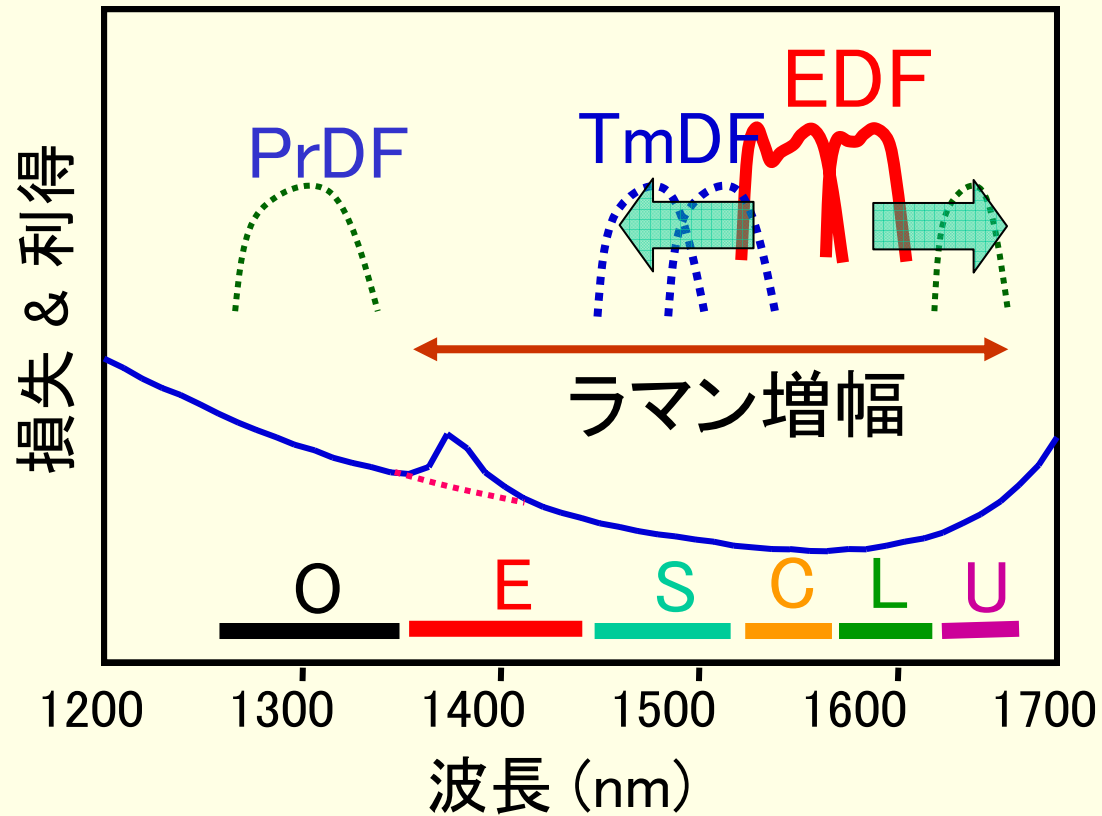
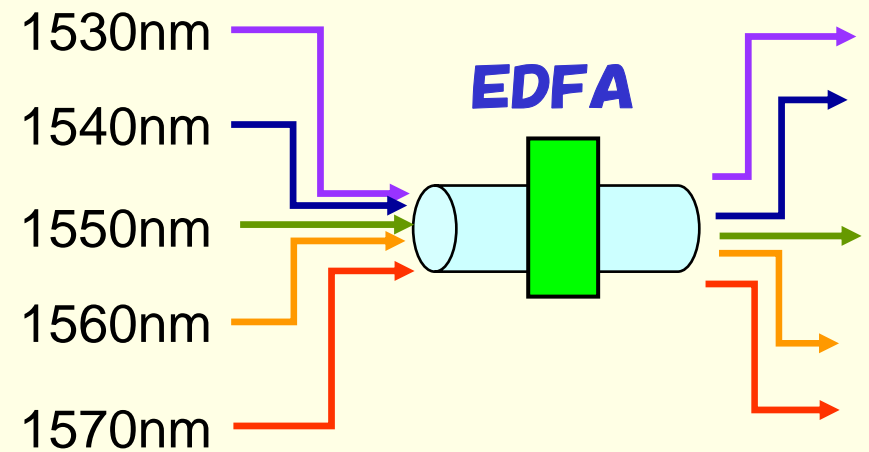


トレンド:長距離・高速・大容量化⇒構成要素の性能アップ

EDFA: Erbium Doped Fiber Amplifier

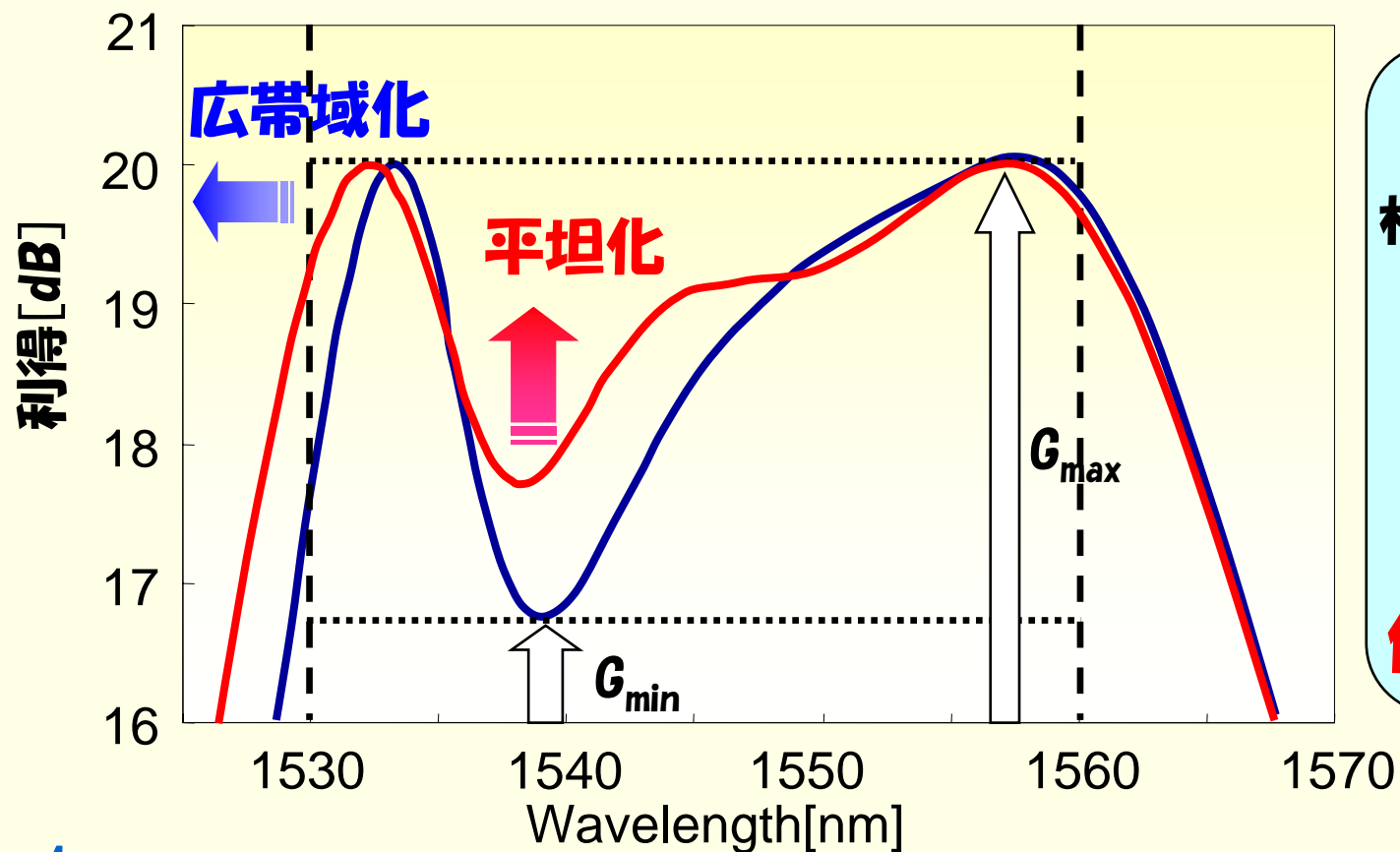


WDM: 波長分割多重



- EDFAへの要求 →
- 広帯域化
 - 利得の平坦化

- 広帯域化
- 利得の平坦化



平坦化の指標

相対利得偏差(%)

$$= (G_{max} - G_{min}) / G_{min} \times 100$$

1530nm~1560nmで

最小値: G_{min}

最大値: G_{max}

値が小さいほど良い

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)

添加元素に依存して局所構造変化

バルクガラスでの評価

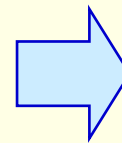
急冷

歪み
欠陥

実ファイバでの評価事例はない

XAFSをEDF実ファイバ評価に適用

目標：特性と構造の関係を把握
⇒ 開発指針を得ること



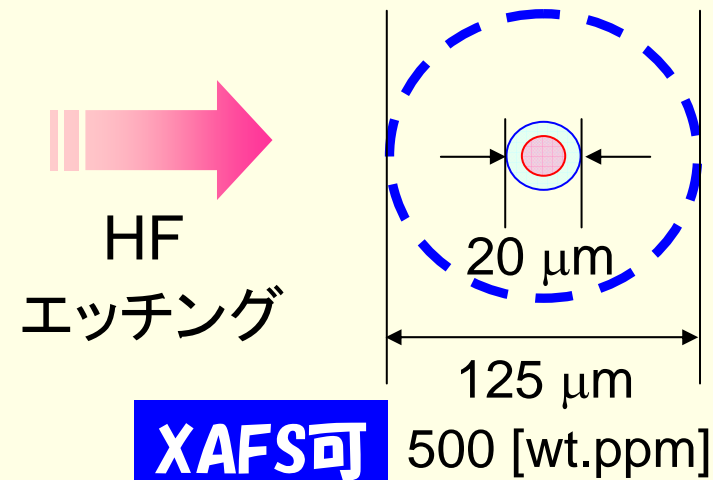
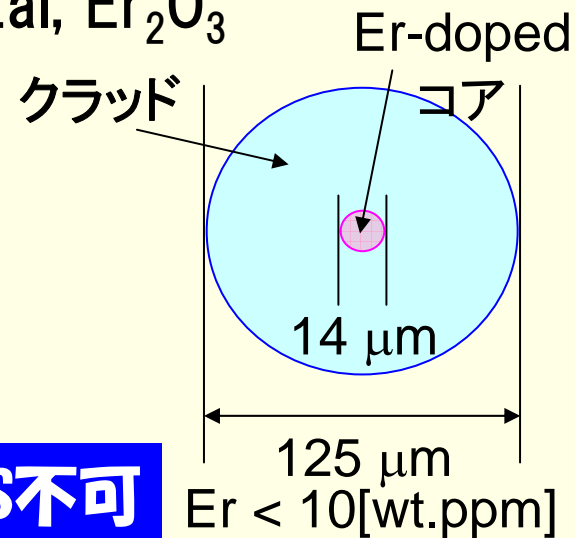
EDF高性能化
次世代ファイバに横展開

試料番号	コア組成			相対利得偏差(%)
	Er/wt.ppm	Al/wt.%	Ge/wt.%	
A	840	0	3.9	—
B	840	0.4	4.5	20.0
C	1022	3.7	3.8	14.3
D	958	6.5	4.1	12.8

**Al高濃度化で
相対利得偏差小**

標準試料: Er-metal, Er_2O_3

**試料濃縮による
高感度化**



○測定方法

EDF試料: 蛍光法、 Er_2O_3 , Er-metal : 透過法

○測定場所: BL16B2 (産業界専用BL、サンビーム)
BL01B1

○入射X線条件

単色器: Si 111 2結晶分光器
Rhコートミラー使用

○X線測定条件

入射X線検出器: 17 cm イオンチャンバー、 N_2 フロー
透過X線検出器: 31 cm イオンチャンバー、 N_2 フロー
蛍光X線検出器:

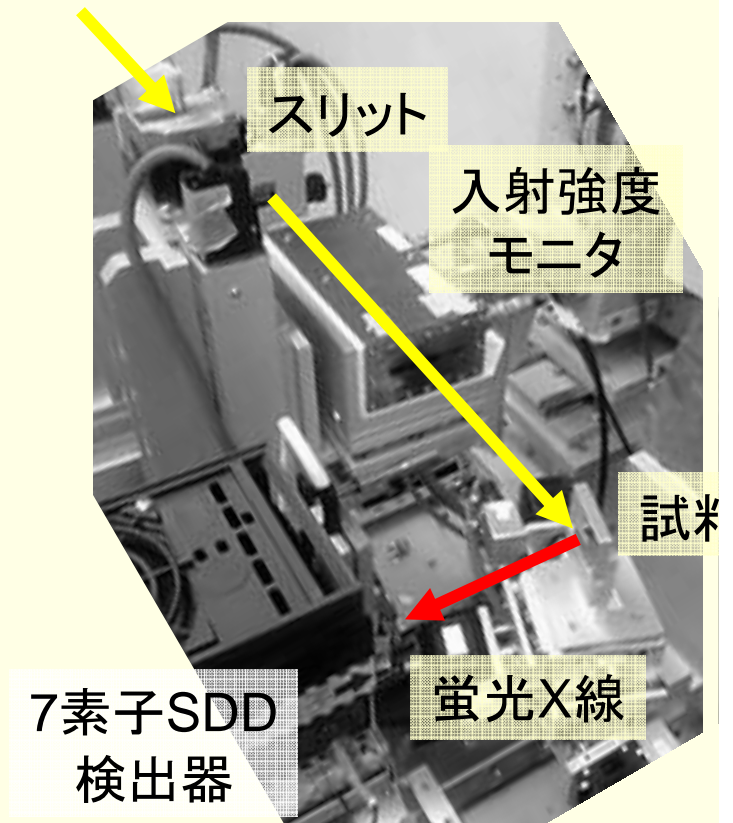
7素子SDD検出器(BL16B2)

素子面積; $5 \text{ mm}^2 \times 7$; 試料一検出器距離; $< 10 \text{ mm}$

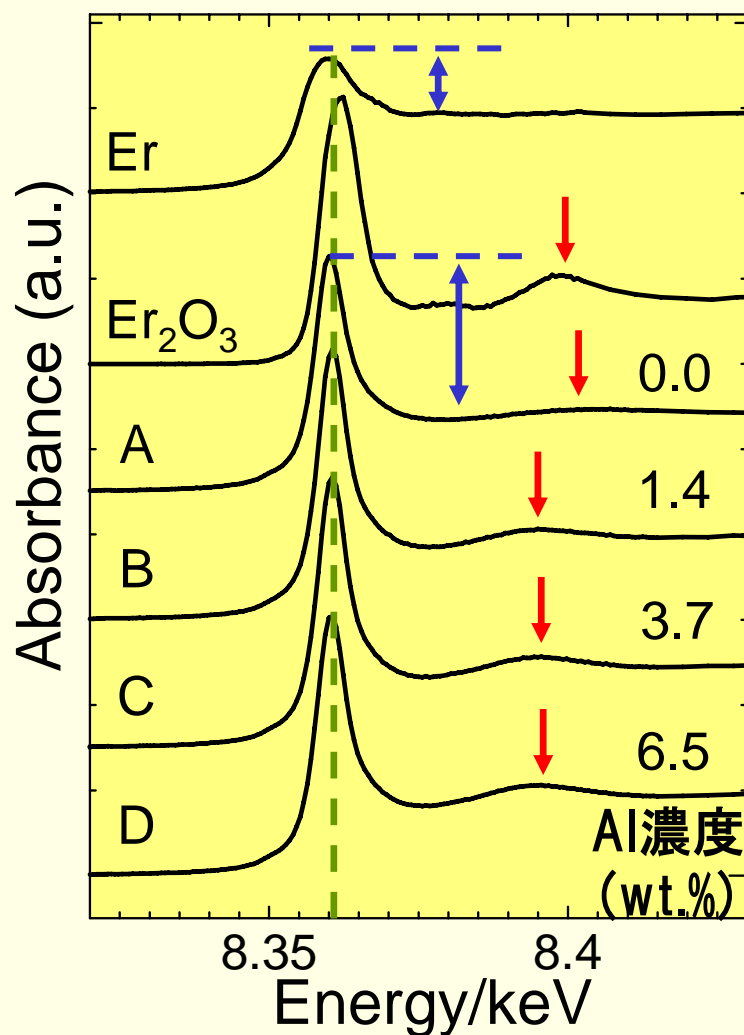
19素子SSD検出器(BL01B1)

高感度化検出器の利用

放射光



蛍光法測定時のレイアウト



1. ホワイトピークの高さ

Er \ll EDF $<$ Er₂O₃

2. ホワイトピーク的位置

Er $<$ EDF $<$ Er₂O₃

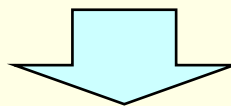
3. 他のピーク

- 8.4 keV付近のピーク

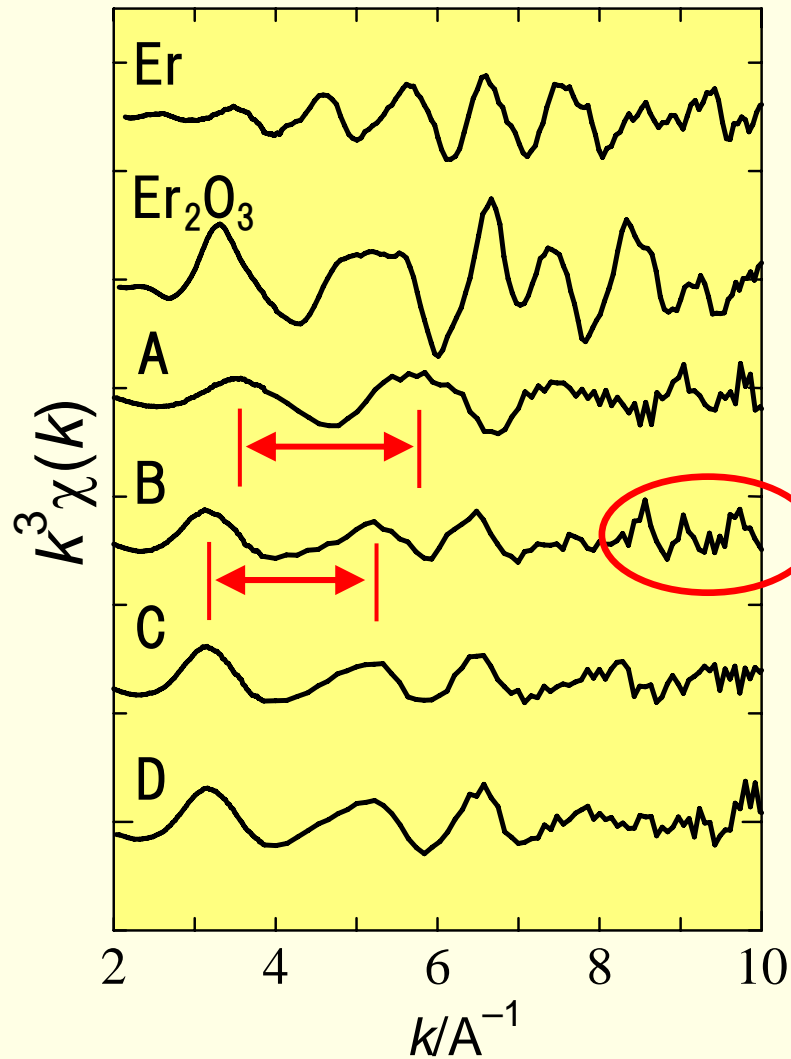
Er: なし

EDF: Al濃度に応じて強度変化

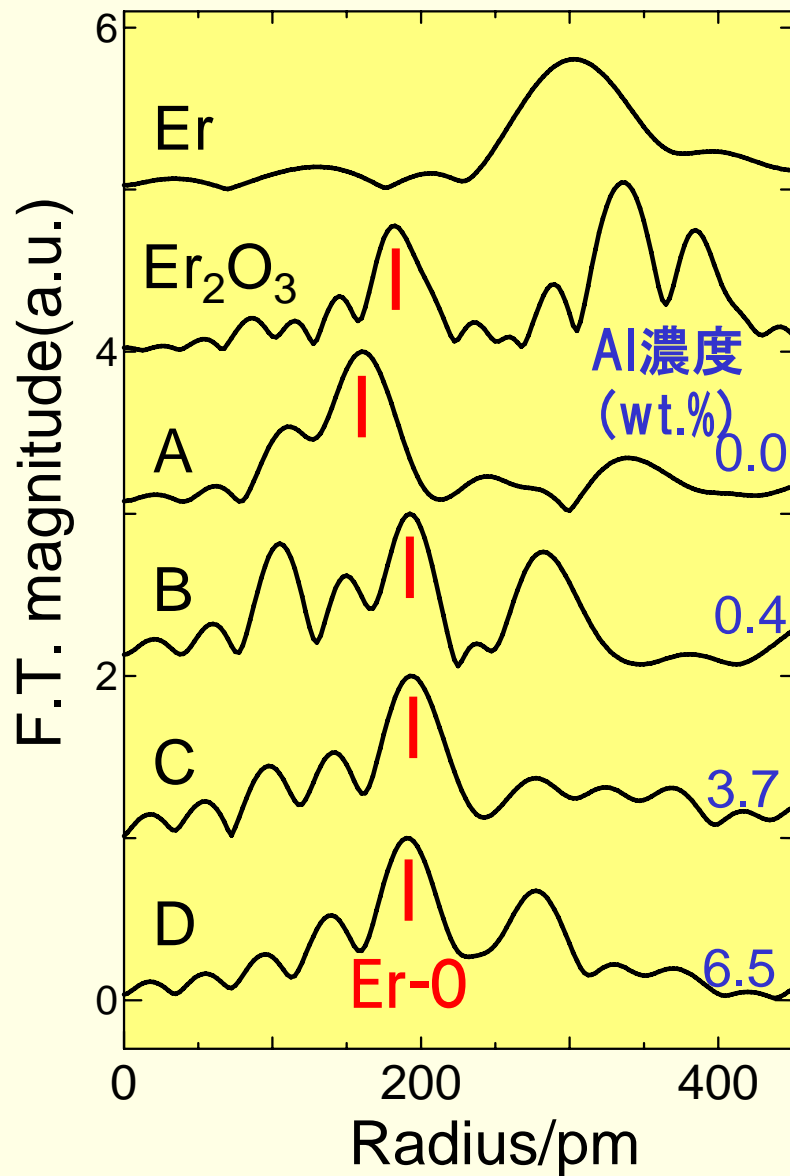
- Er₂O₃では8.38 keVのピーク



**Er-O結合が主だが、
Er₂O₃とは異なる局所構造**

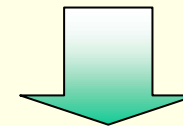


- EDFと Er_2O_3 、Erには明らかな違い
- 試料AとB,C,Dの間に振動周期の違い
- EDF試料間で $k=9$ 近傍に違い

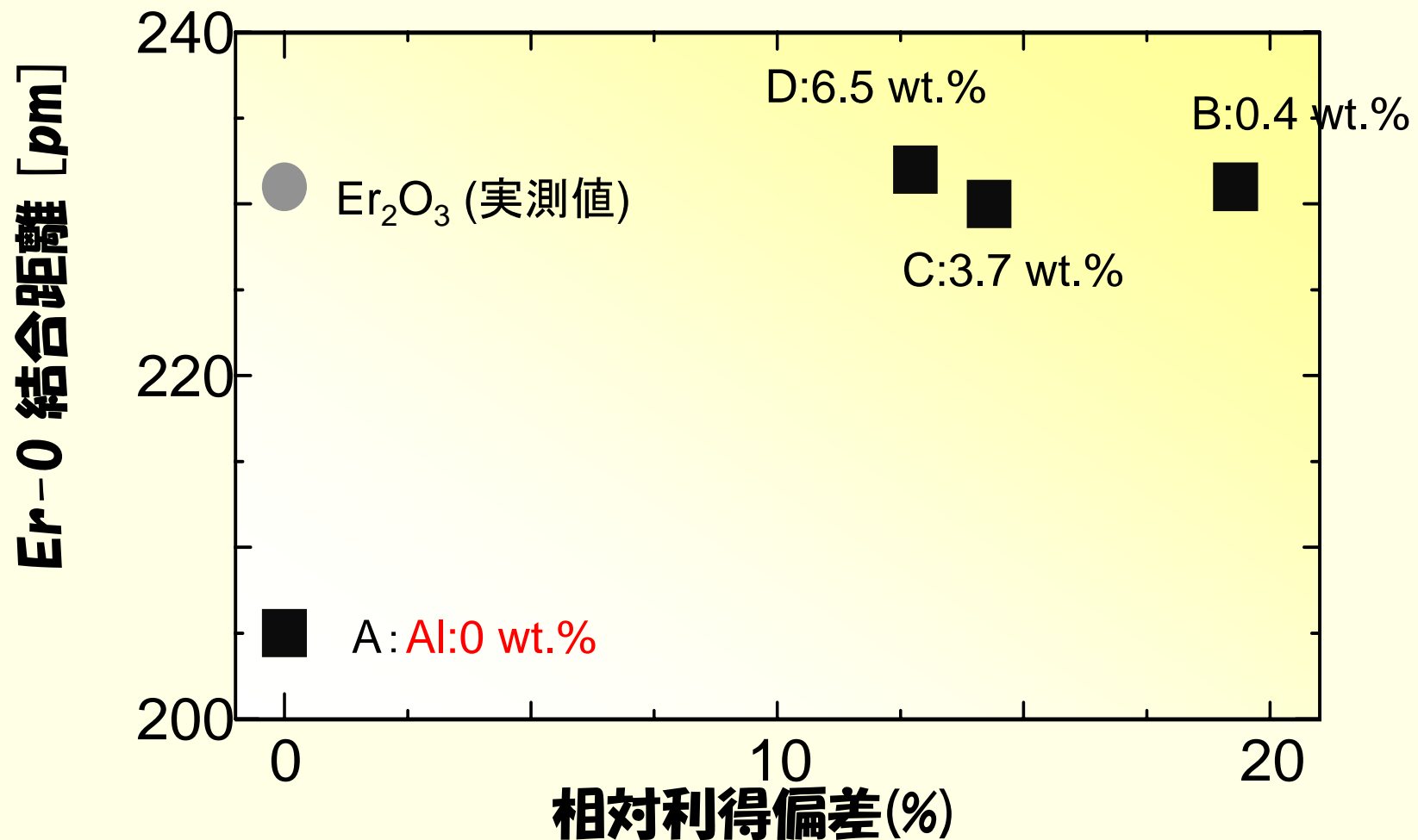


EDFの最近接原子のあたりは複雑な形状を示す。

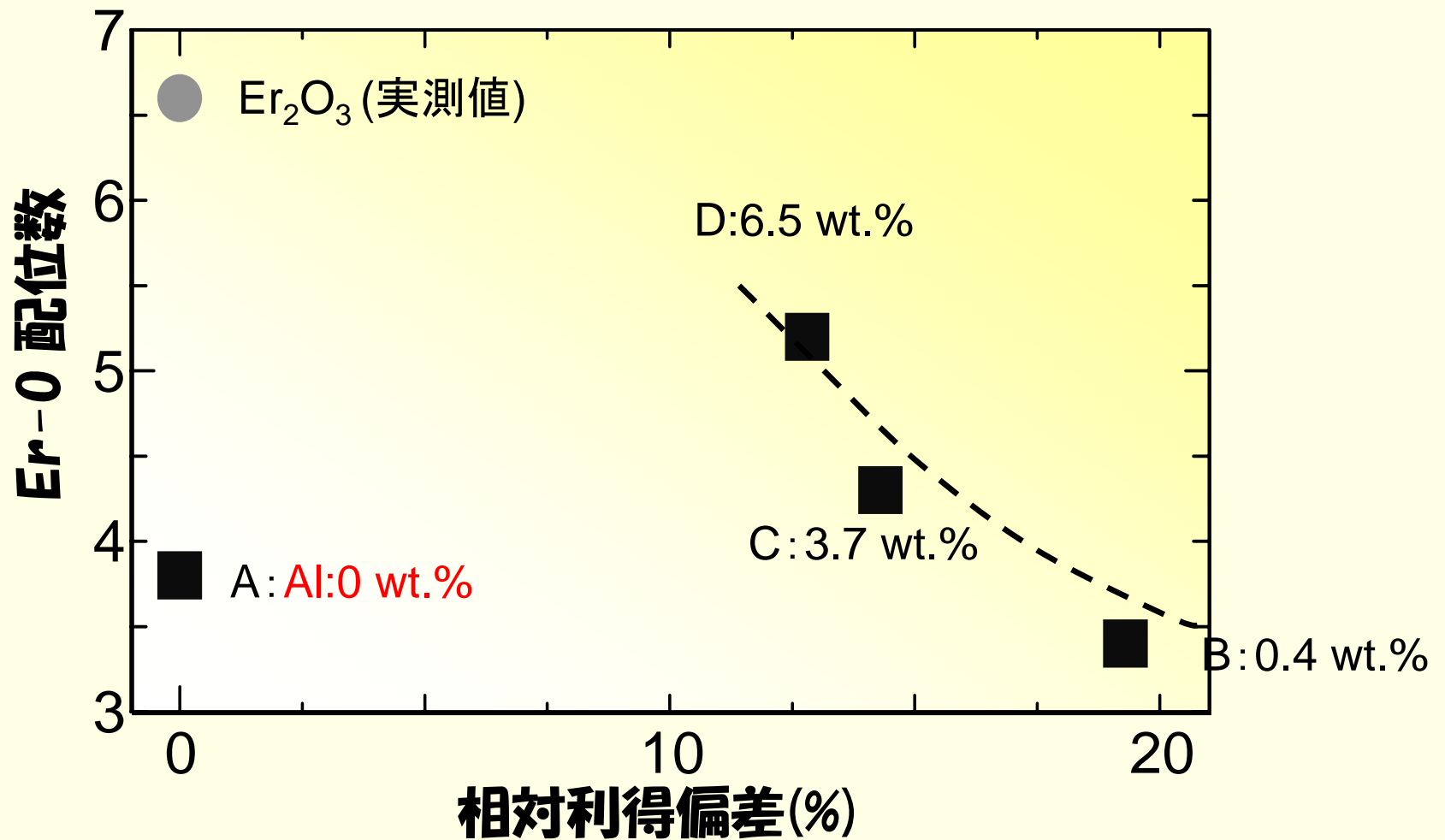
Er-O結合距離:
試料Aが他のEDFより短距離



シミュレーションによる定量解析
(FEFF8)



- ✓ 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



・Er-0配位数が大きいほど相対利得偏差が小さい

まとめ

EDF実ファイバ中のErへXAFSの適用に成功した

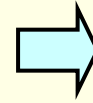
相対利得偏差の減少(Al濃度増大)に対応して

- XANESの8.4 keVピーク強度増
- Al=0wt.%ではEr-O結合距離が短距離化
- Er-O配位数の増加が認められた



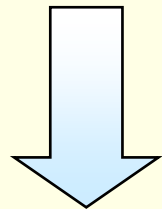
Er-O配位数の増加により相対利得偏差減少

EDFのEr-O配位数は、
Er₂O₃のEr-O 6配位に比べ小さな値



どのような構造？

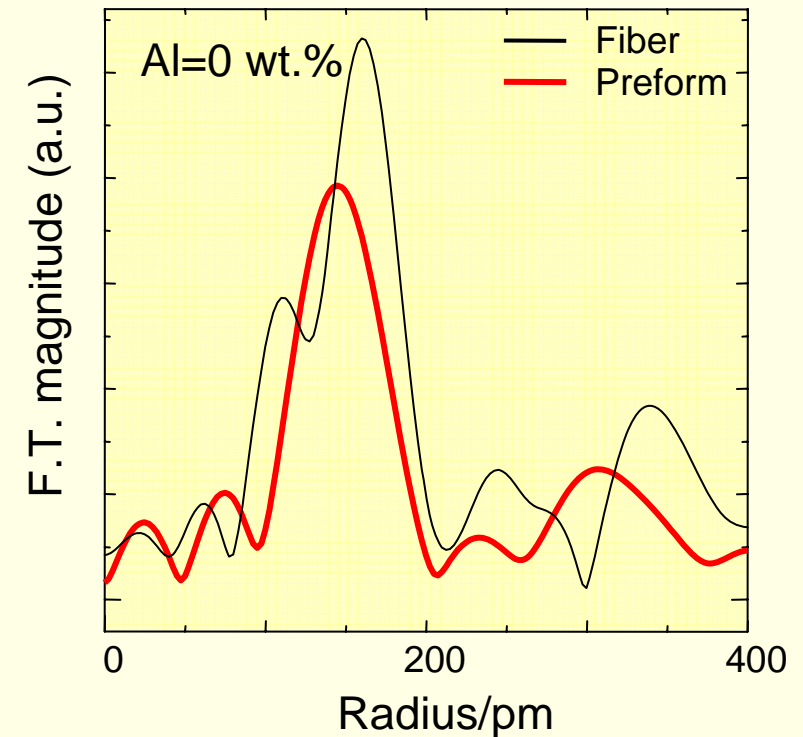
- ① Al=0 wt.%はEr-O結合距離小
- ② 酸素以外との直接相互作用あり？



Er, Si, Al, Ge ?

現時点では断言できない

**ファイバ化による急冷の影響が
構造に現れている可能性がある**



Al=0 wt.%試料の動径分布関数
プリフォームとファイバの比較

口頭発表

第2回産業利用報告会, 2005/9/5, SPring-8

OFC, 2006/3/11, Anaheim, California, USA

電子情報通信学会, 2006/3/25, 国土館大

応用物理学会2006年春期講演大会, 2006/3/25, 武蔵工大

電子情報通信学会 光ファイバ研究会, 2006/5/11, 九州大

論文: T.Haruna et al, Optics Express, in press.

特許: 1件出願済み

謝辞

本研究を遂行するにあたり、多くの方の支援をいただきました。
JASRI 大淵様、本間様にこの場を借りて御礼申し上げます。

関連課題

- ・BL01B2 (先端大型研究施設戦略活用プログラム:2005B0799)
- ・BL16B2 (C03B16B2-4003-N、C04B16B2-4030-N、C05A16B2-4030-N)

共同研究者

住友電工 春名、斎藤、山口、大西、石川、宮武、長谷