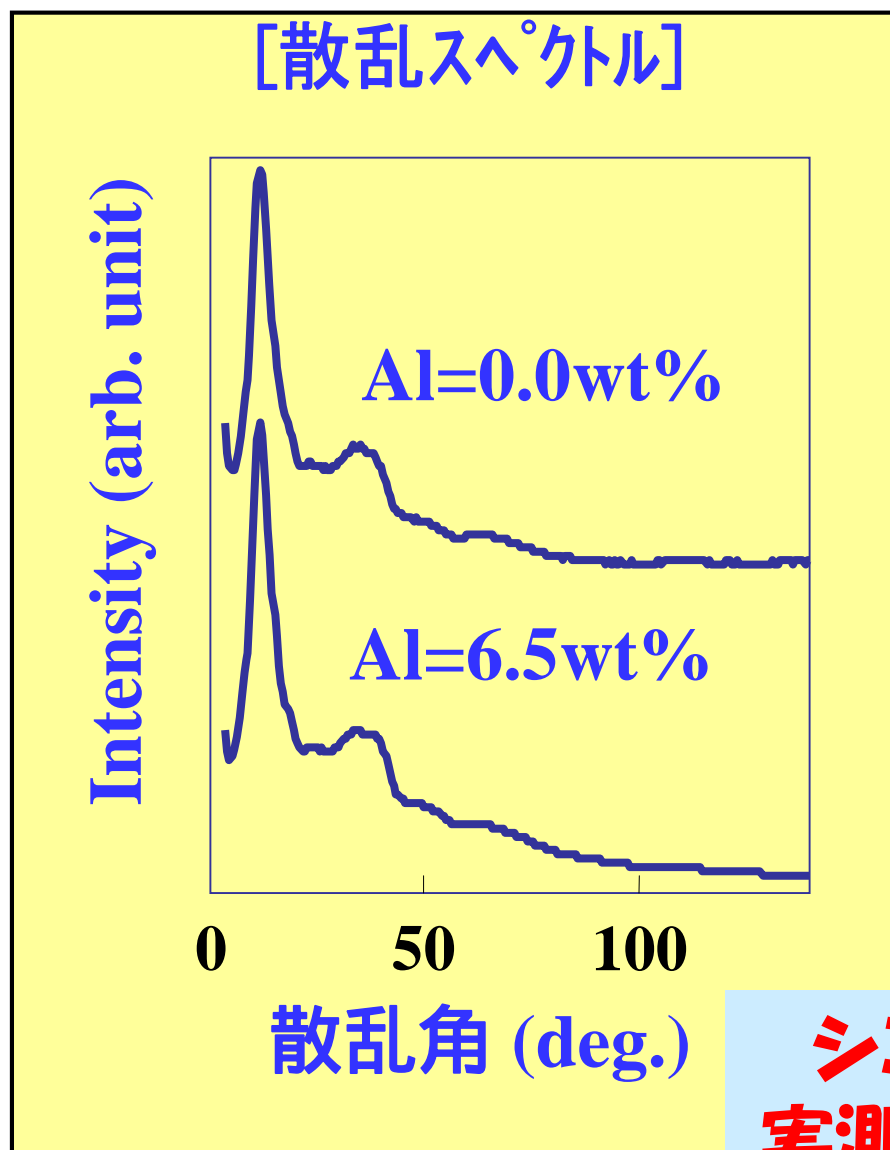
○ Structure Model

- *~3000 atoms in Cell*
- *20000 steps @4000 K*
(10^{-15} sec/step)

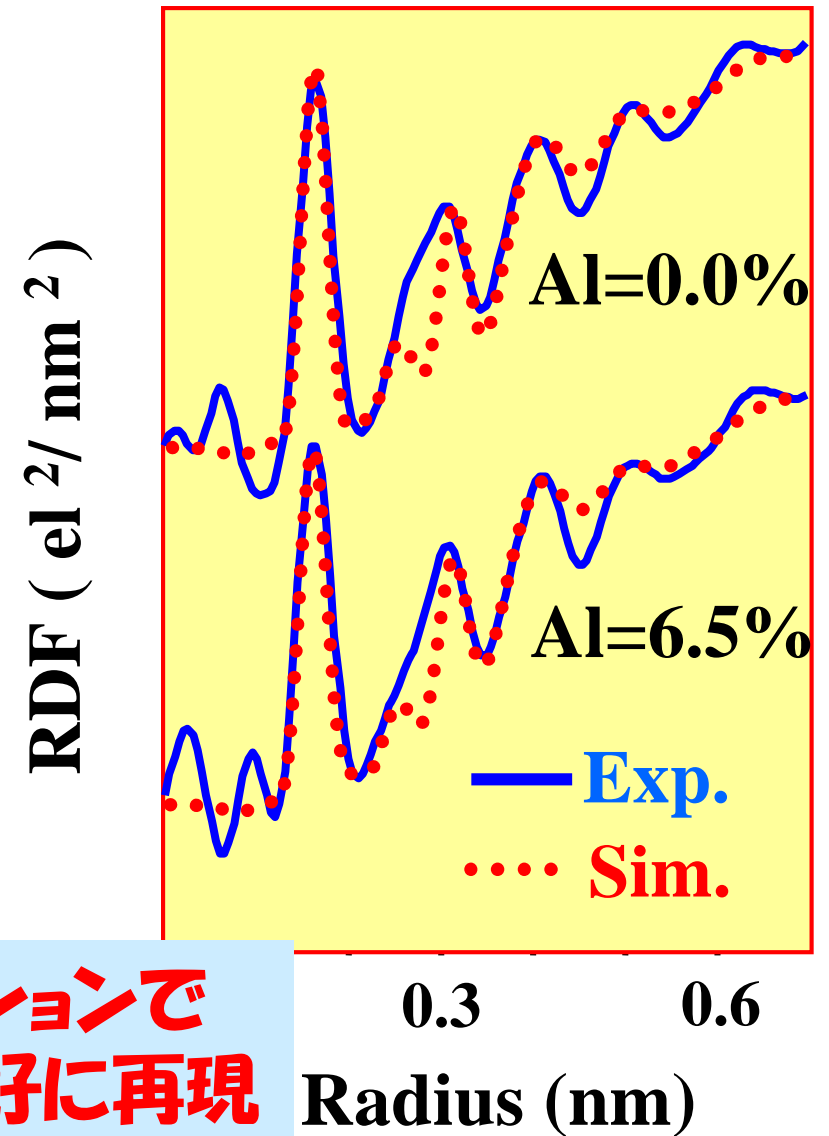
○ Calculation RDFs and Coordination



(stable configuration)

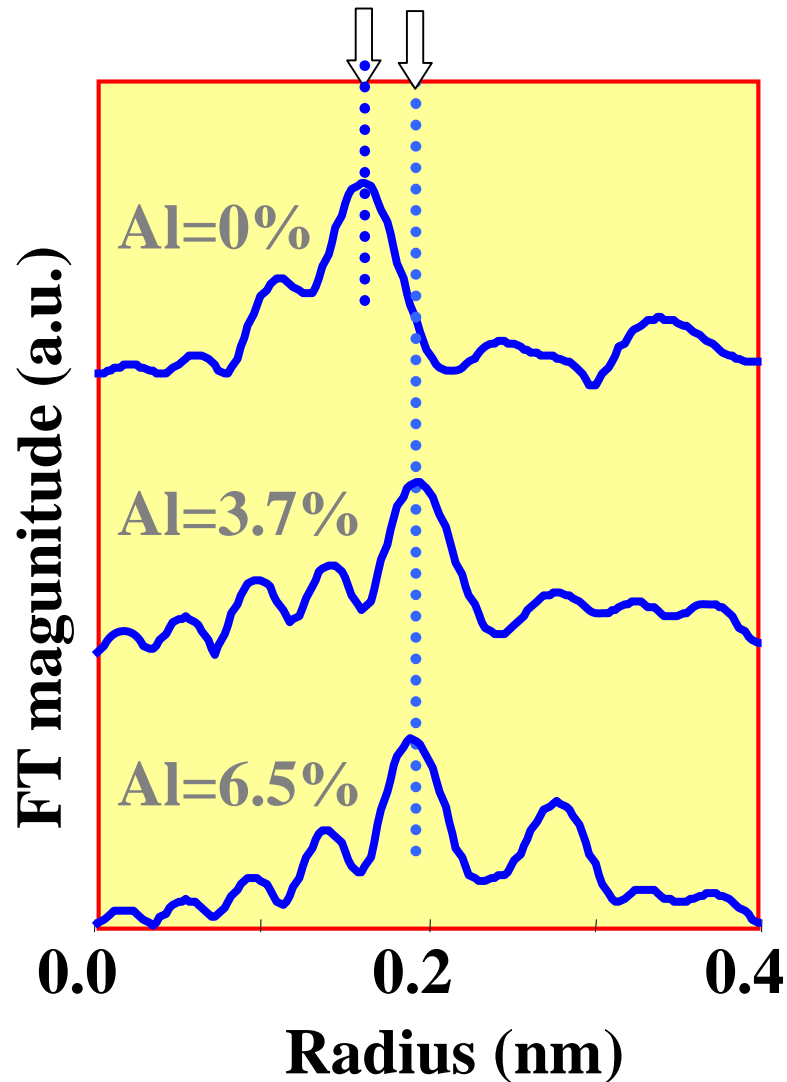


[動径分布関数]

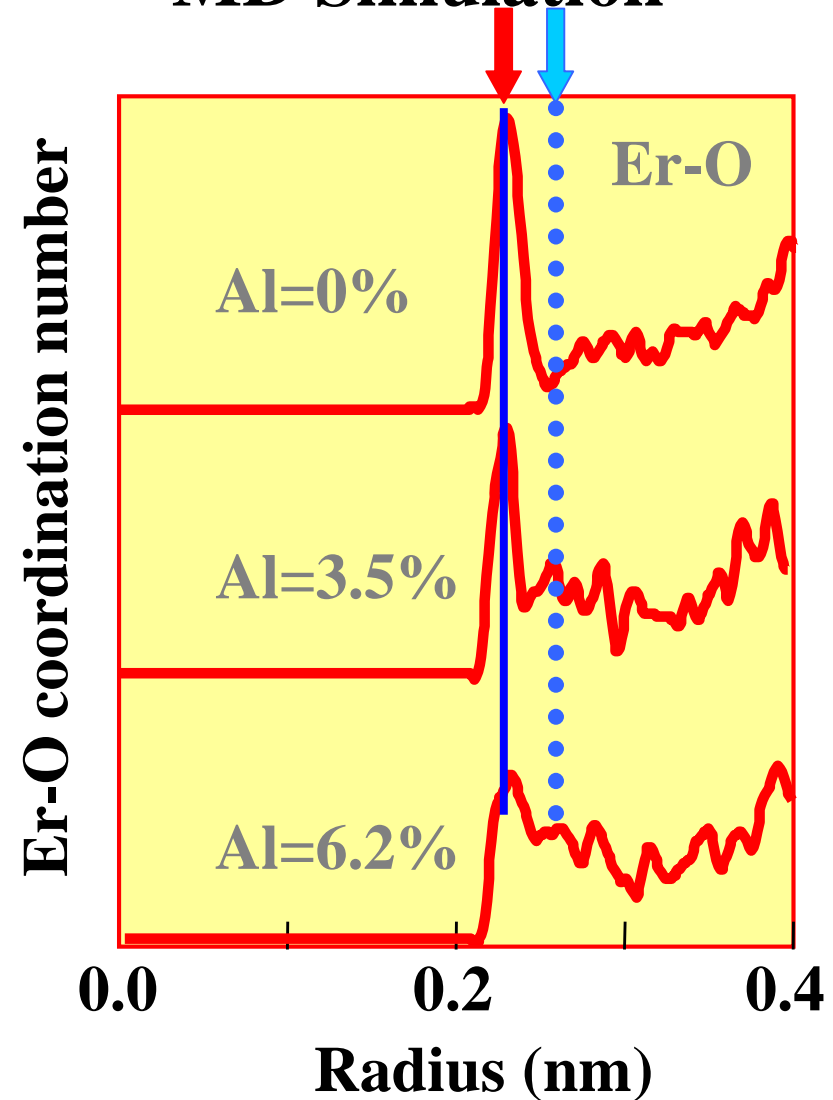


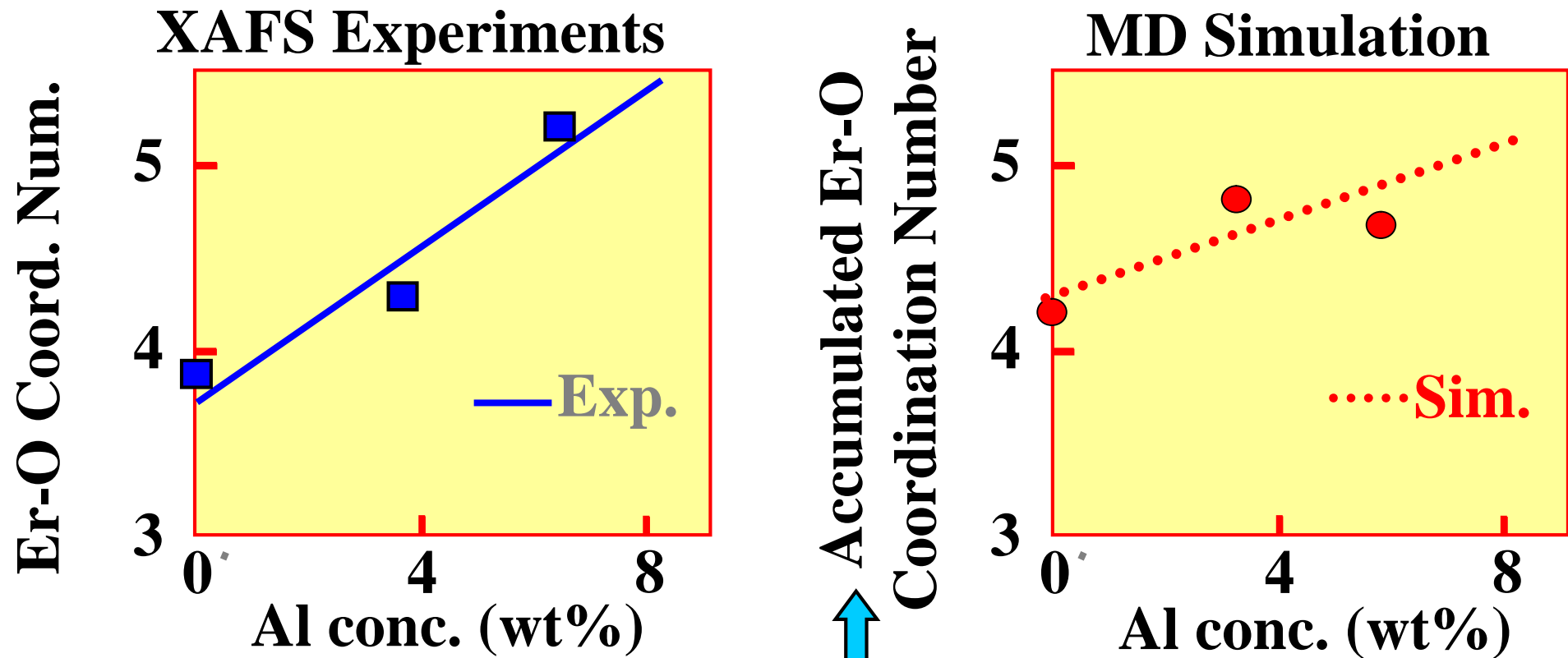
シミュレーションで
実測値を良好に再現

XAFS Experiments

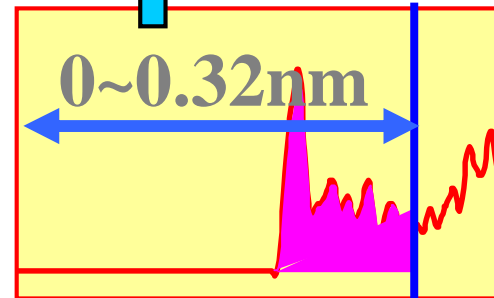


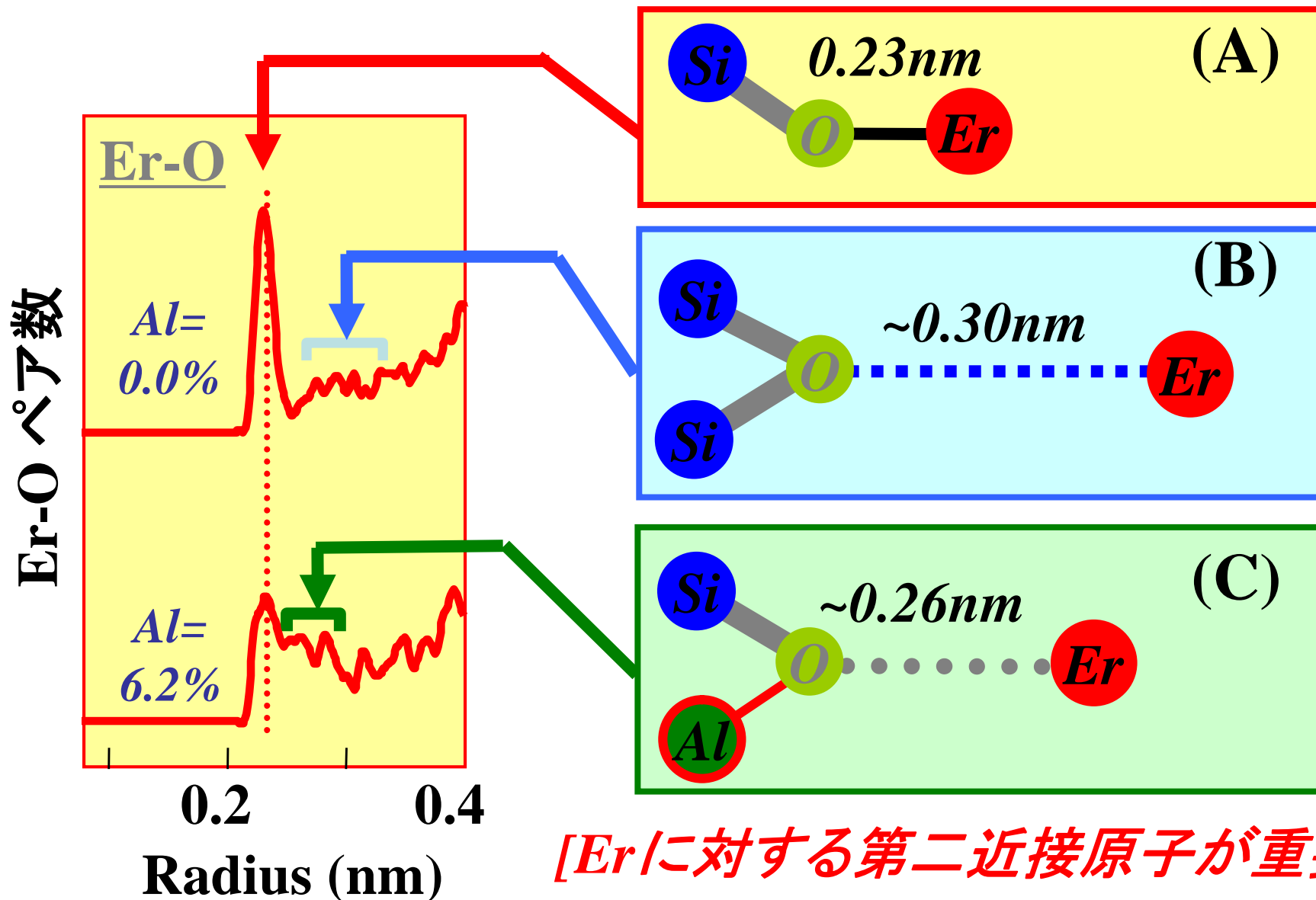
MD Simulation



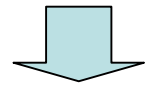


MDシミュレーションで、
Er-O配位数増を再現

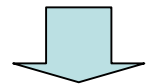




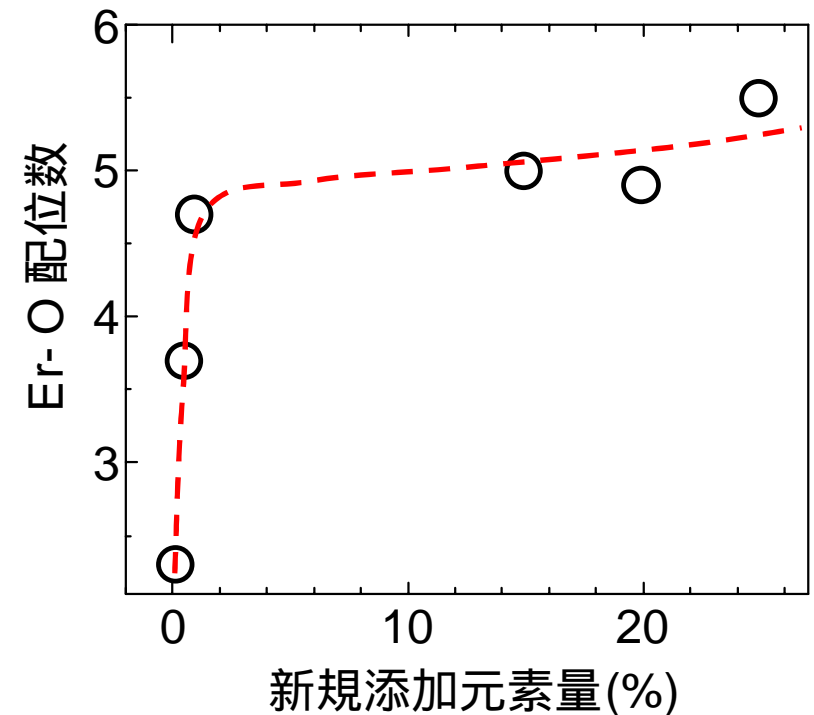
シミュレーションを活用して、アルミニウムと同等以上の効果を持つ元素を探索



ガラスを試作し広帯域化の効果確認



**Er-Oの配位数もAl添加同様に
変化していることを確認
(XAFS解析)**



XAFSおよびX線散乱法を用いてEDFの構造解析を行った。

- **Al添加濃度が高くなると、Er-O配位数が大きくなる**
- **Al添加により、Er-O結合距離が長くなる**

MDシミュレーションを用いた考察

- **Er-Oの結合距離、配位数変化は第2近接原子のAlの効果**

**シミュレーションにより、新規添加元素を予測
試作、分析により効果を確認**