

PF研究会「軟X線分光・散乱測定を用いた物性研究の現状と展望」

2011年9月13日

高磁場下の混合原子価 希土類化合物のXASと XMCDの理論

KEK-PF, RIKEN/Spring-8 小谷章雄

● Experiments

Hard X-ray XMCD experiments (L edge) of YbInCu_4 , YbAgCu_4 and $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{0.18}\text{Ge}_{0.82})_2$ in pulsed high magnetic fields

by **Y. H. Matsuda et al.**

New soft X-ray XMCD experiments (M edge) of $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{0.18}\text{Ge}_{0.82})_2$ in pulsed high magnetic fields

by **T. Nakamura et al.**

● Theory

A. Kotani : J. Phys. Soc. Jpn. 77, 013706 (2008)

A. Kotani: Phys. Rev. B. 78, 195115 (2008).

A. Kotani : Eur. Phys. J. Special Topics 169, 191 (2009).

A. Kotani et al.: J. Phys.: Conf. Series 190, 012013 (2009).

A. Kotani: Eur. Phys. J. B 72, 375 (2009).

A. Kotani: J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. 181, 168 (2010).

A. Kotani: Eur. Phys. J. B 81, 49 (2011)

A. Kotani: unpublished (2011).

Field-induced valence transition in $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{0.18}\text{Ge}_{0.82})_2$

Eu^{2+} : $J = 7/2$

Eu^{3+} : $J = 0$

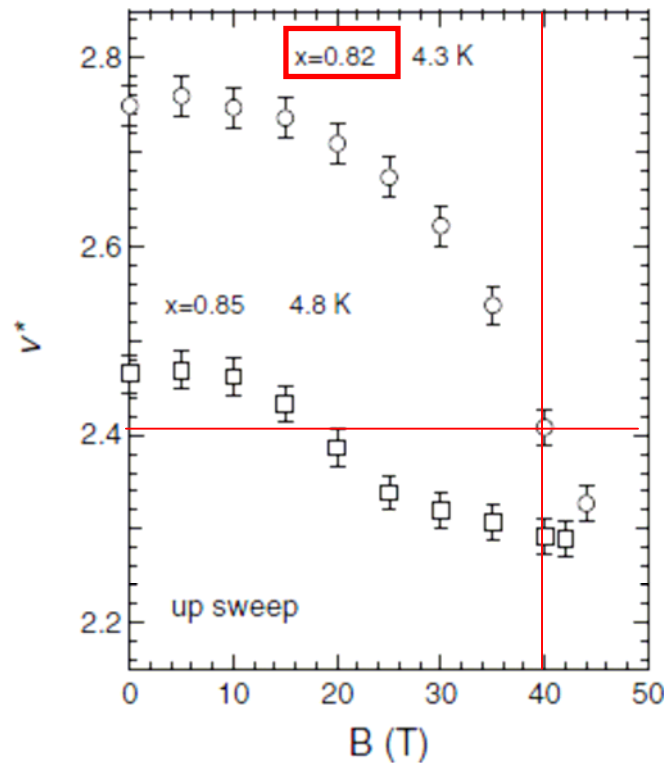
Magnetization:

Wada et al.: J. Phys.:
Condens. Matters 9
(1997) 7913.

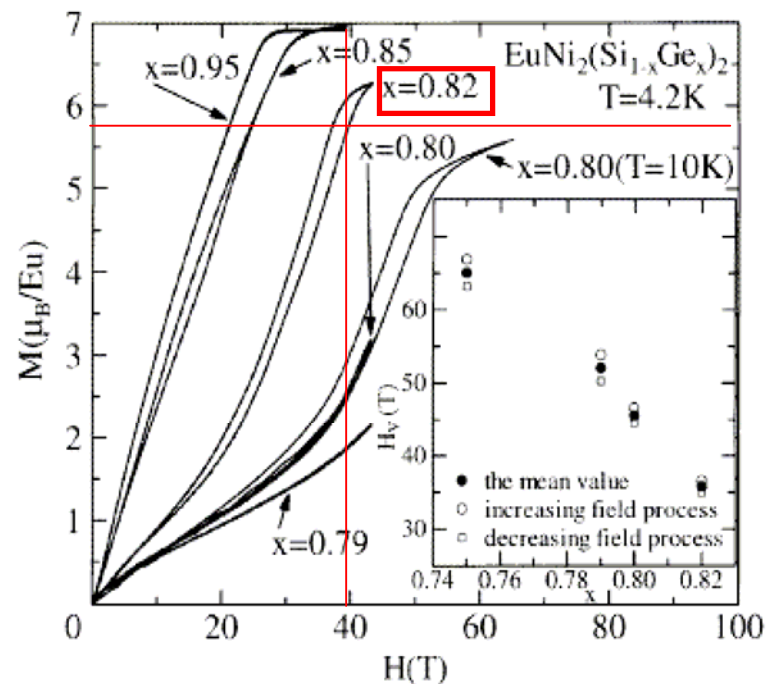
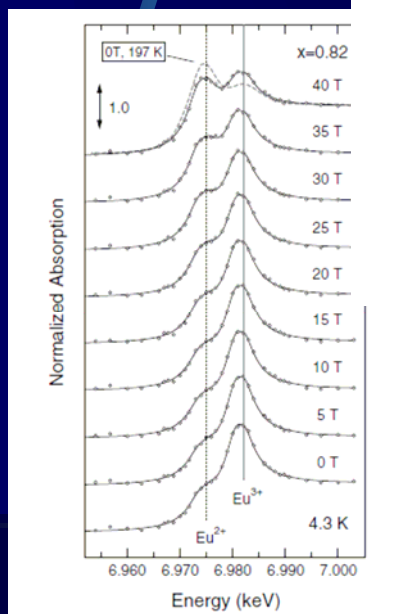
$M = 5.7 \mu_B/\text{Eu}$ (at 40 T)

Valence:

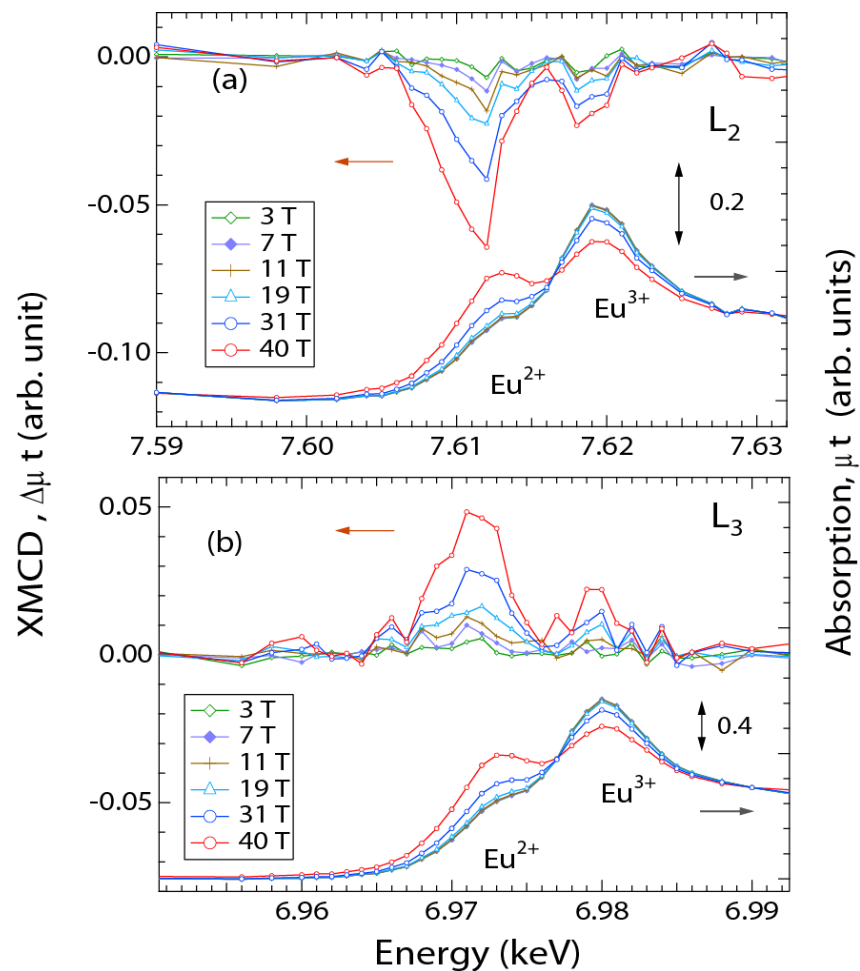
Matsuda et
al.: JPSJ
77 (2008)
054713.



$V^* = 2.75$ (0 T)
and 2.4 (40 T)

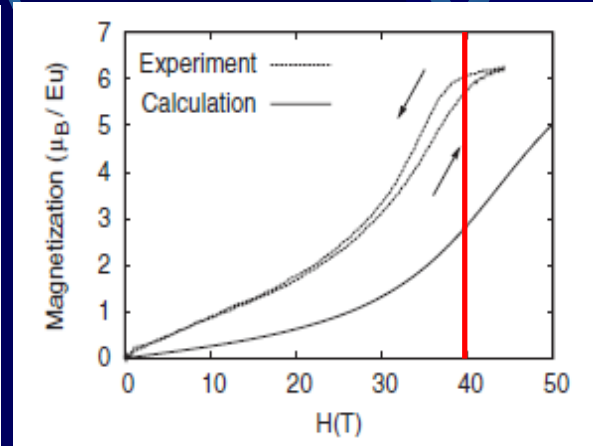
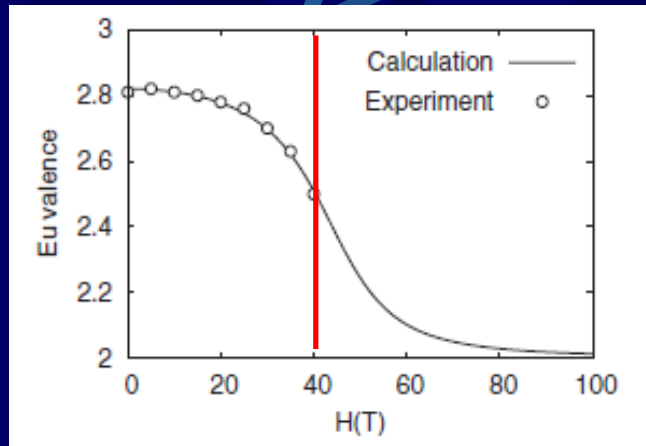


XMCD at Eu L_{23} edges of $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{0.18}\text{Ge}_{0.82})_2$



Experiments:
Matsuda et al.: PRL
103 (2009) 046402.

Calculation by mixed-valence model (with no magnetization for Eu^{3+})



By Miyazaki and Harada

in Matsuda et al.:
JPSJ77 (2008)
054713.

2つの立場:

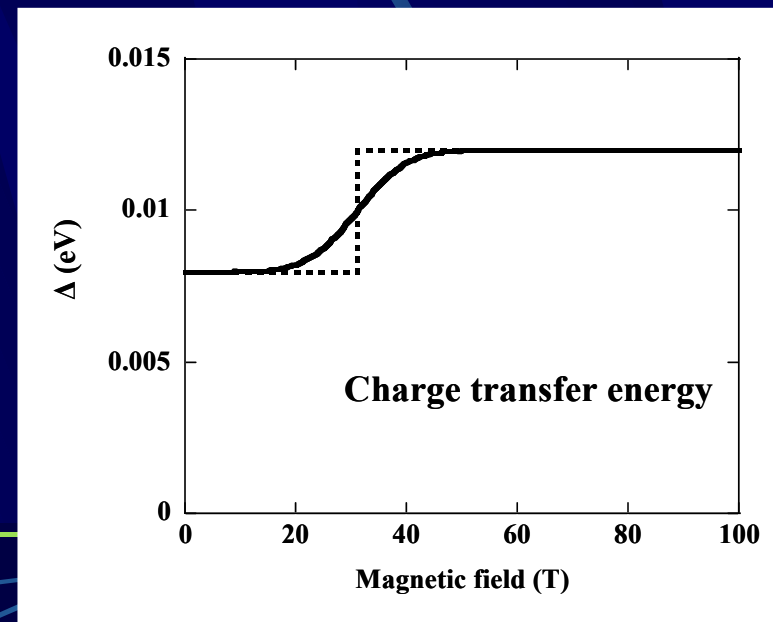
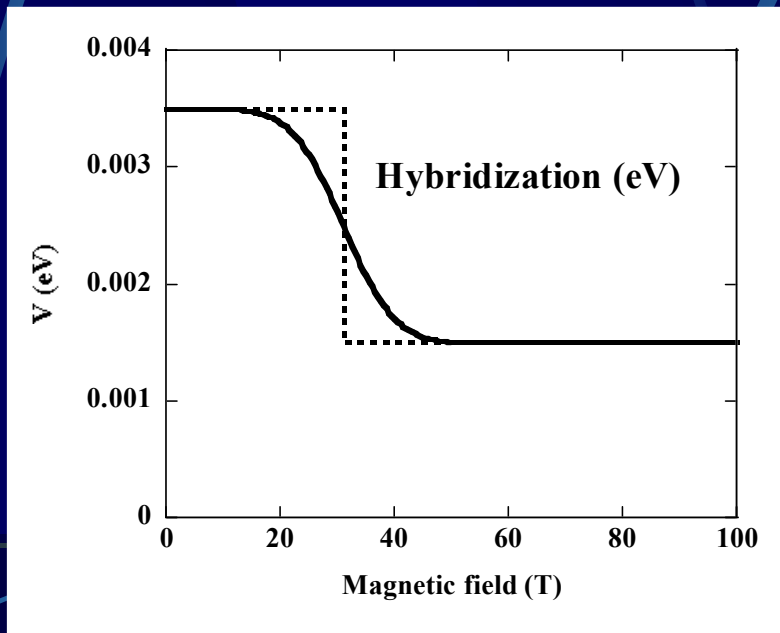
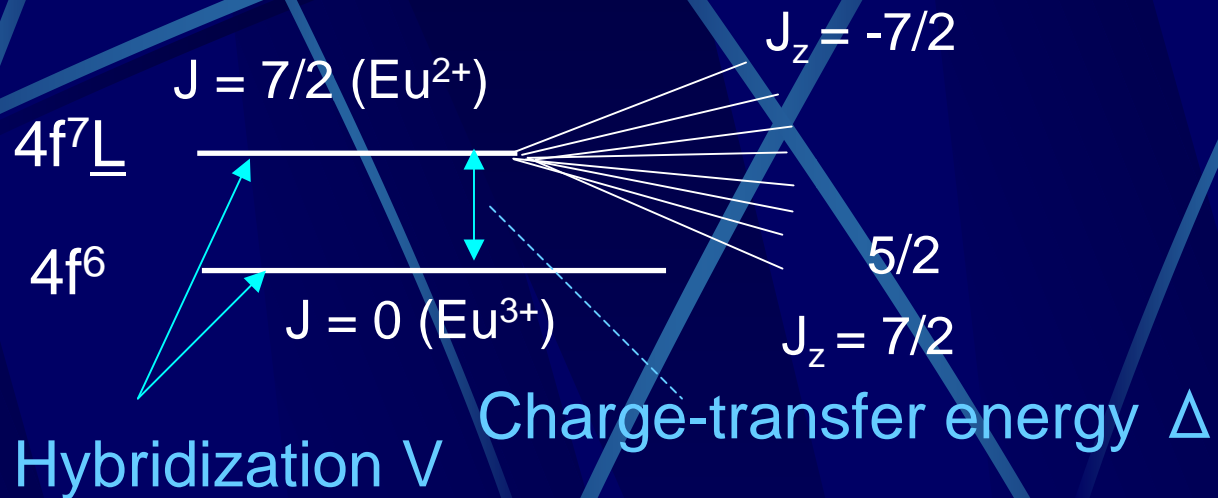
(1) 磁化の不足分は Eu^{3+} の4f電子による。 Eu^{3+} のXMCDも同じ起源から生じる。 → Oko et al.: JPSJ 79 (2010) 024713.

Van Vleck 常磁性?

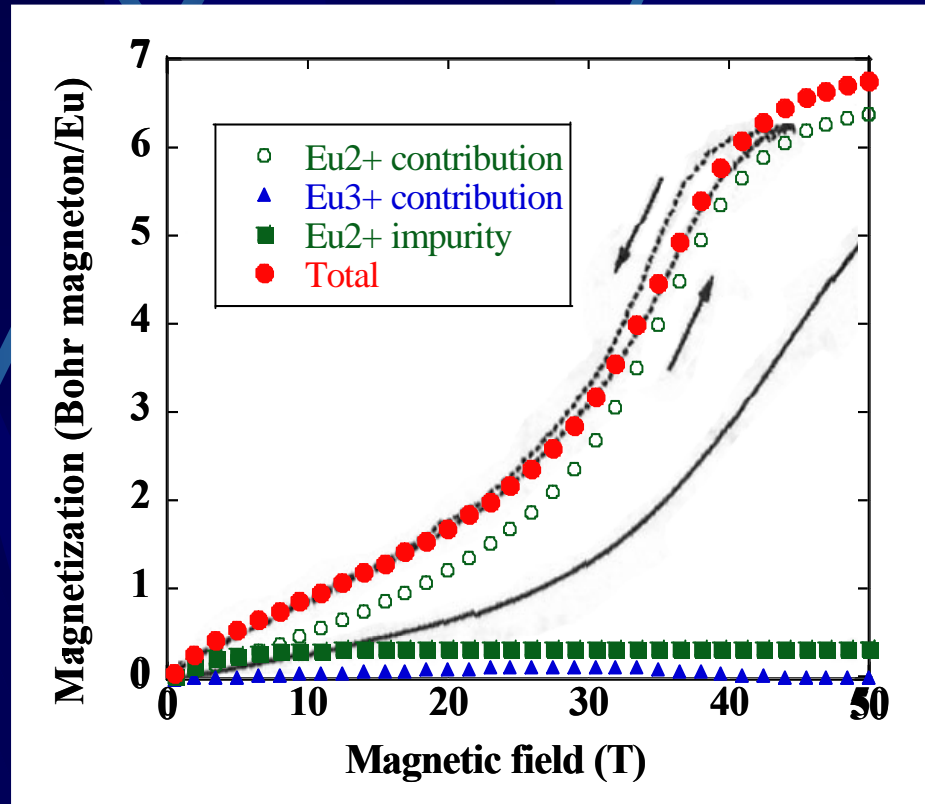
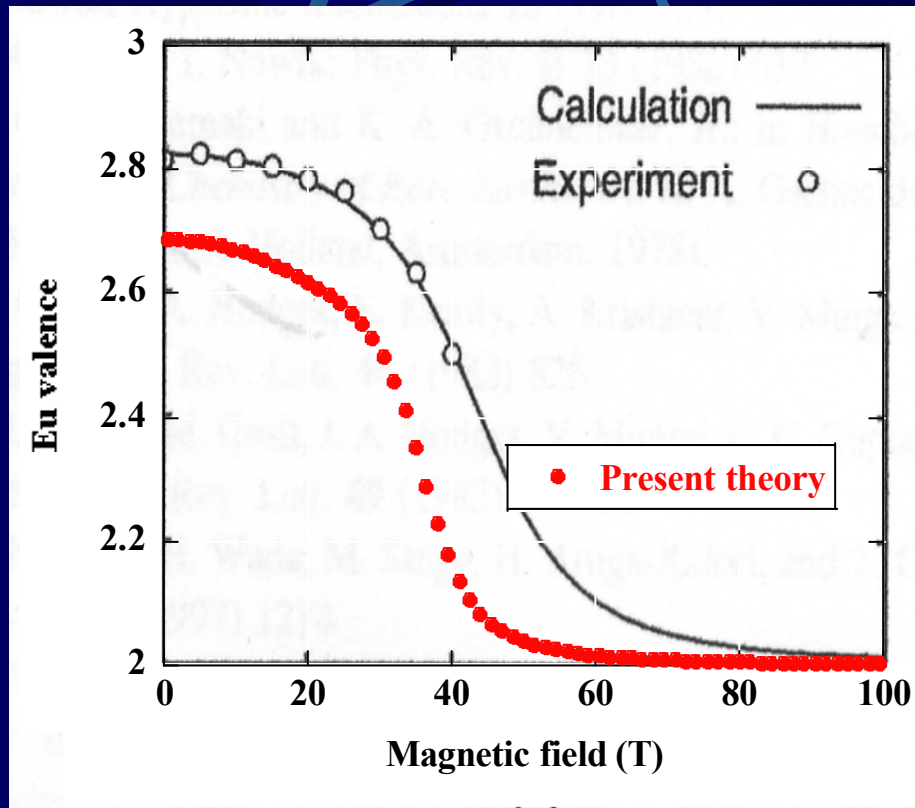
(2) 磁化の不足分の起源は Eu^{3+} の4f電子とは無関係。 Eu^{3+} のXMCDの起源は Eu^{3+} の5d電子の磁気分極。

→ 軟X線XAS-MCDへの期待

Theory with an extended SIAM (Single-Impurity Anderson Model)

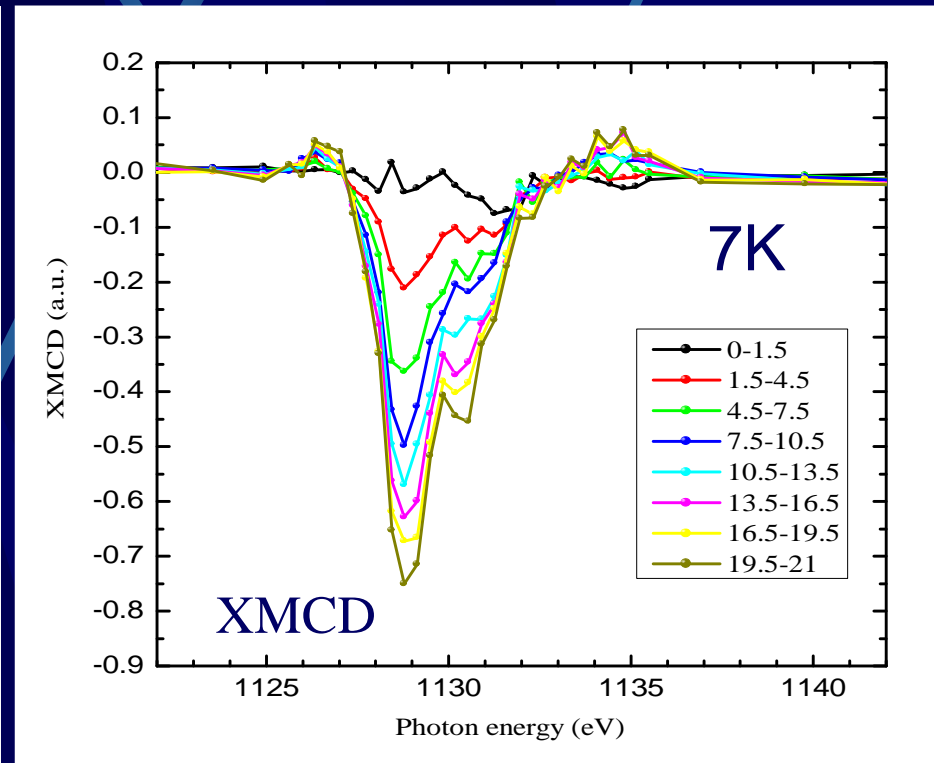
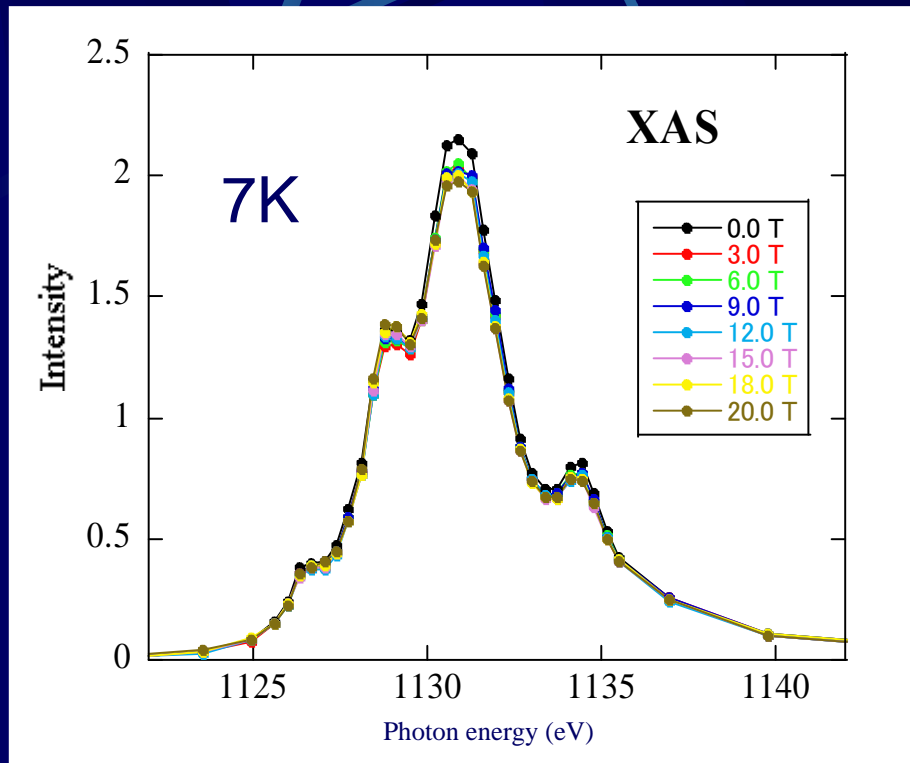


Calculated valence and magnetization



課題: Eu M_{45} 端 XMCD 実験の解析により、この結果を検証する

Eu M_{45} XAS and XMCD experiments (preliminary)

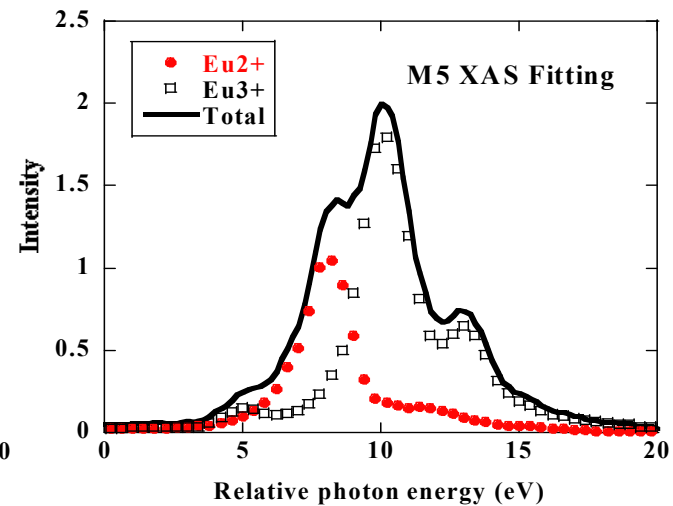
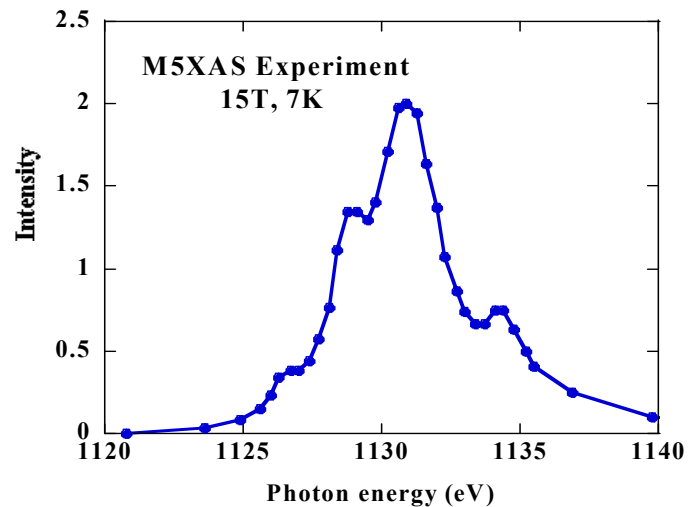


高輝度セ, 東北大金研^A, 九大理^B, 奈良高専^C, 東大物性研^D

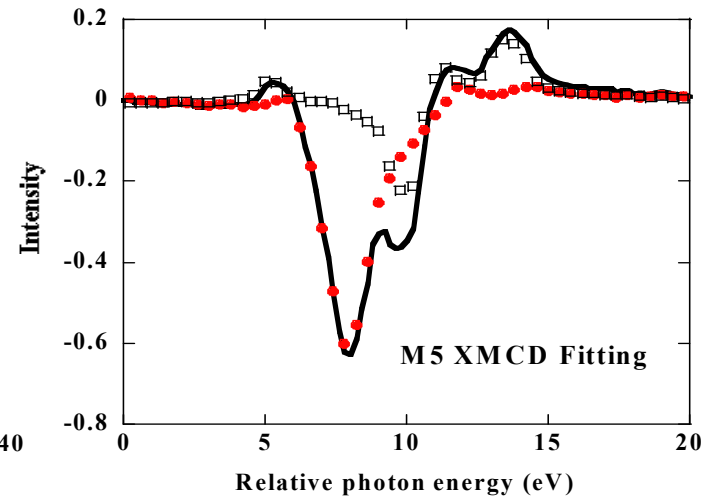
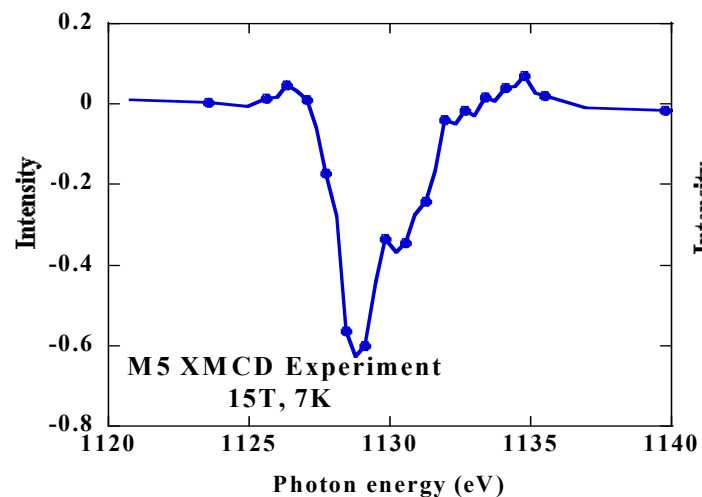
中村哲也, 鳴海康雄^A, 林美咲^A, 光田暁弘^B, 広野等子, 児玉謙司^C, 森岡貴之^A,
齋藤康太^A, 田添昂^A, 木下豊彦, 和田裕文^B, 金道浩一^D, 野尻浩之^A,

Examples of analysis

XAS



XMCD



Spin and orbital sum rules

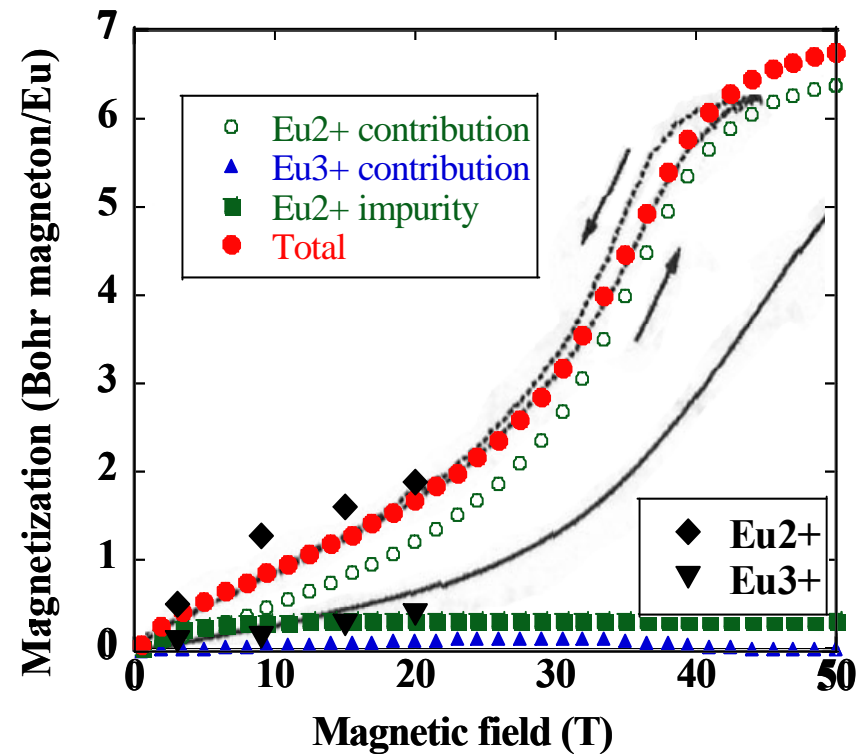
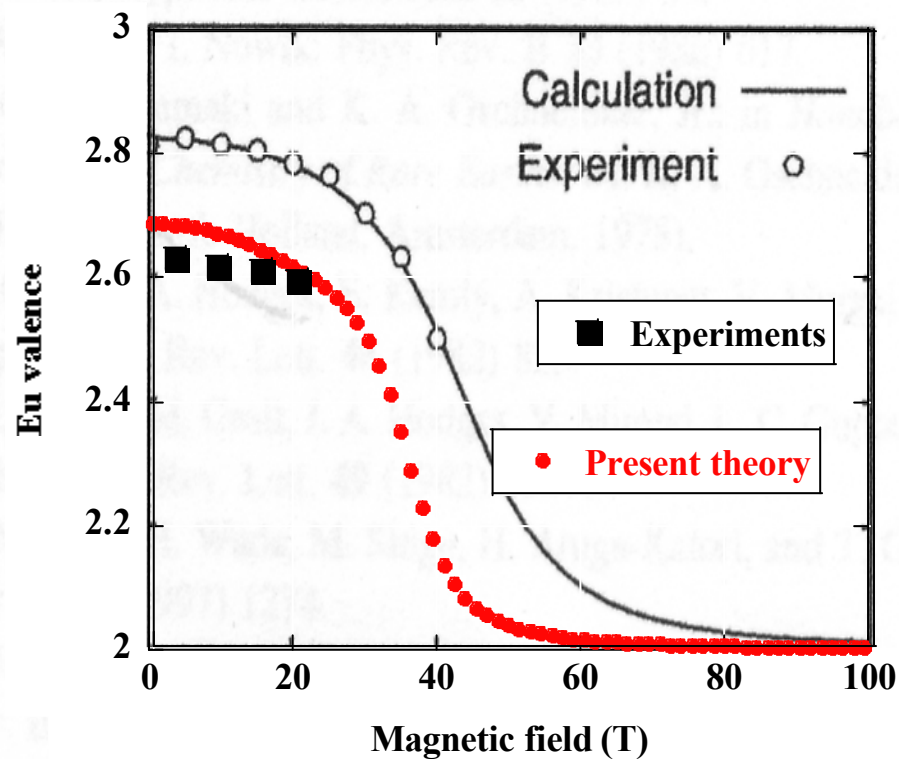
Magnetic moment for Eu^{2+} (per site):

$$\begin{aligned}M(\text{Eu}^{2+}) &= -2\langle S_z \rangle \\ &= 35 \int_{M_0} (\mu_+ - \mu_-) d\omega / \int_{M_4+M_0} (\mu_+ + \mu_-) d\omega,\end{aligned}$$

Magnetic moment for Eu^{3+} (per site):

$$\begin{aligned}M(\text{Eu}^{3+}) &= \langle (-2J_z + L_z) \rangle = \langle L_z \rangle \\ &= -16 \int_{M_4+M_0} (\mu_+ - \mu_-) d\omega / \int_{M_4+M_0} (\mu_+ + \mu_-) d\omega.\end{aligned}$$

Analyzed results (Comparison with theory)



まとめ

- $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{0.18}\text{Ge}_{0.82})_2$ の磁場誘起価数転移における従来の矛盾点を解消するため、一次転移を考慮した不純物アンダーソンモデルによる理論計算を提案した。
- 計算された価数と磁化の磁場依存性を検証するため、パルス強磁場による軟X線XASおよびXMCDの実験データの解析をおこなった。
- 計算結果と実験の解析結果はかなりよい一致を示した。
- 実験は現在も進行中で、今後、より完全で信頼性の高い結果が期待される。
- 以上の結果は、従来の硬X線による $\text{EuL}_{2,3}$ 端XASおよびXMCDデータを再解釈する上で、重要な情報となると考えられる。
- 実験データを提供して下さった中村哲也氏らに感謝します。