

# SPring-8における 高圧下の固体物性

赤外放射光を用いた強相関電子系の  
高圧力条件下における電子状態の研究

神戸大院自然 松波雅治

# 共同研究者

神戸大院自然

陳林, 滝元樹雄, 中嶋伸行, 難波孝夫

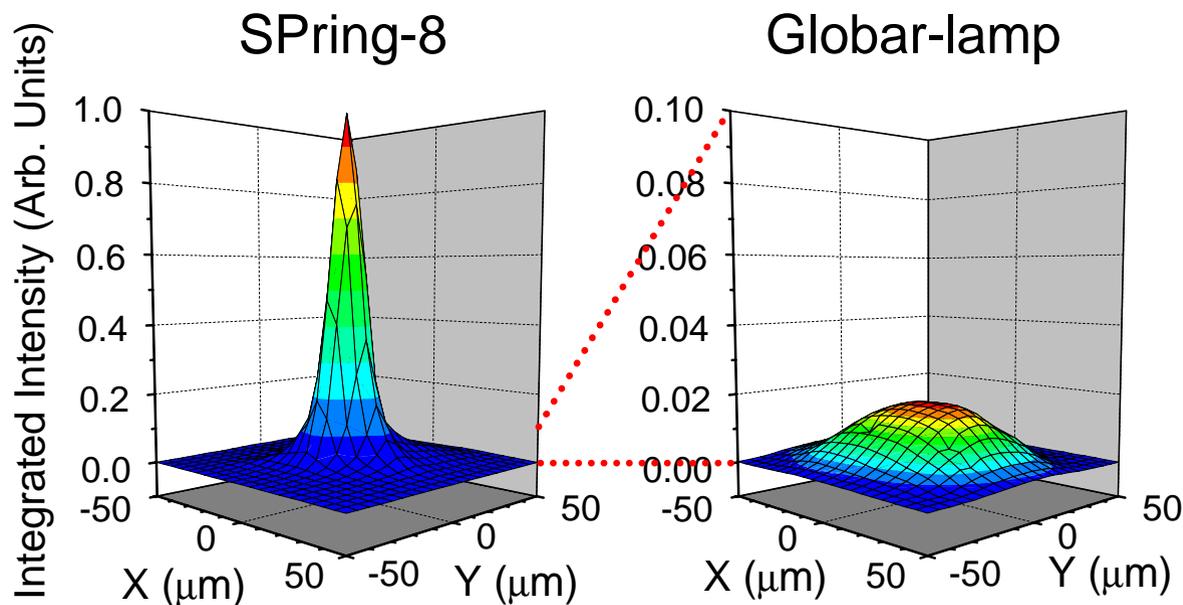
SPring-8/JASRI

木村洋昭, 池本夕佳, 広野等子, 森脇太郎

東北大極低温センター

落合明

# 赤外放射光 vs 通常光源



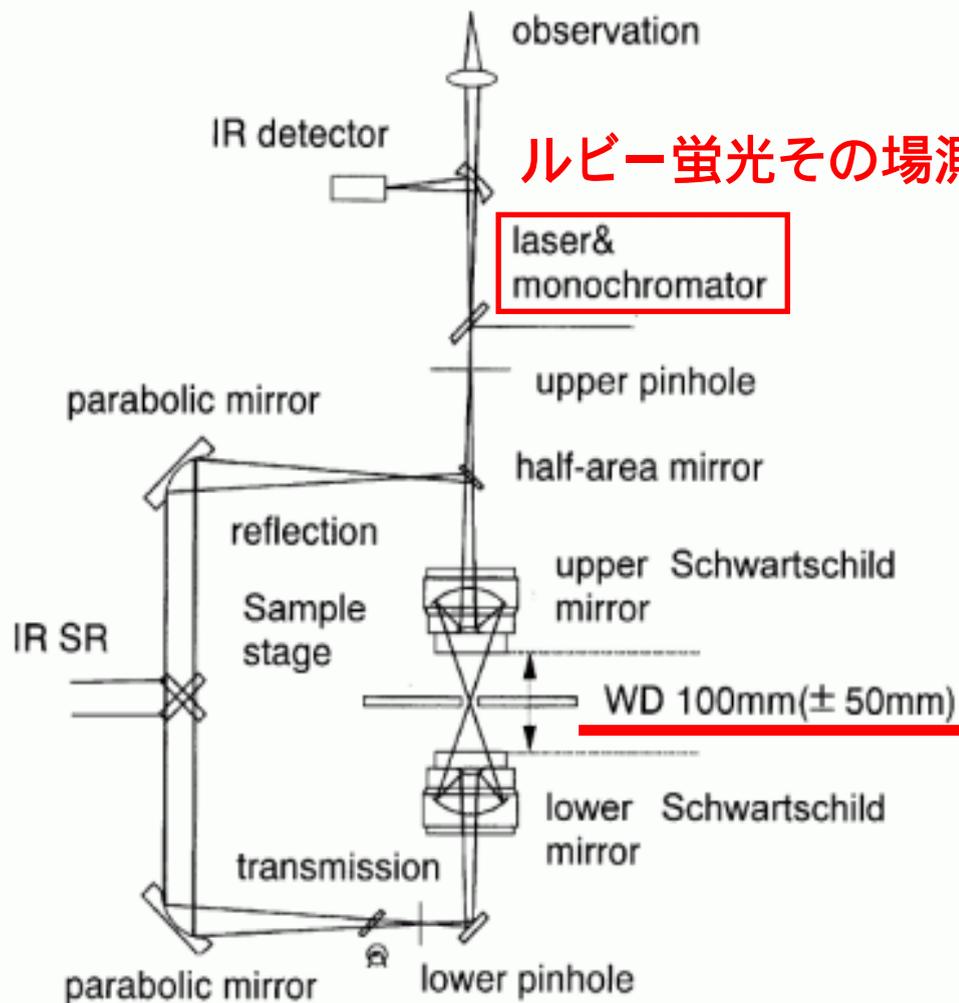
700 ~ 9000  $\text{cm}^{-1}$ の積分強度

赤外放射光: 100倍のピーク強度, 1/4の幅

➡ 微小空間に高い光子密度

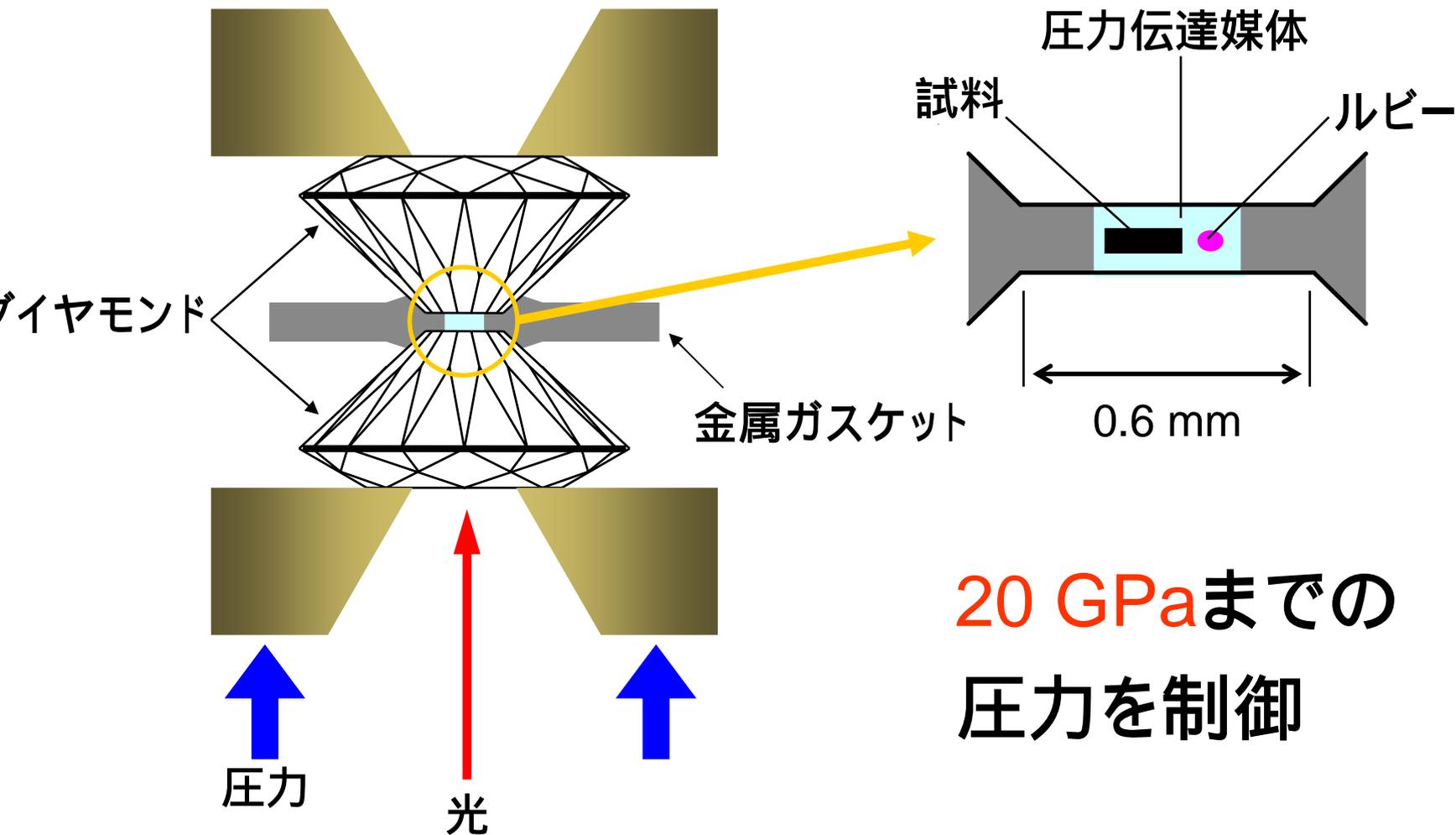
➡ 高圧下分光実験

# SPring-8 BL43IR 顕微分光 St.



ルビー蛍光その場測定

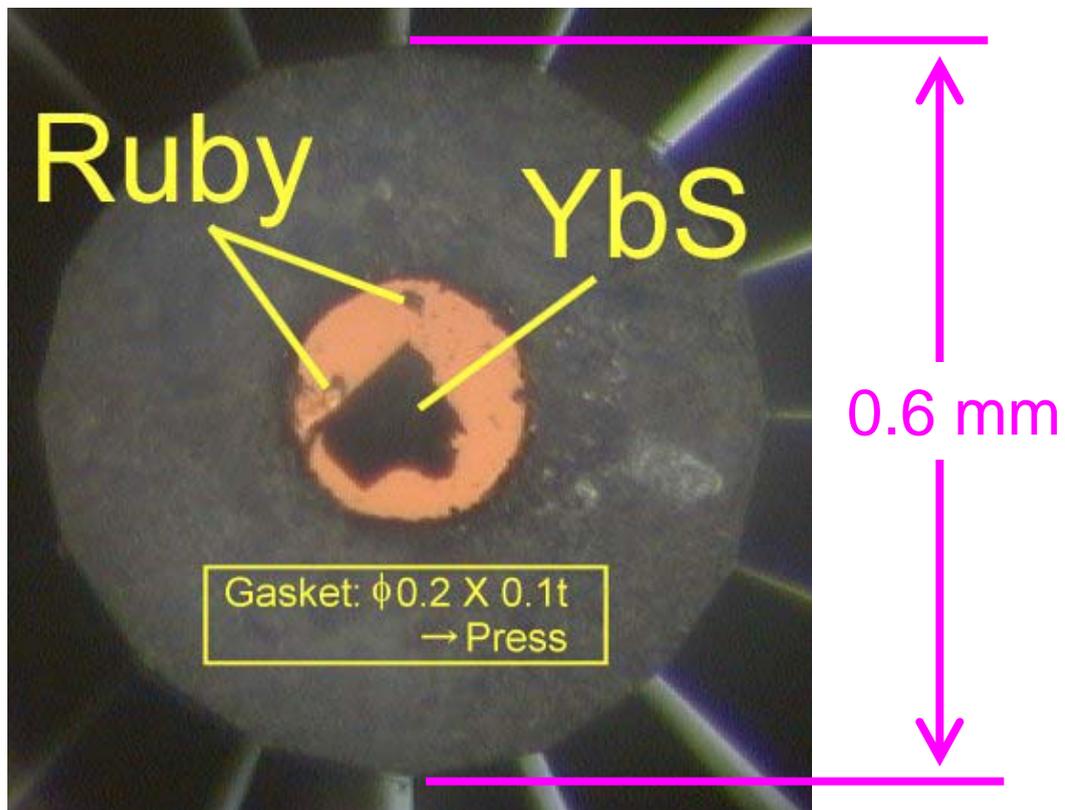
# ダイヤモンド・アンビルセル (DAC)



# 実際の試料セットアップ

DAC

2002/10/27



# 強相関 $f$ 電子系 (Ce, Yb化合物)

Periodic table of elements

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	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
Fr	Ra	Ac	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			



$$\left\{ \begin{array}{l} 3+: f^1 \\ 4+: f^0 \end{array} \right.$$



$$\left\{ \begin{array}{l} 2+: f^{14} \\ 3+: f^{13} \end{array} \right.$$

$f$  電子: 局在性  $\longleftrightarrow$  遍歴性

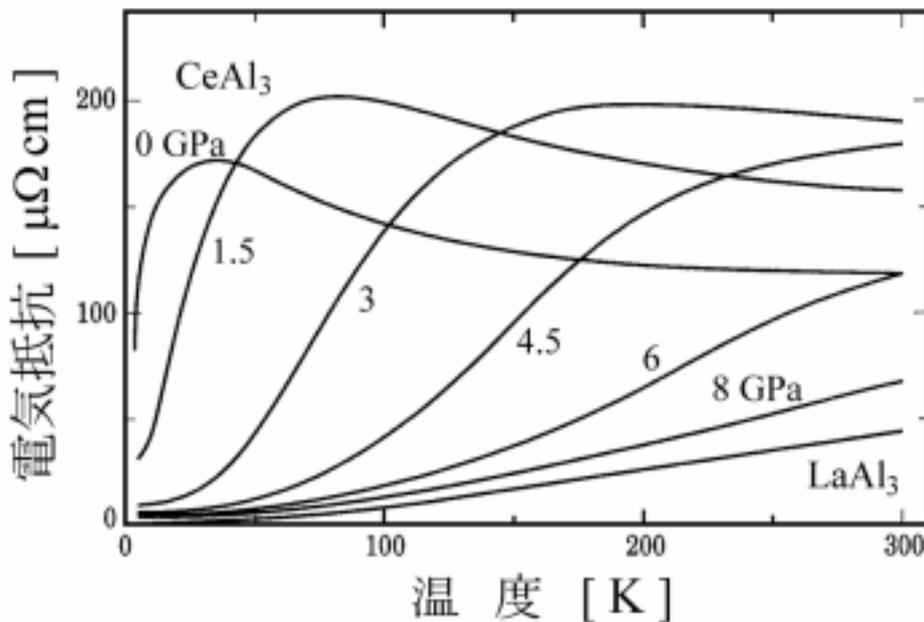
伝導電子との混成 ( $c$ - $f$  混成)

重い電子、価数揺動、近藤半導体、etc

# 高圧力下における $f$ 電子系

## CeAl<sub>3</sub>の電気抵抗

J. Phys. Soc. Jpn. **65** (1996) Suppl. B p.42.



圧力の印加

重い電子

価数揺動

通常金属

$f$  電子

局在

遍歴

圧力の効果:

一つの物質に対して  $f$  準位 ( $c$ - $f$  混成) を連続的に制御

# 強相関電子系の光学的研究

光学スペクトルの研究対象 振動状態、電子状態

## 赤外分光

低エネルギー電子励起

フェルミ準位近傍の電子状態を反映

高温超伝導体などの研究で多くの成果を挙げている。

しかし高圧力下での実験はほとんど行われていない。

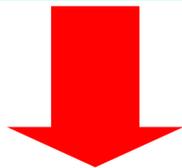
## 本研究の目的

圧力によって電子準位を制御し、赤外分光実験によってそのフェルミ準位近傍の電子状態の変化を観測する。

# YbSの物性

## YbS

- ・NaCl型結晶構造
- ・常圧で $\Delta \sim 1.2$  eVの絶縁体
- ・Ybは2価

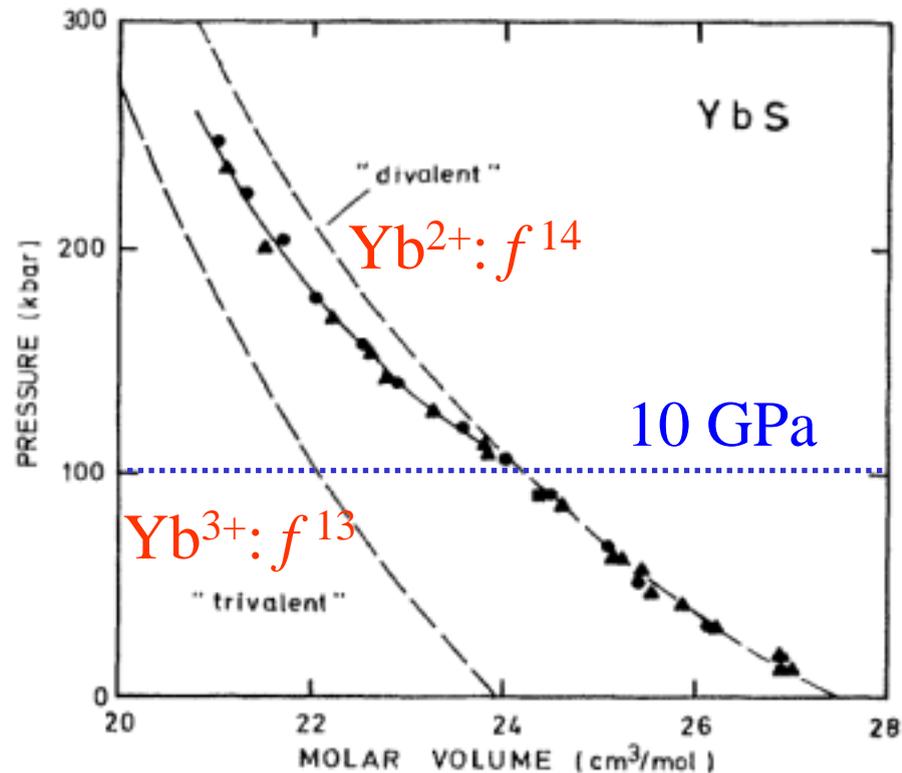


10 GPa以上の圧力領域で  
価数揺動状態が安定化

強い電子相関

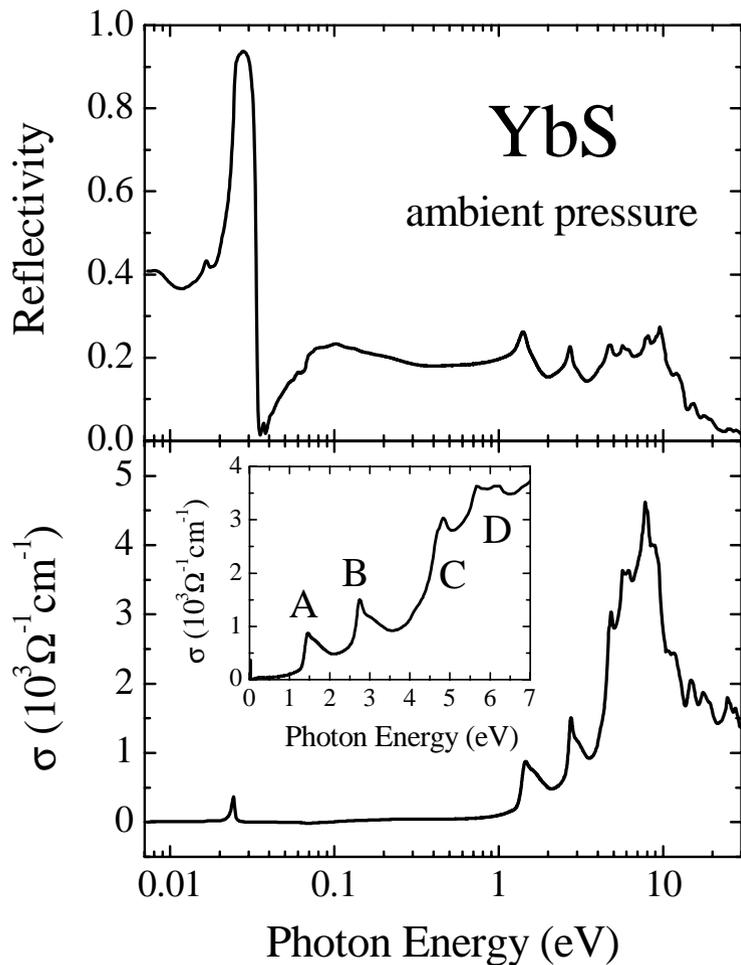
## 体積圧縮率

Phys. Rev. B 32 (1985) 8246

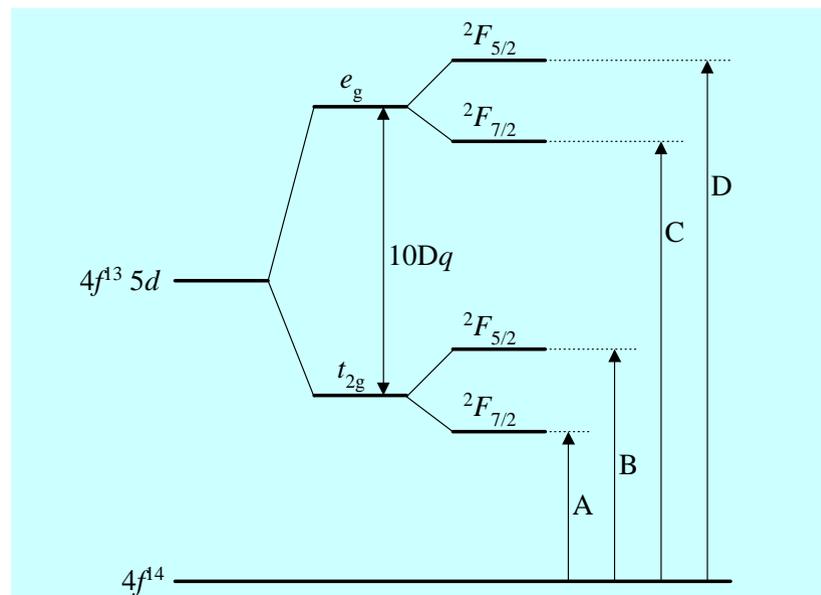


# 常圧下の光学スペクトル

光反射スペクトルと光学伝導度 (神戸大学、UVSORで測定)



A, B, C, Dの吸収

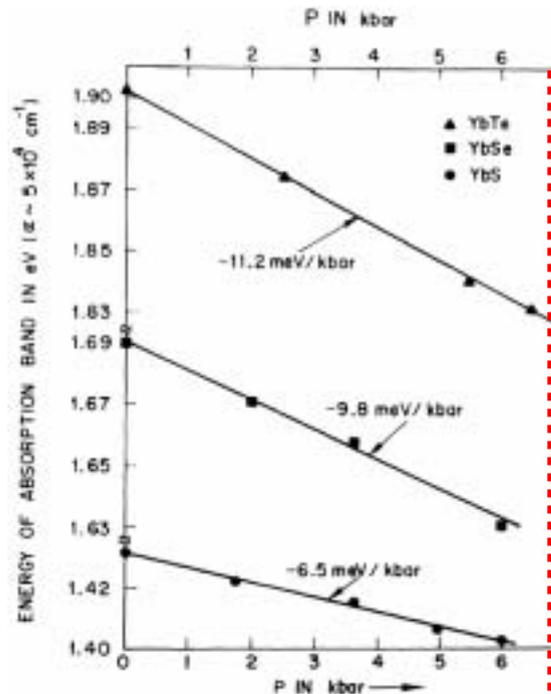
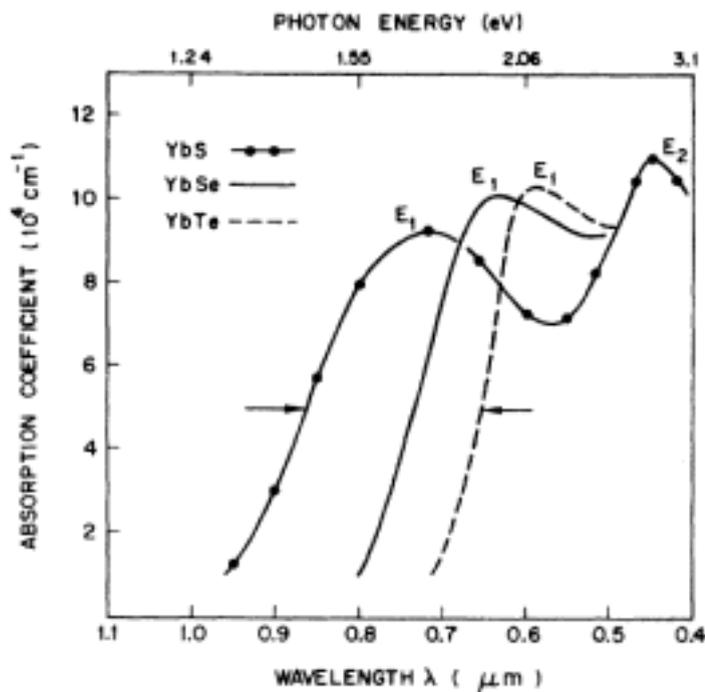


1.2 eV:  $f-d$  ギャップ

# 過去に行われた光学測定 (1)

## YbX (X=S, Se, Te) の吸収スペクトルの測定

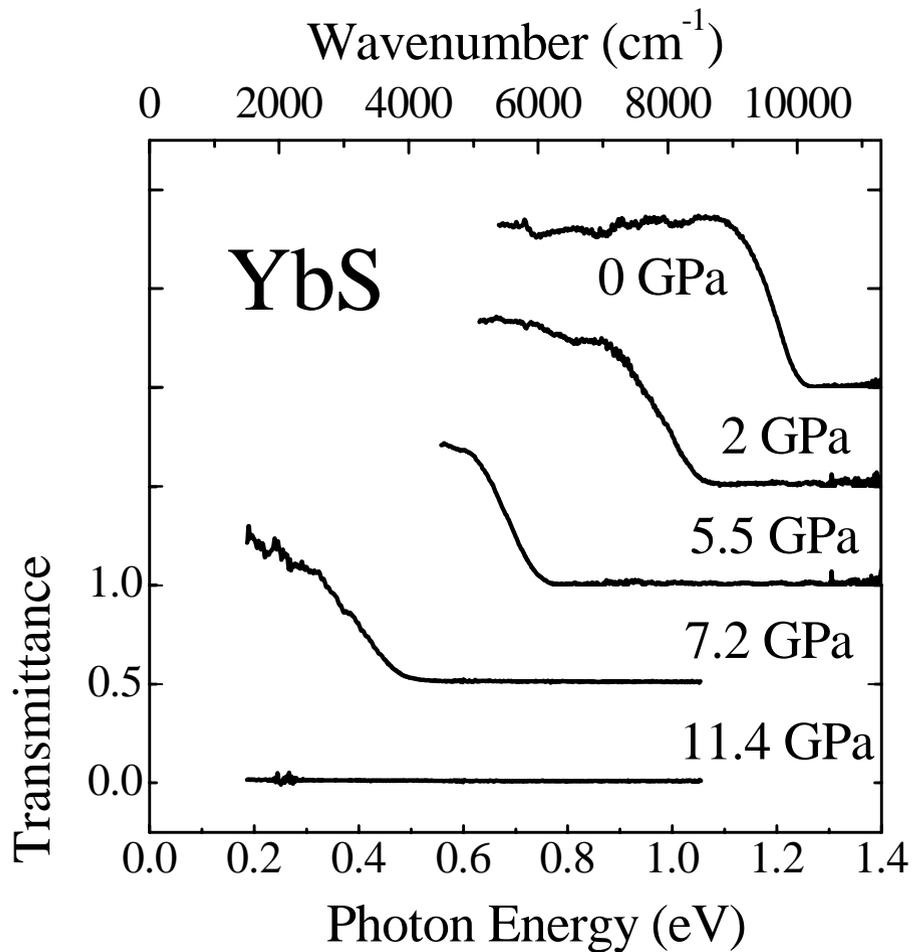
V. Narayanamurti et al., Phys. Rev. B **9** (1974) 2521



0.7 GPa

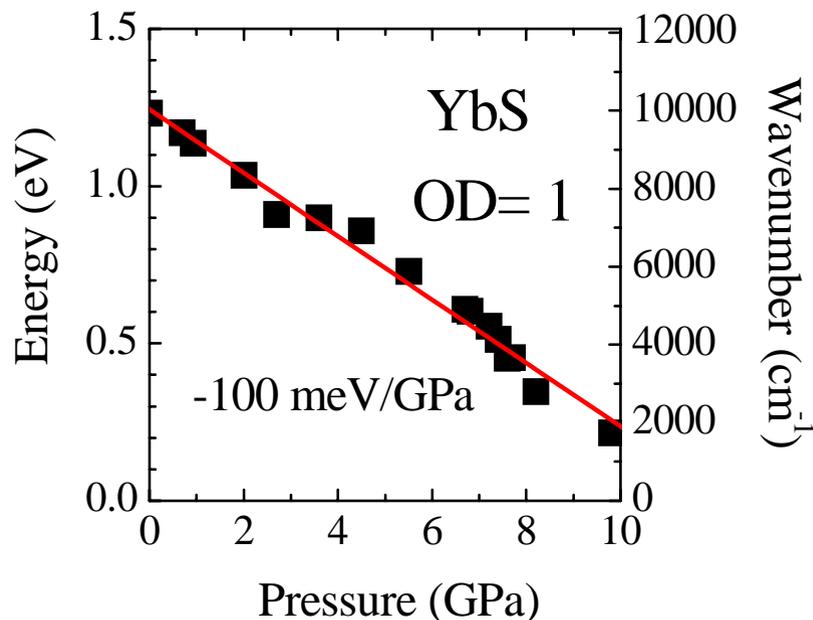
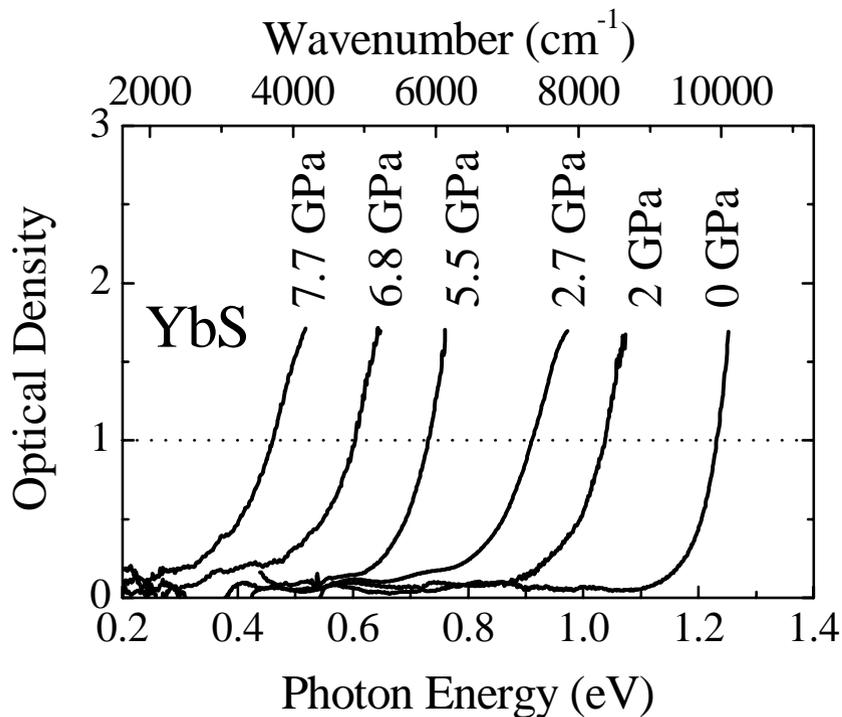
9000 – 25000  $\text{cm}^{-1}$  の測定

# 高圧下光透過(吸収)スペクトル



~10 GPa: 絶縁体-金属転移の観測

# 吸収端構造の圧力依存性

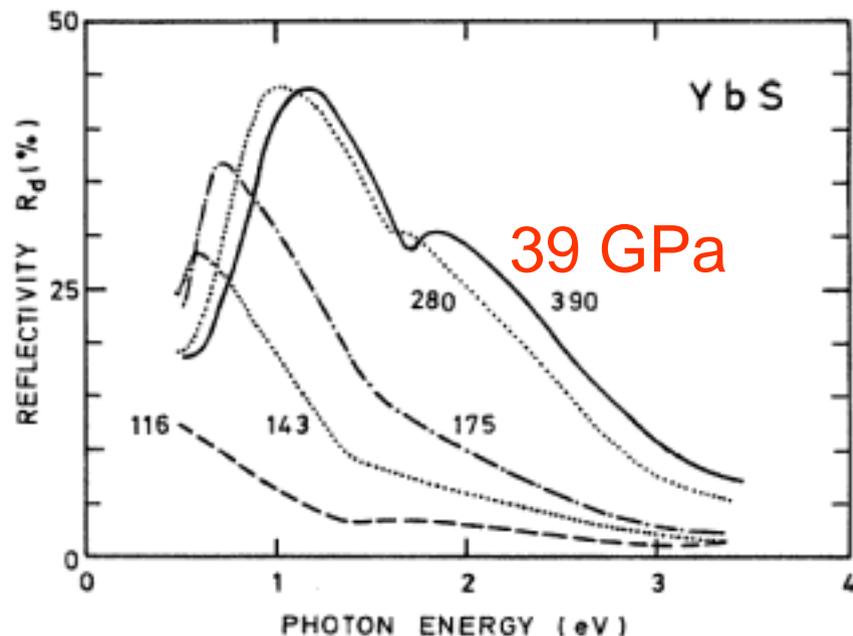
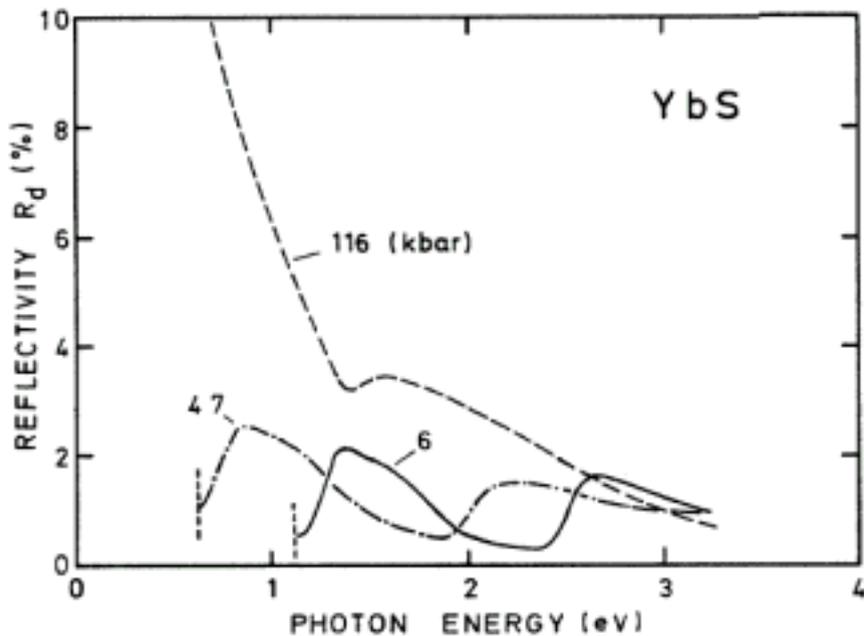


- ・エネルギーギャップは圧力とともに直線的に減少
- ・10~12 GPaで潰れる 価数揺動の始まる圧力

# 過去に行われた光学測定 (2)

## YbSの反射スペクトルの測定

K. Syassen et al., Phys. Rev. B **32** (1985) 8246



4000 – 28000  $\text{cm}^{-1}$ , 39 GPaまでの測定

プラズマ反射(金属状態)の観測には至っていない

# まとめ・今後の展望

- ・高圧下赤外分光により圧力下での電子状態の直接観測が可能となった。
- ・今後、更なる実験を積み重ねていく必要がある。
- ・静水圧 (Liq.He, Liq.Ar)
- ・低温(数K)での高圧実験

## UVSOR

遠赤外領域における高圧分光実験  
( $f$  電子系 遠赤外に重要な情報)