

世界最高分解能で 超伝導電子の直接観測に成功

東京大学物性研究所、
学術創成研究「新しい研究ネットワークによる電子相関係の研究」
辛 埴(しん しぎ)、木須孝幸、富樫格、渡部俊太郎

中国科学アカデミー
Z.Q.Zhang, C. T. Chen

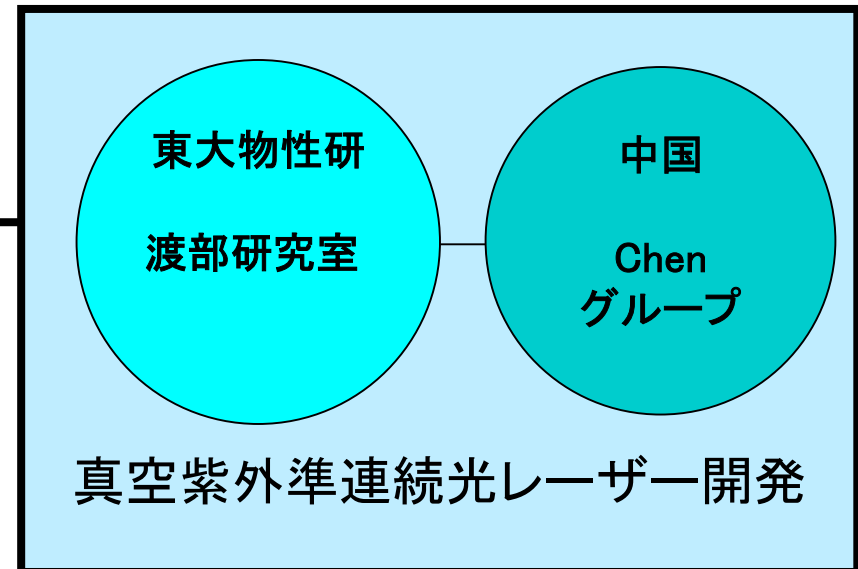
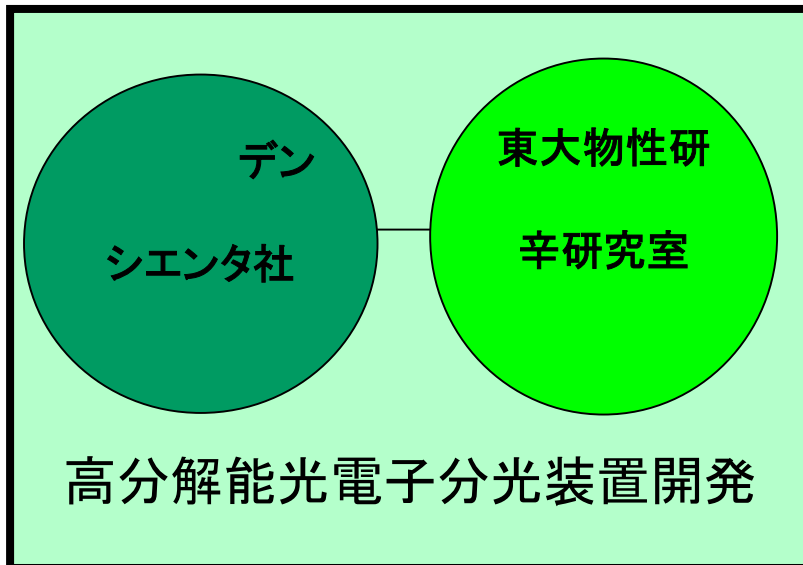
レーザー光電子プロジェクト

- 新型レーザー光源開発

1. 真空紫外準連続光として世界最高エネルギー（最短波長）
(7 電子ボルト=177ナノメートル)
2. 世界一の単色性（世界一狭いエネルギー線幅）
(260 マイクロ電子ボルト=0.006ナノメートル)
3. 大強度
(10^{15} 光子数/秒)

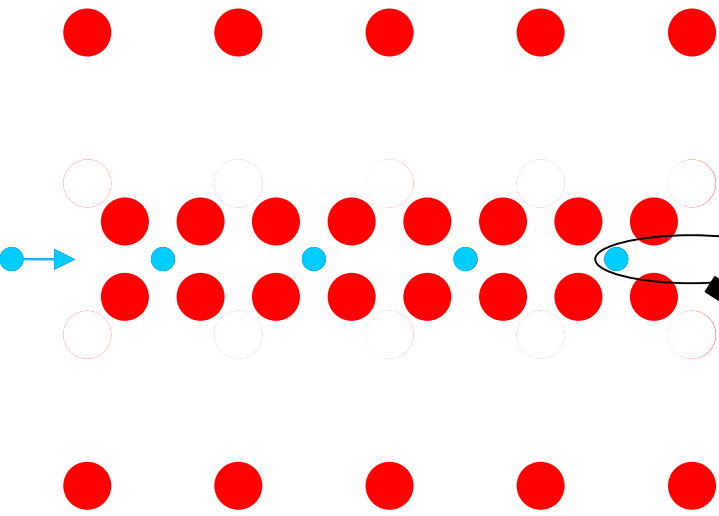
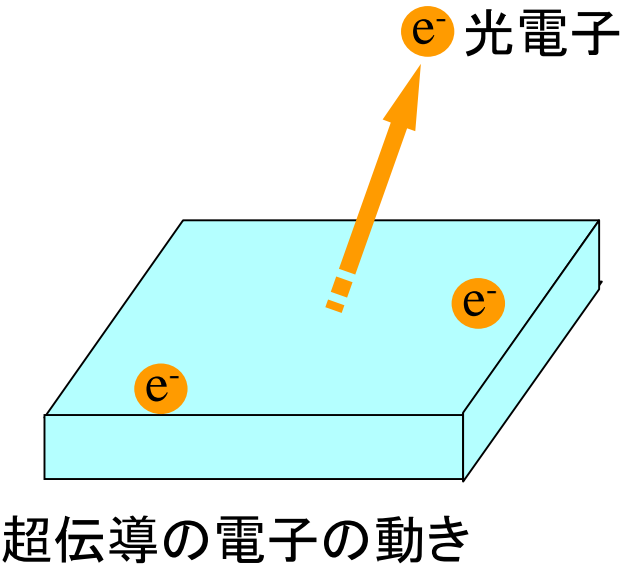
- 新型光電子分光器開発

1. 世界最高分解能 (250 マイクロ電子ボルト)



光電子分光とは

物に光を当てると電子が飛び出す現象(光電効果・・アインシュタイン:1905年)



自由電子のエネルギー

超伝導

超伝導ギャップ

超伝導ピーク(クーパー対)

エネルギー

電子数

超伝導の電子状態

A vertical energy level diagram. The vertical axis is labeled エネルギー (Energy) and the horizontal axis is labeled 電子数 (Number of electrons). A red curve shows the energy levels of free electrons, with a gap labeled 超伝導ギャップ (Superconducting gap). A red arrow labeled e^- 光電子 points upwards from the bottom of the gap. A pink double-headed arrow indicates the width of the gap. A red arrow points to a peak in the lower energy region labeled 超伝導ピーク(クーパー対) (Superconducting peak (Cooper pair)).

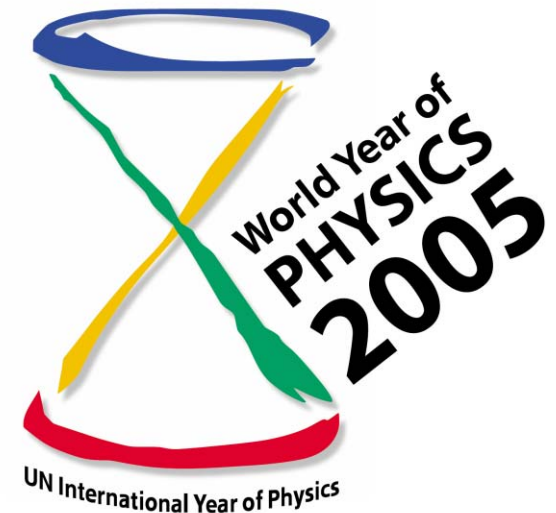
本来は反発しあう電子同士が2個一組で動いていく(クーパー対:超伝導電子)

世界物理年とは？

2002年10月9－12日、ベルリンで開催されたIUPAP（国際純正応用物理学連合）総会で、2005年を世界物理年（World Year of Physics, 以下WYP2005と略記）とすることが決まりました。

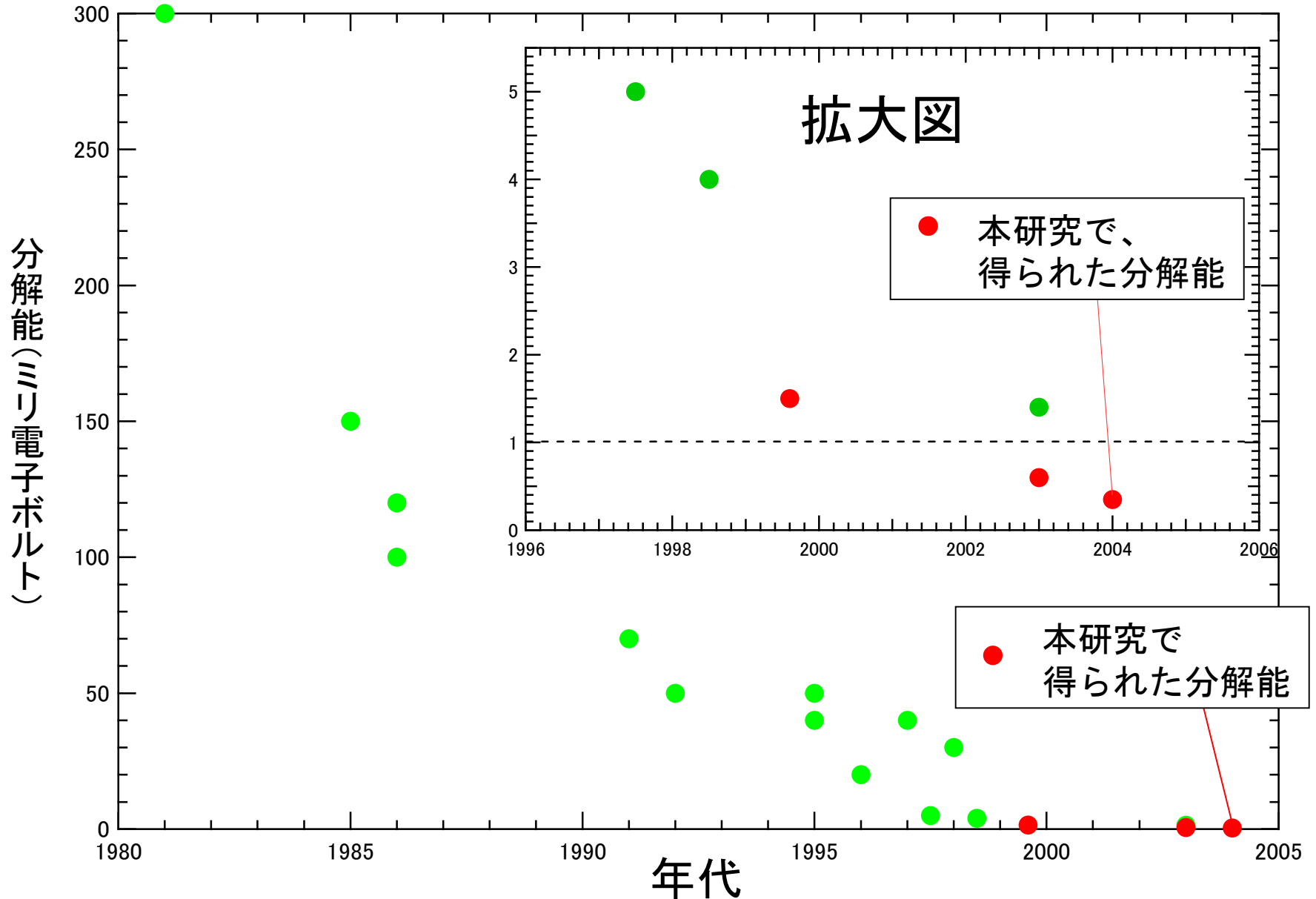
2005年は、アインシュタインが光電効果の理論、ブラウン運動の理論、特殊相対性理論という三つの革命的な論文を発表した1905年から百年を経たことを記念する年です。

WYP2005では、物理学が現代の我々の生活、世界観に与えている影響を考え、近代科学への理解を深めていく運動の年として、科学者、教育界、産業界、行政、メディアを含めて、全ての人々が科学の成果とその意義を共有する運動を世界的にもまた地域でも展開します。



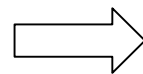
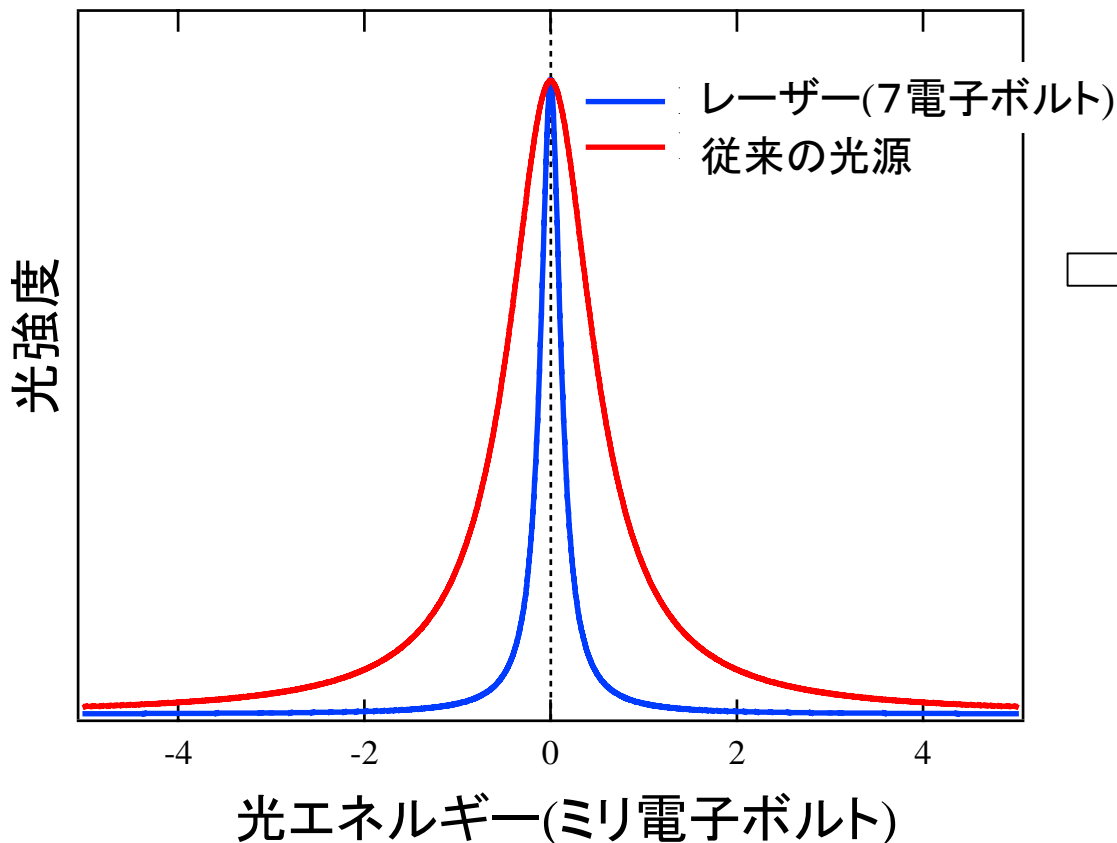
世界物理年のロゴ

光電子分光の高分解能化の歴史



なぜ、光電子分光にレーザーを用いたのか？

世界一、光のエネルギー幅が狭い(単色性の高い)光源



高分解能

レーザー光源の狭いエネルギー幅
(レーザーの高い単色性)
260 マイクロ電子ボルト(0.006ナノ
メートル)のエネルギー幅

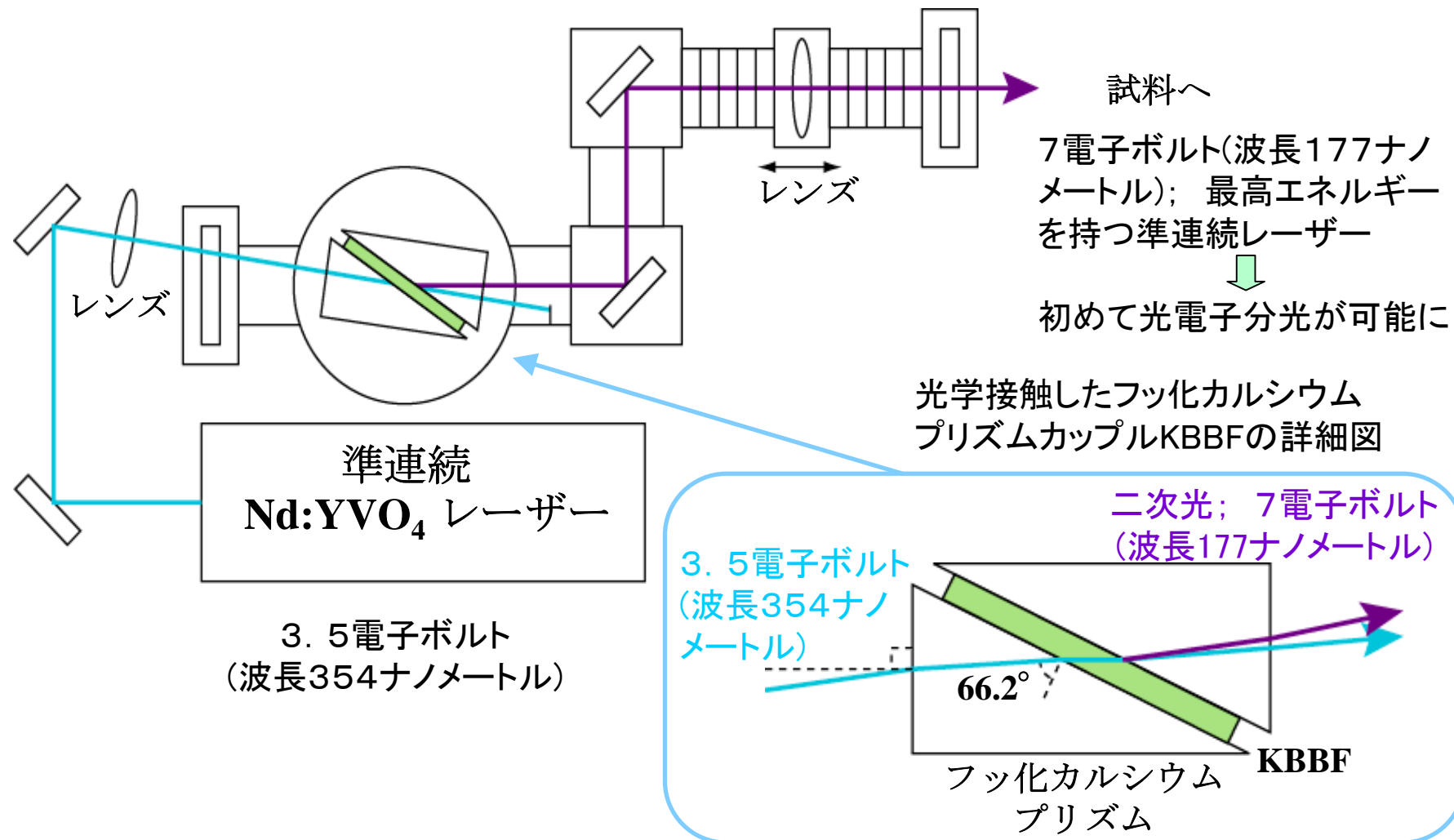
従来の光源では不可能

- ヘリウムランプ
- シンクロトロン放射光

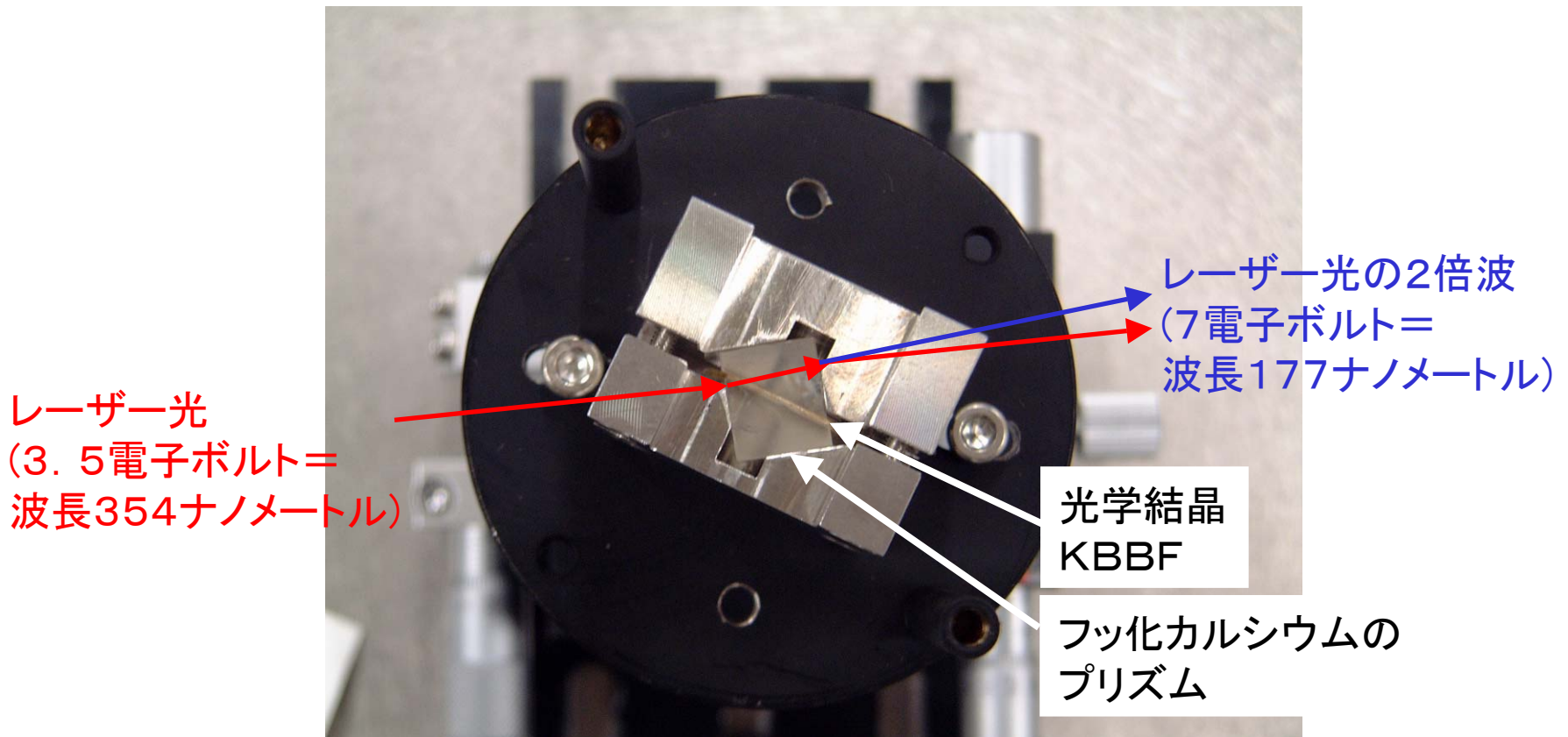
新型準連続レーザーの開発

非線形光学結晶KBBFを用いたNd:YVO₄レーザーの6次光

T.Togashi, *et al.*, Opt. Lett. **28**, 254 (2003)

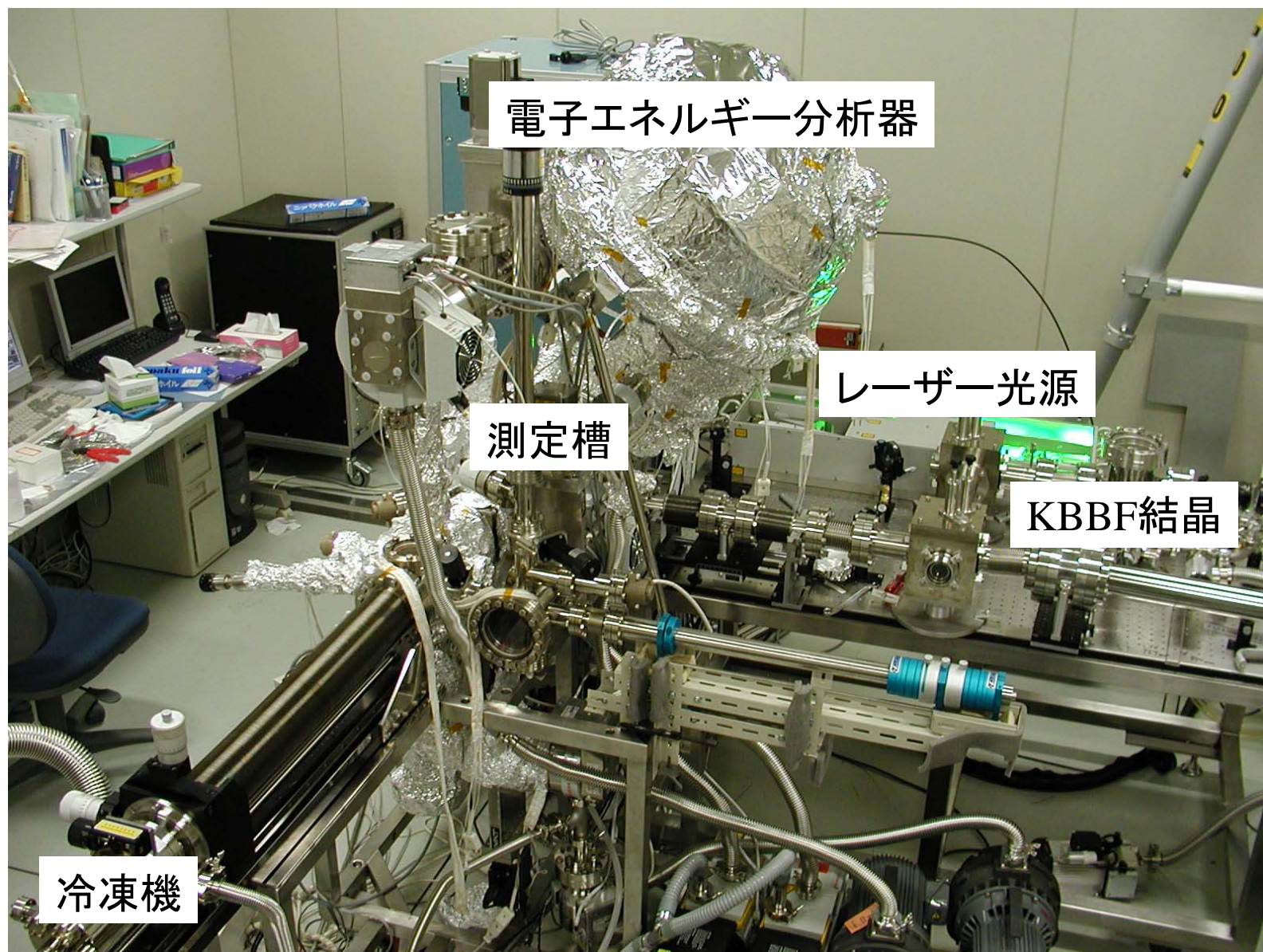


Chenグループが開発した非線形結晶KBBF; 最高エネルギーを持つ準連続レーザー

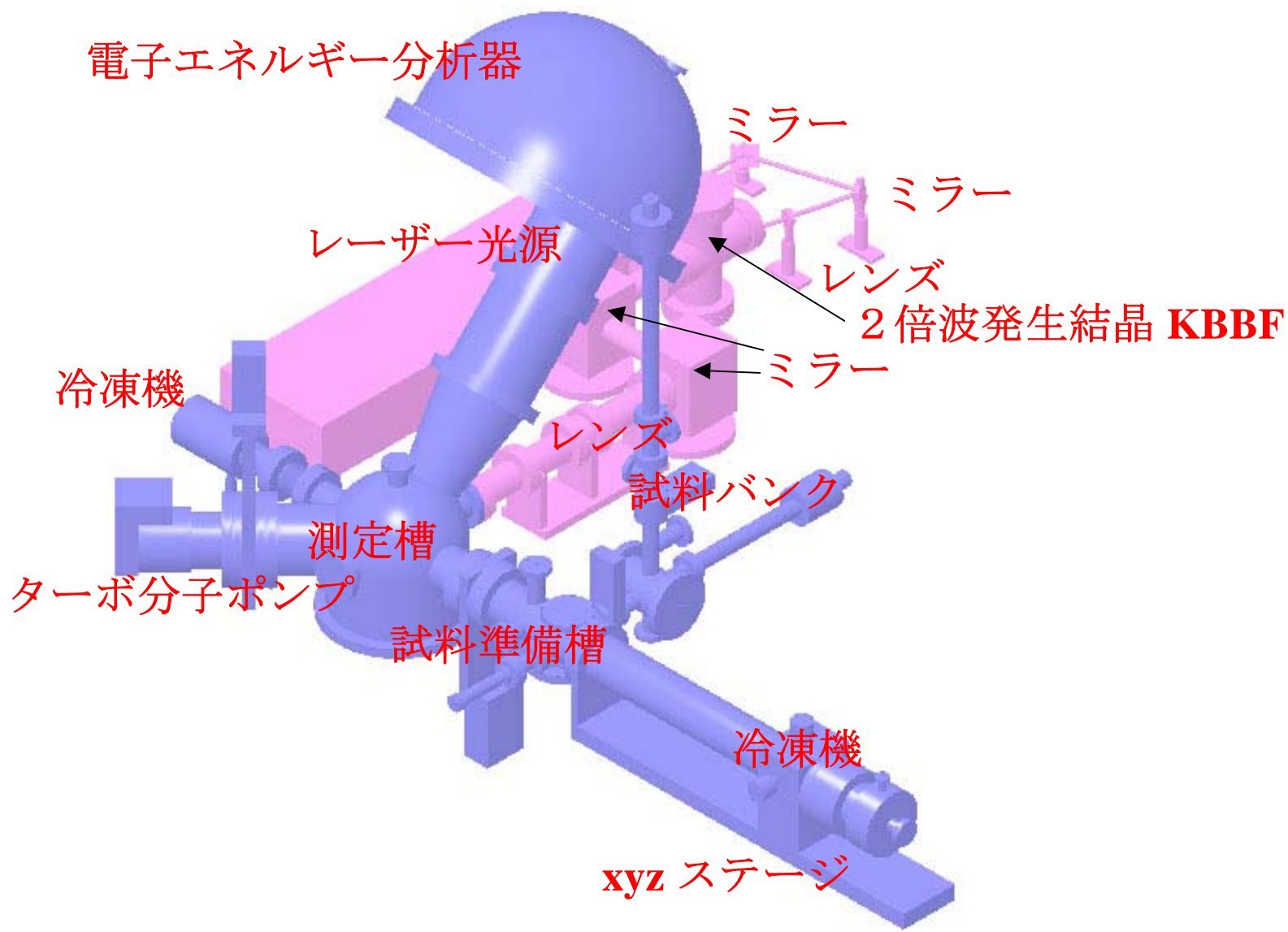


C. T. Chen, Z. Y. Xu et al, “Prism-nonlinear optical crystal coupler for frequency conversion”
特許 No. ZL. 01115313.x (中国), 10/125,024 (アメリカ合衆国)

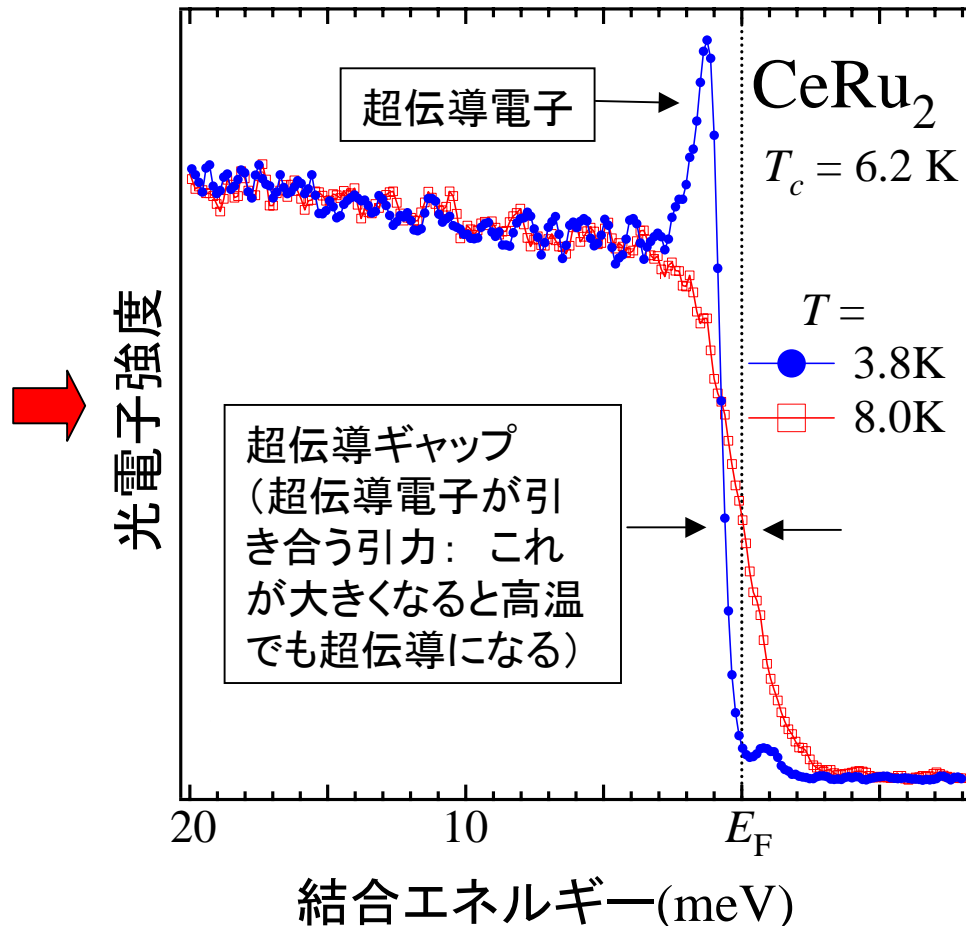
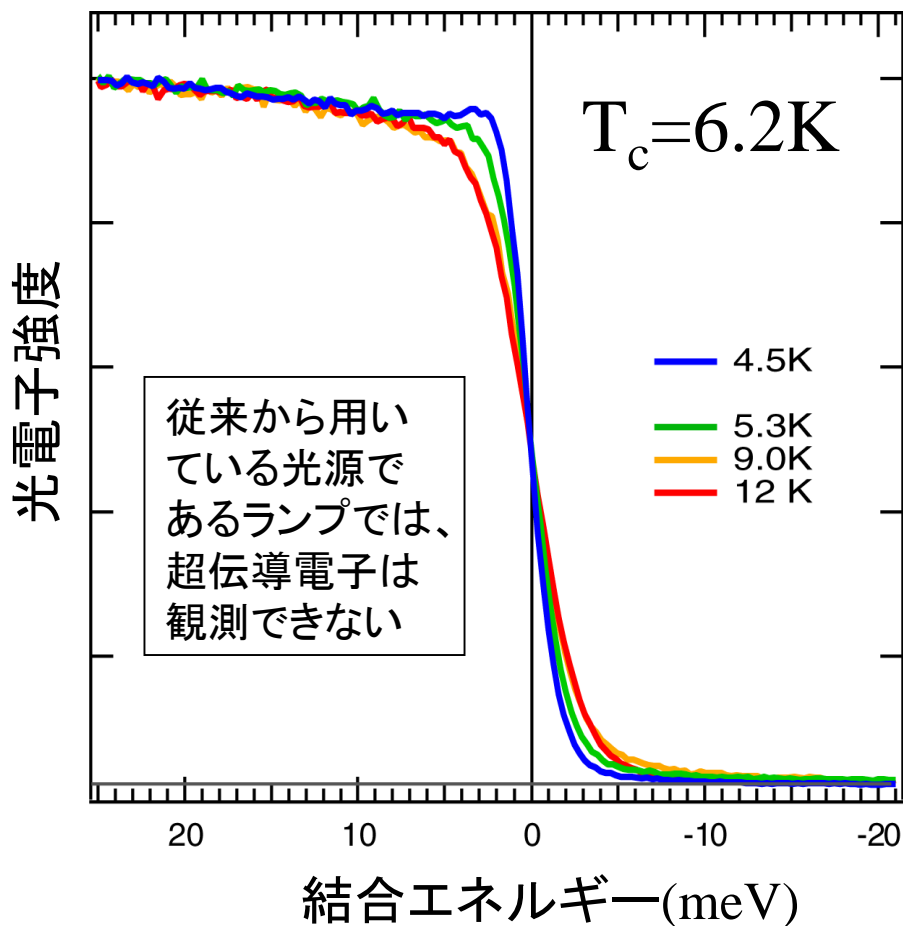
レーザー励起光電子分光装置



レーザー励起光電子分光装置

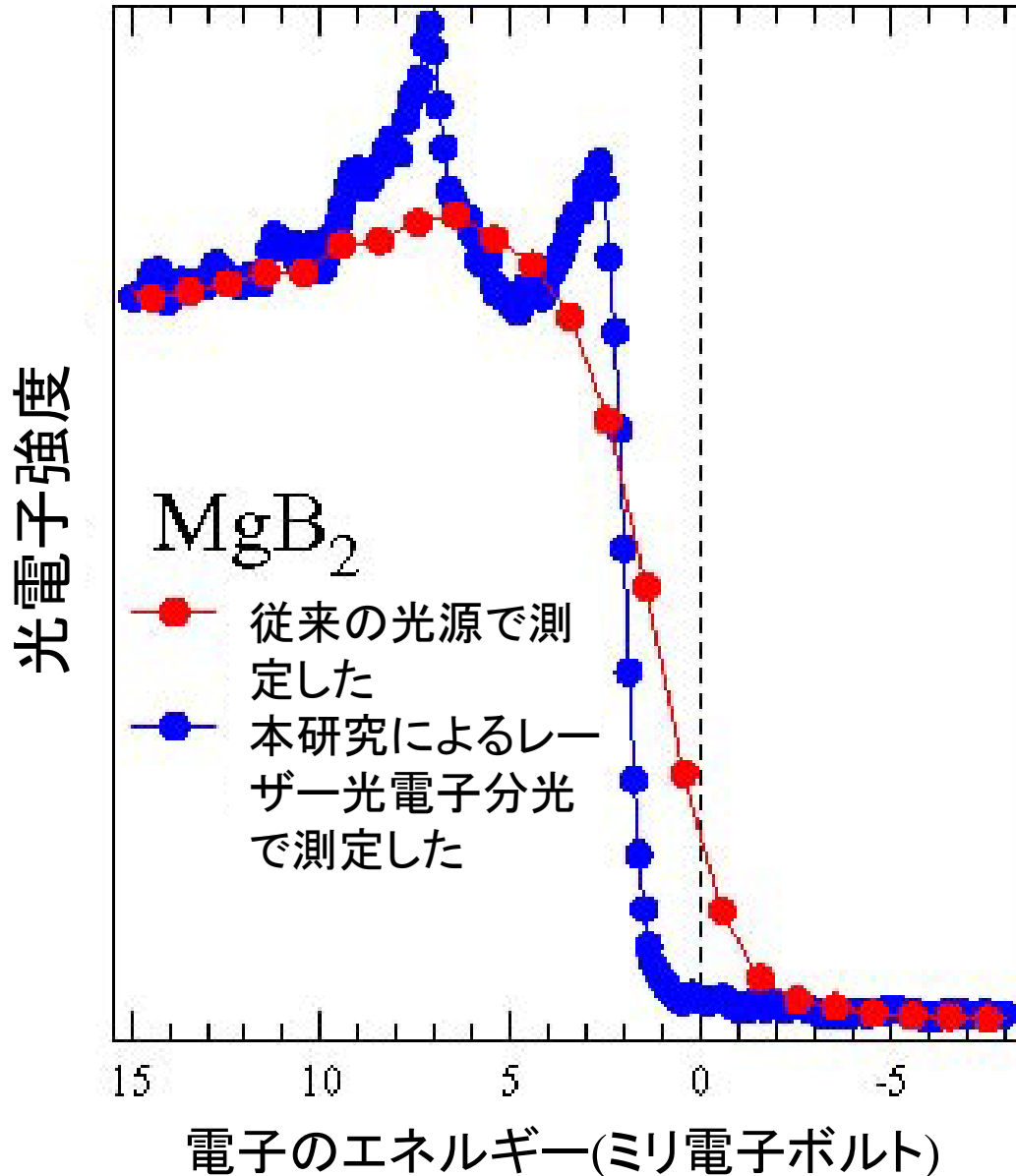


セリウムルテニウム(CeRu₂)の 超伝導メカニズムの解明



レーザー光電子を用いて初めて超伝導ギャップ観測に成功

ホウ化マグネシウム (MgB_2) の超伝導機構の解明



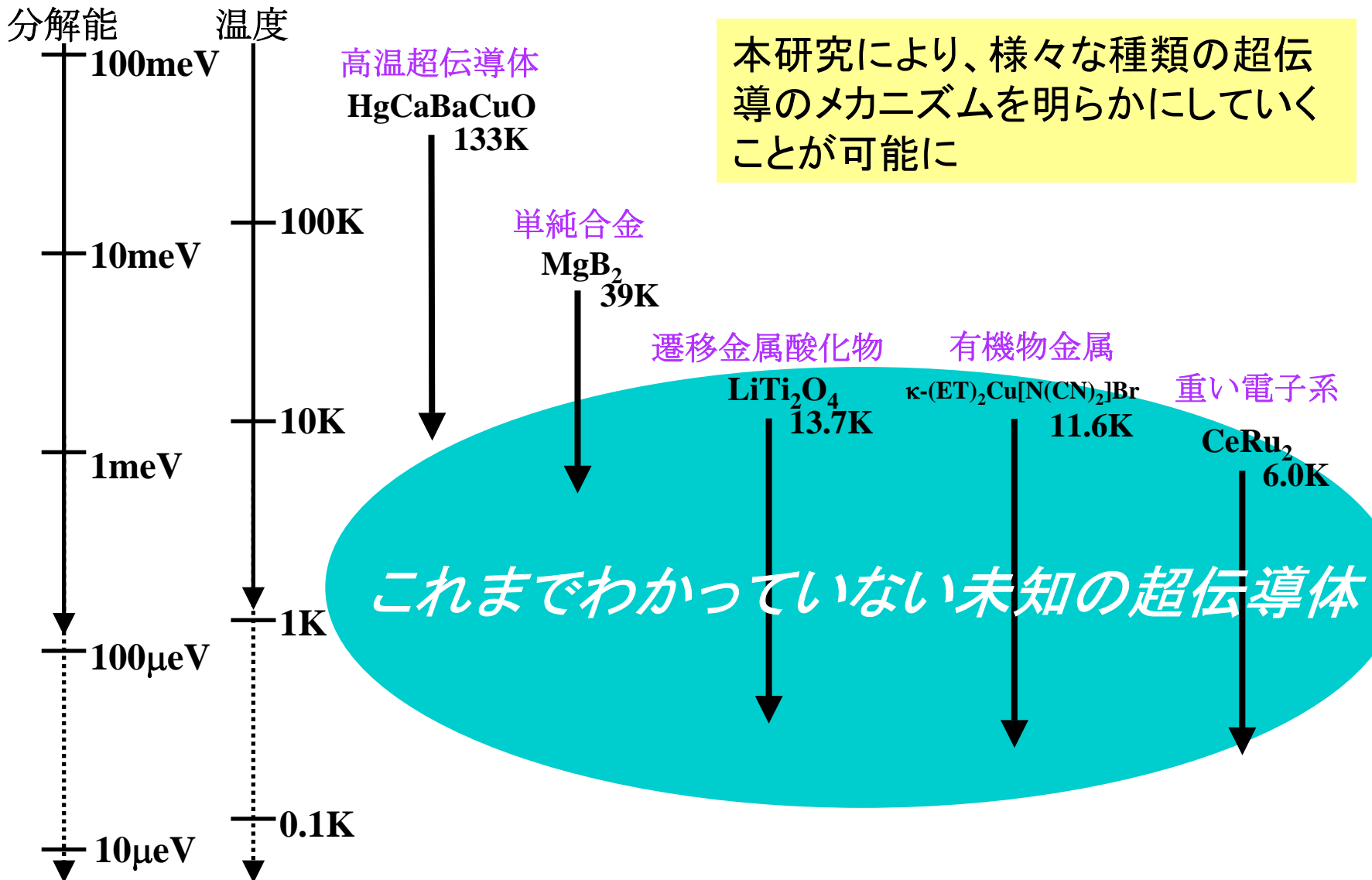
ホウ化マグネシウム (MgB_2) の超伝導ギャップ。レーザー光電子によって、二つあることがはっきりと観測された。



複雑な超伝導機構

参考：ホウ化マグネシウムは秋光先生(青山学院大学)によって日本で最近発見された超伝導体。転移温度39Kは合金としては世界最高

様々な超伝導物質の開発

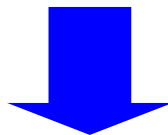


電子状態の解明が超伝導を明らかにする

実際に超伝導を担っているのは電子

電子状態を直接観測する

光電子分光がもっとも直接的な実験手法



どのような電子が超伝導を担うのか？

あらゆる超伝導体で研究を行う

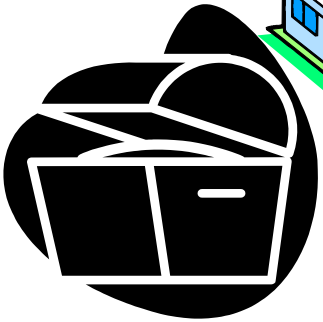
理論グループへ

超伝導を起こす電子をもつ物質の設計

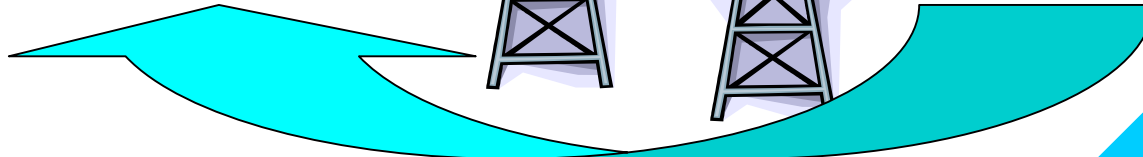
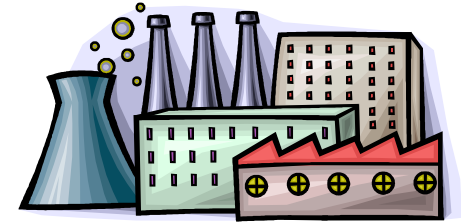
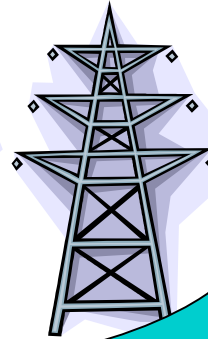
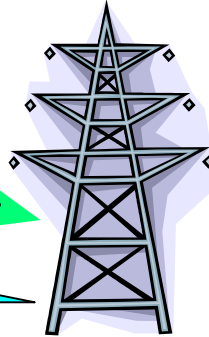
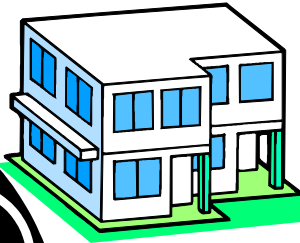
作成グループへ

より高い T_c を持つ超伝導体

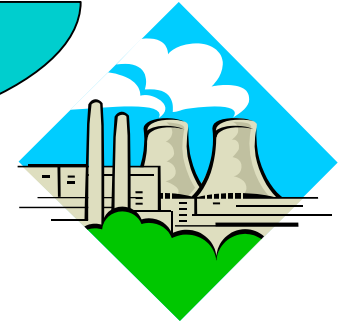
超伝導体の応用例



電力の蓄積



ロスのない電力輸送



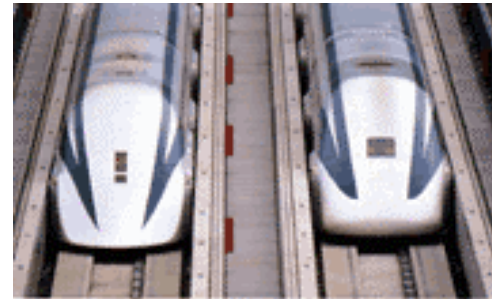
核融合



電磁フィルター



スーパーコンピュータ



リニアモーターカー