

田部 勢津久 研究室

21世紀のフォトニクス技術を支える新しい光機能性材料の開発を目指し、太陽電池用波長変換材料、白色LED用蛍光体や通信用光ファイバ増幅器のための光学セラミックス、単結晶、レーザガラスなどの材料合成と、その固体光物性に関する研究を展開

教授	田部 勢津久
助教	許 健
博士課程	2人
修士課程	4人
研究生	1人
秘書	片山 歩美



<http://www.talab.h.kyoto-u.ac.jp>

グリーンテクノロジーのための フォトンクス材料研究室

光ファイバ通信
固体照明
=白色LED
太陽光発電



<http://www.talab.h.kyoto-u.ac.jp/>

環境、経済、社会に持続可能性を与える光に関連する技術システム

グリーン

フォトンクス

エネルギー生成 ● 太陽光発電



半永久的に持続可能なエネルギー
希土類イオンを使った波長変換(発光)材料

省エネルギー材料

● LED照明、ディスプレイ、光情報通信





次世代フォトニクスへ 向けたガラス材料開発

希土類イオンの電子遷移
を利用した蛍光体の開発

Tm³⁺, Eu²⁺, Ce³⁺, Eu³⁺, Sm³⁺

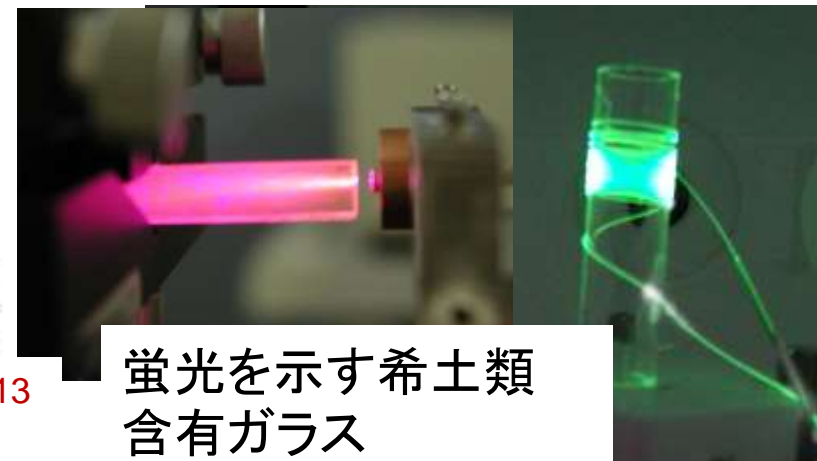
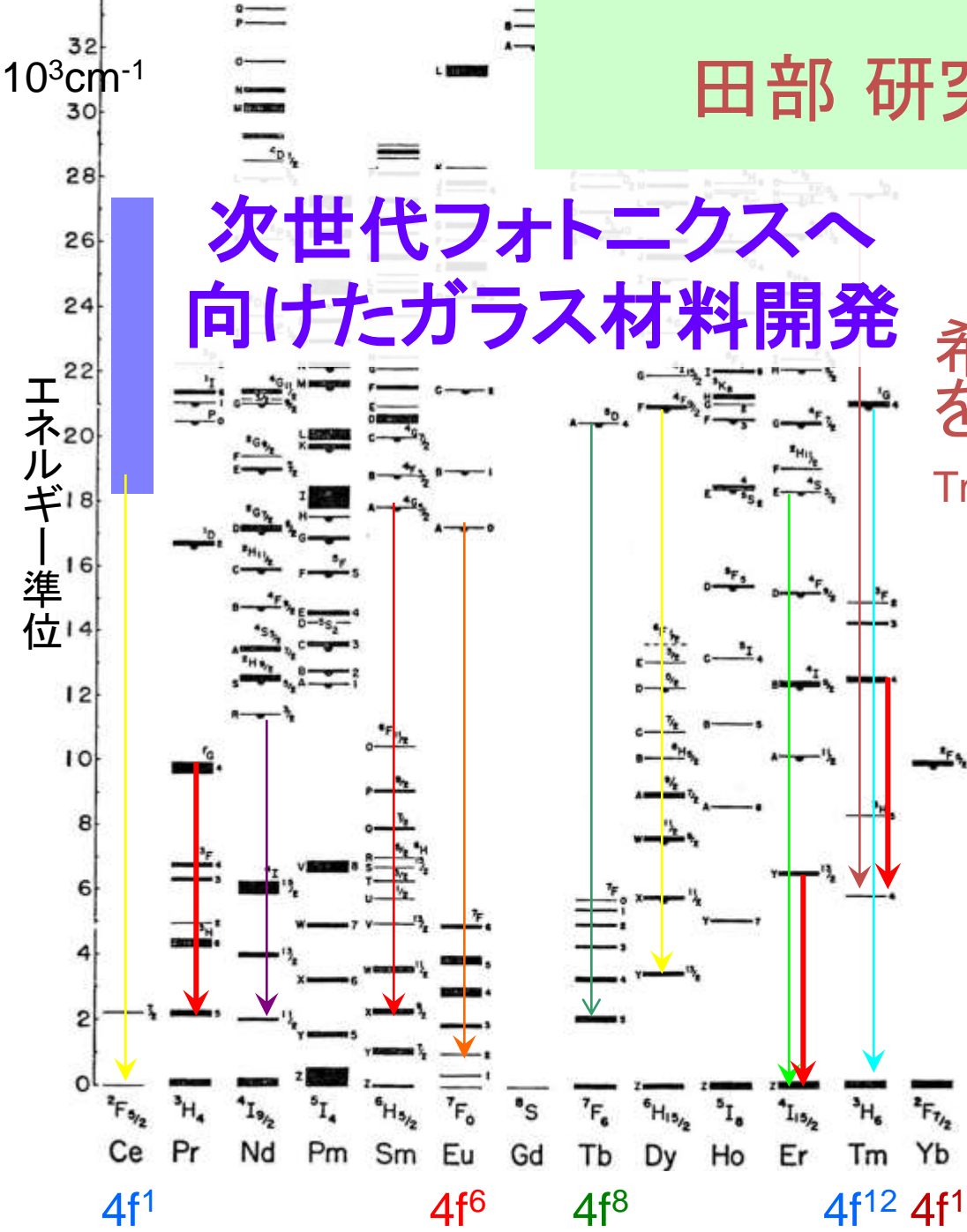
光ファイバ通信のためのレーザ光
増幅器

Pr³⁺: 1.3μm Tm³⁺: 1.46μm

Er³⁺: 1.55μm

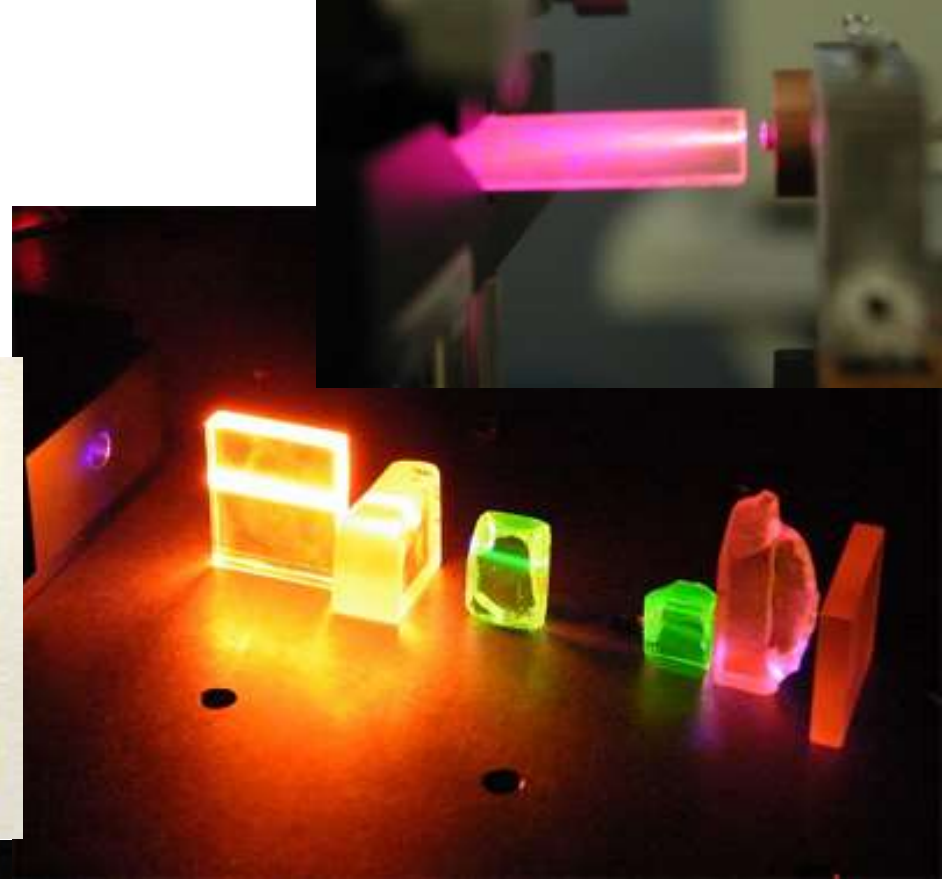
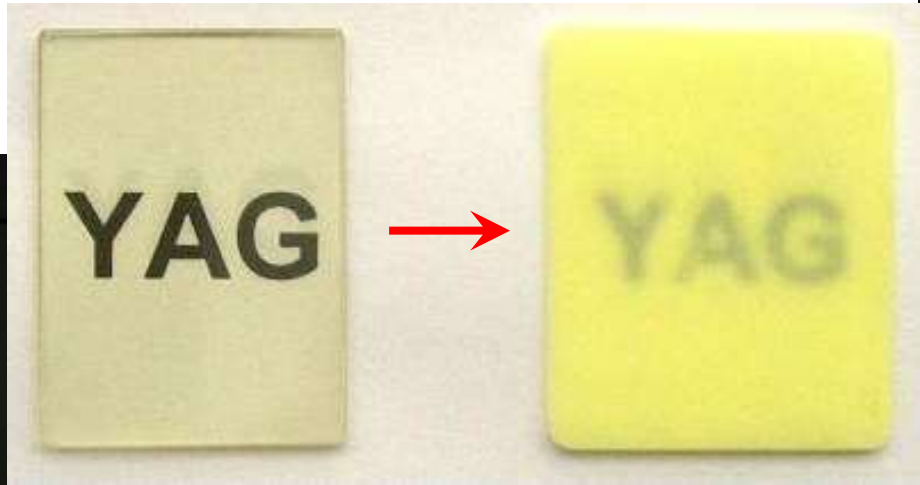
エネルギー準位

10³cm⁻¹



蛍光を示す希土類
含有ガラス

ガラスを作る, 光らせる



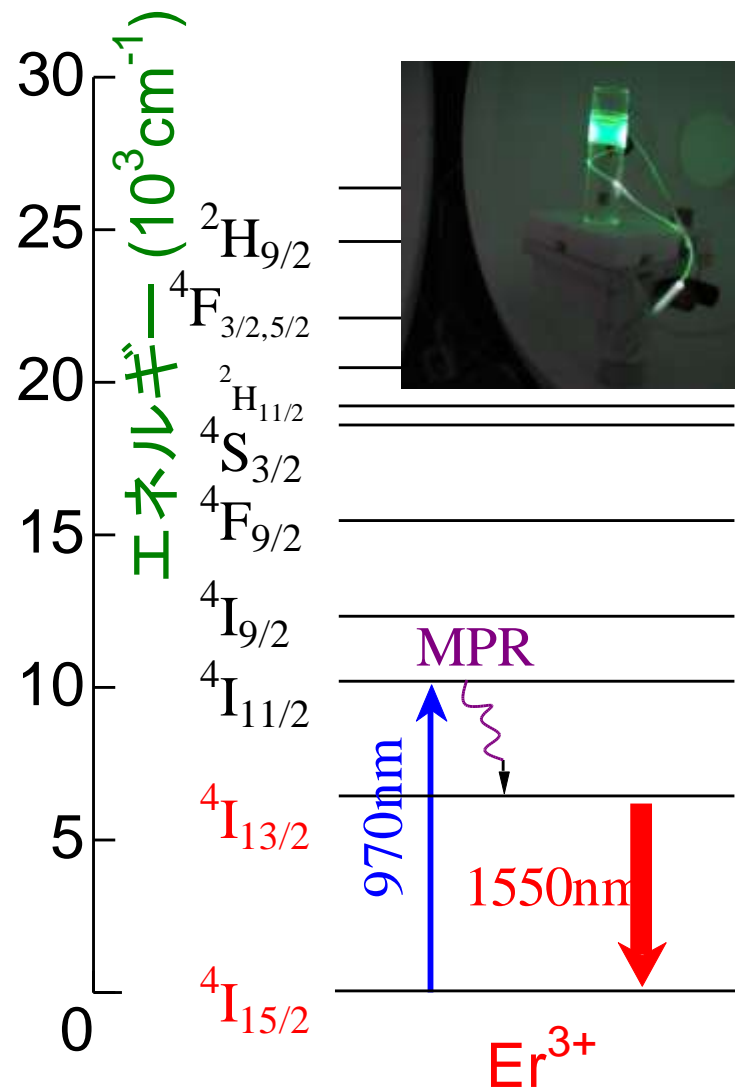
長距離通信の実現のために 光増幅器とは

Er³⁺イオンの4fエネルギー準位を利用した信号光増幅

励起光による反転分布 →
誘導放出による光増幅

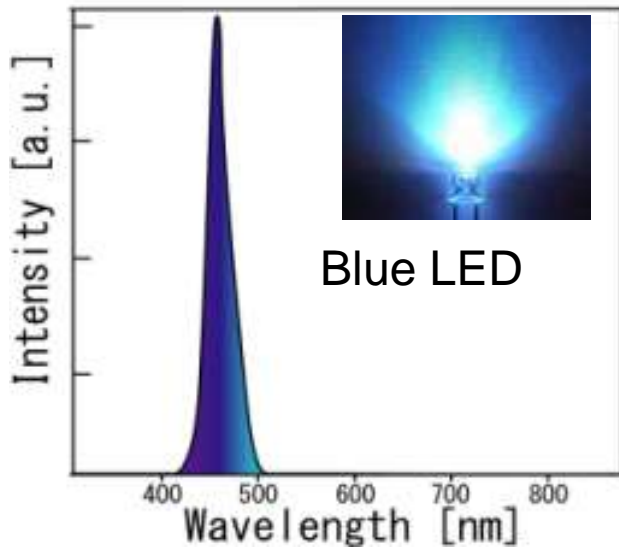
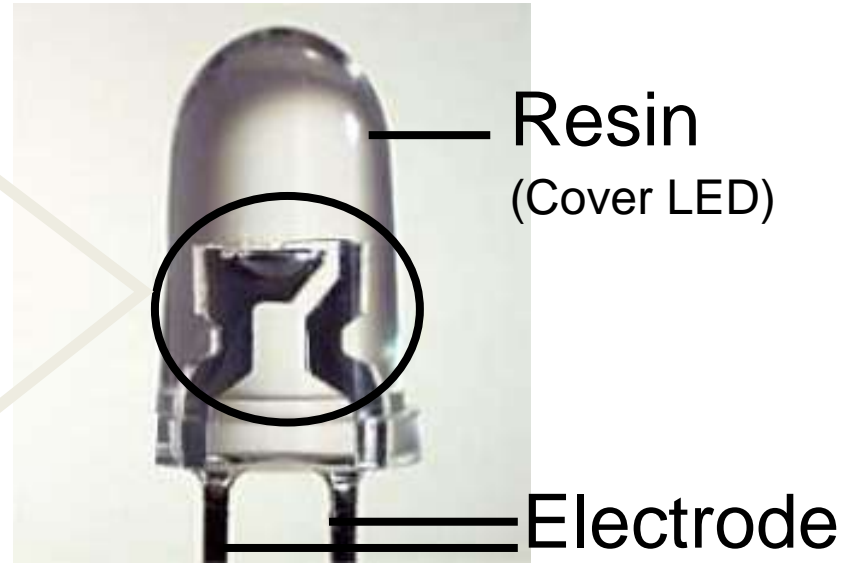
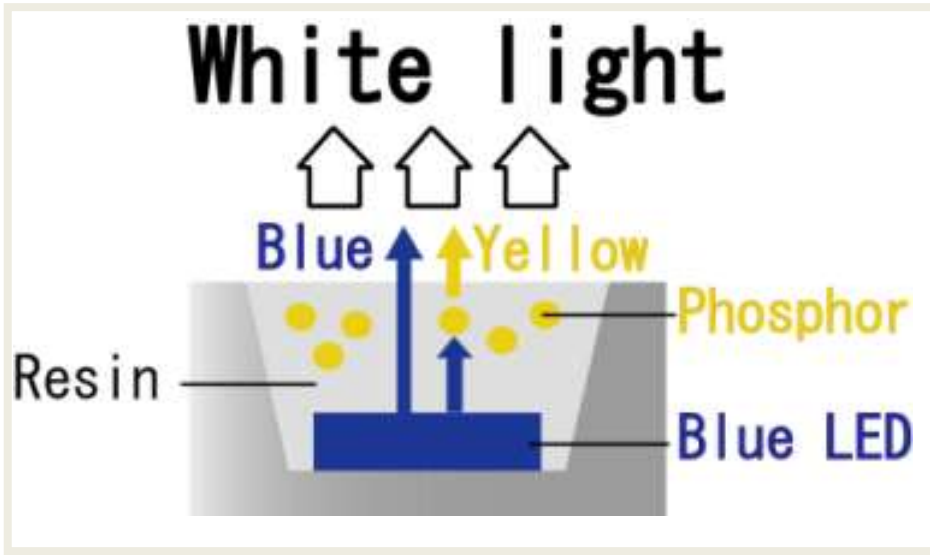


Er³⁺イオンの4f電子
エネルギー準位.

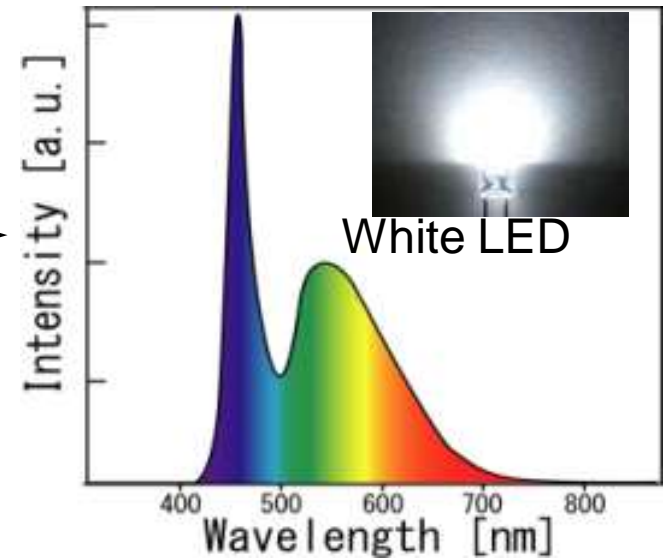
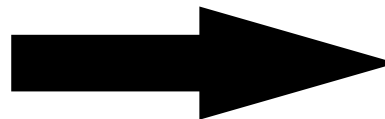


白色 LED用ガーネット蛍光体

青色LED + 黄色蛍光体 (可視蛍光体が重要)



蛍光体を添加





京都大学
KYOTO UNIVERSITY

Garnet and Perovskite hosts accommodate both **Lanthanide** and **transition metal ions** for persistence

Jian Xu, Daisuke Murata, Jumpei Ueda,
Setshisa Tanabe

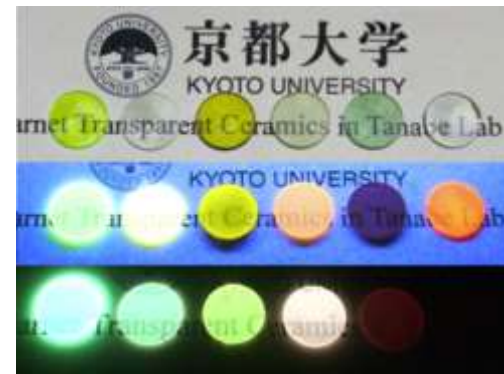
Graduate School of Human & Environmental Studies

Kyoto University

Kyoto, Japan

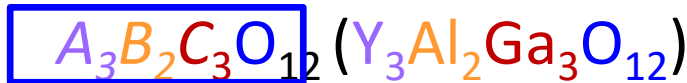


The 4th International Workshop on Persistent and
Photostimulable Phosphors (IWPPP 2018)
April. 4th -8th, 2018, Beijing, P.R. China

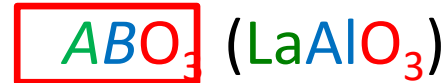


Garnet & Perovskite: REs occupy A-site & A-site

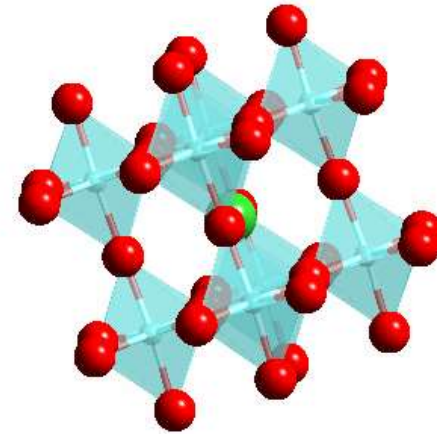
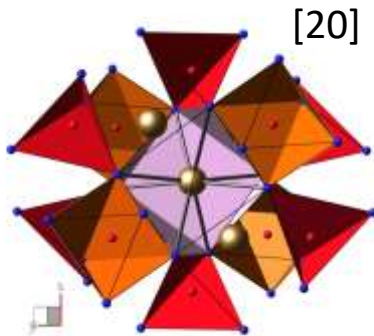
Cr³⁺ ions occupy B-site & B-site



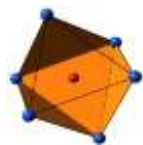
AO_n & BO₆-polyhedra: Edge-sharing [20]



Face-sharing



Sc > Cr > Ga > Al > Si



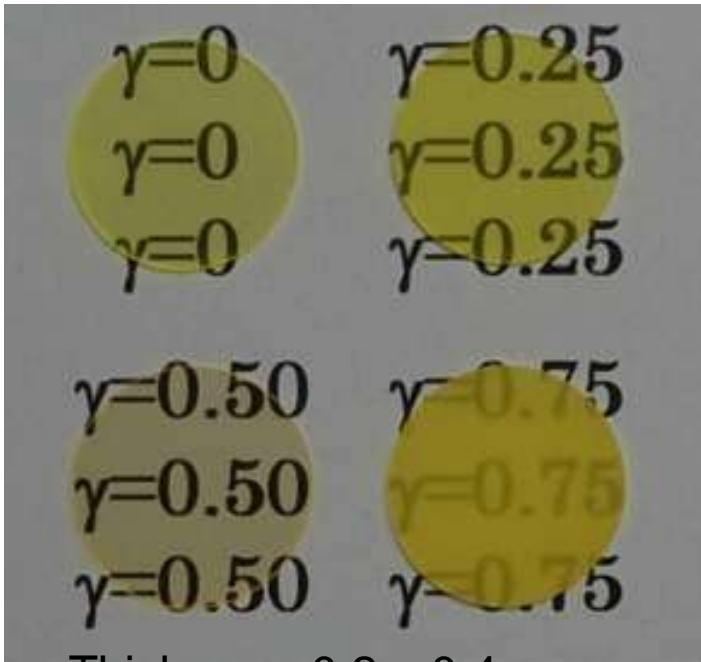
Octahedral site:
substituted with Sc, Ga



Tetrahedral site:
with Al, Ga, Si

[20] S.Tanabe, *Ceram. Jpn.* 41[9], (2006) 691-697.

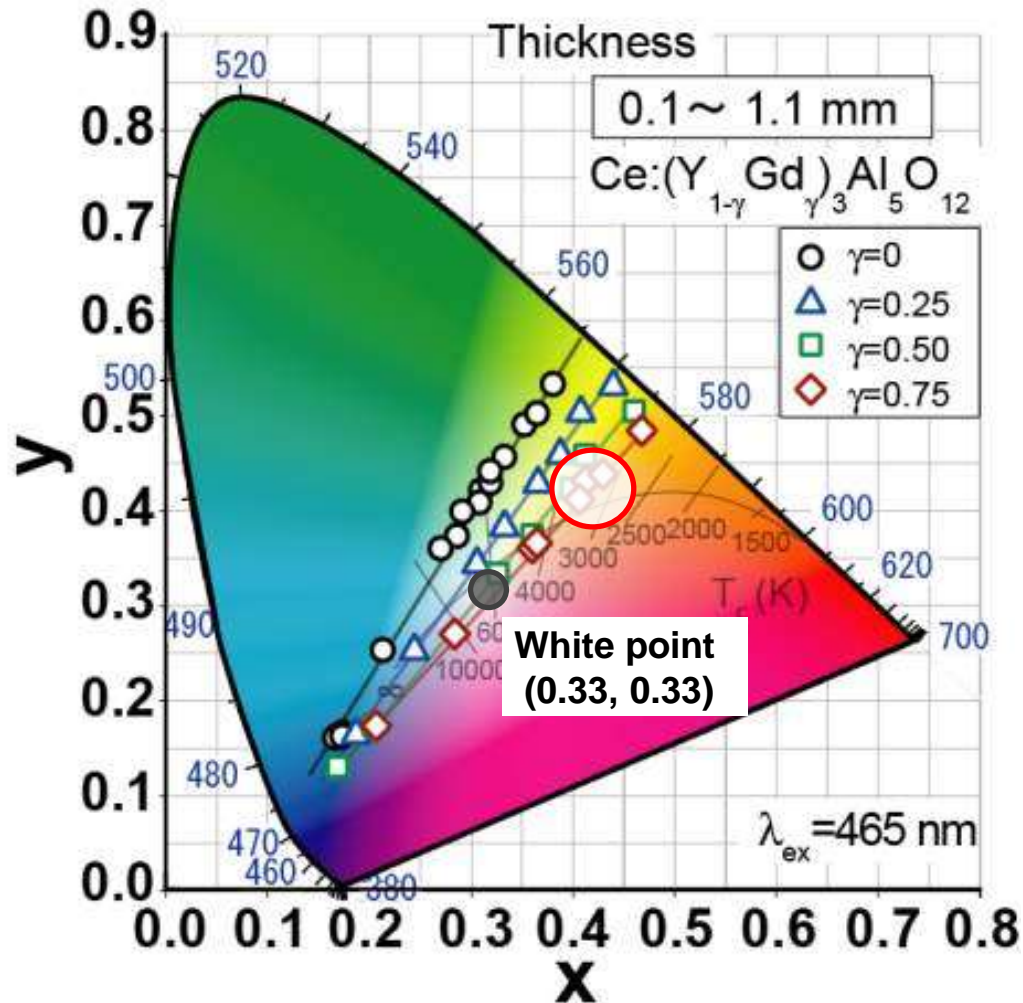
白色LED用Ce:YAGセラミック蛍光体



Thickness: 0.2 ~ 0.4 mm

$\gamma=0, 0.50$	Transparent
$\gamma=0.25$	Slightly transparent
Color: $\gamma=0 \rightarrow \gamma=0.75$	Opaque

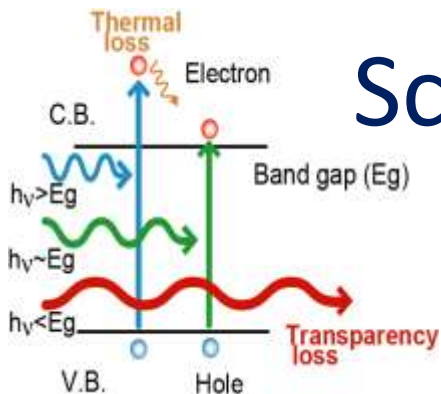
Greenish yellow \rightarrow yellow



Warm white with lower CCT is also possible!!



目標： 波長変換による Shockley-Queisser限界の打破

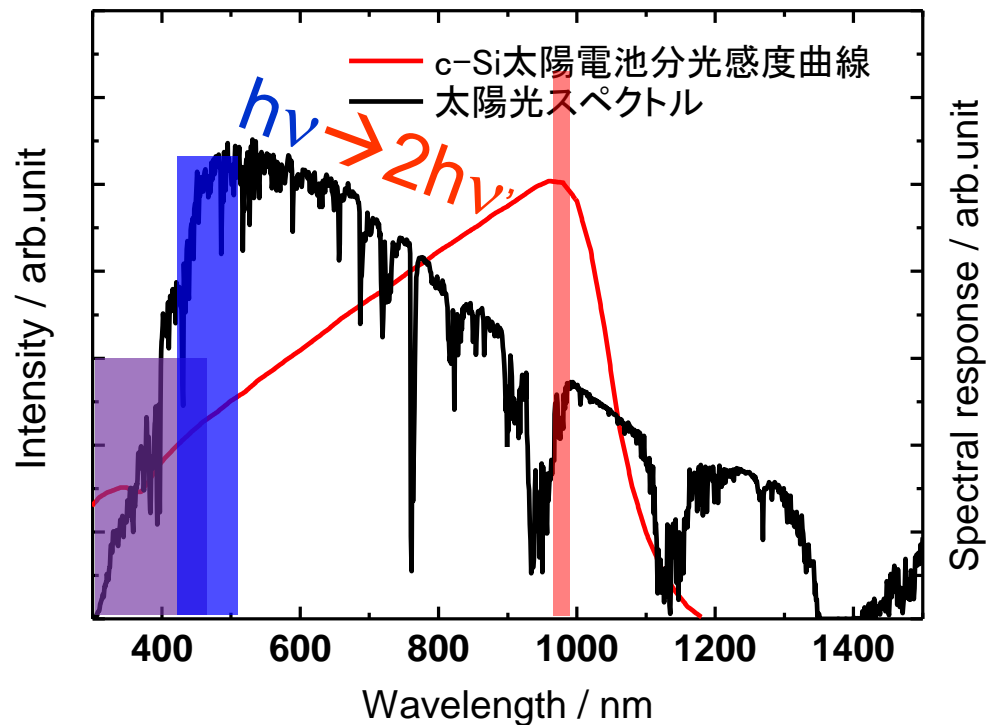


太陽光発電を高効率化するために解決すべき問題

◆c-Si太陽電池の感度ピーク(約 $1\mu\text{m}$)と太陽光スペクトルピーク(約 500nm)の不一致

理論最高変換効率 28.9%^[1]

◆量子切断波長変換材料の開発



熱損失の多い短波成分を2倍数の長波長
フォトンに変換！

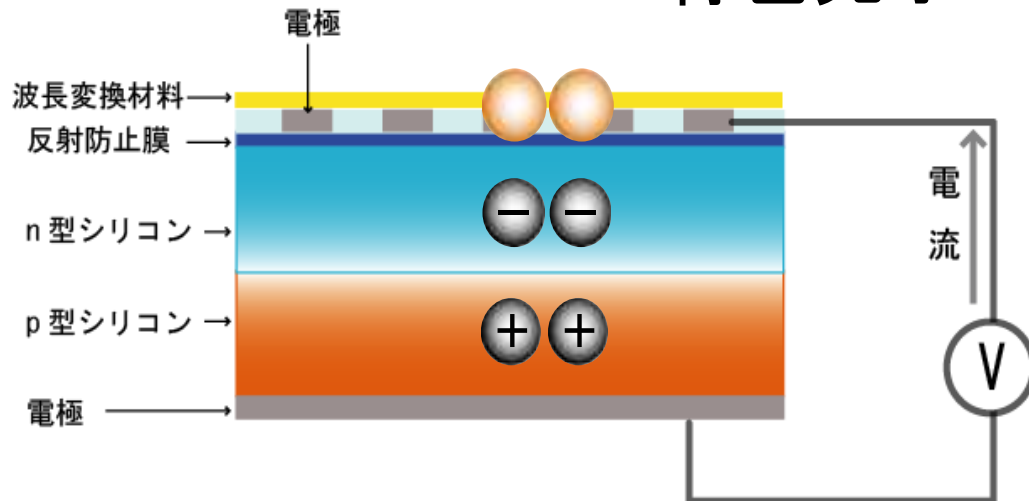
[1] W. Shockley, H. J. Queisser, *J. Appl. Phys.* **32**, 510 (1961).

量子切断による波長変換カバー材料を用いた太陽電池

●量子切断

短波長成分の1光子→長波長の2光子
量子収率が、理論的に200%

紫外 or
青色光子



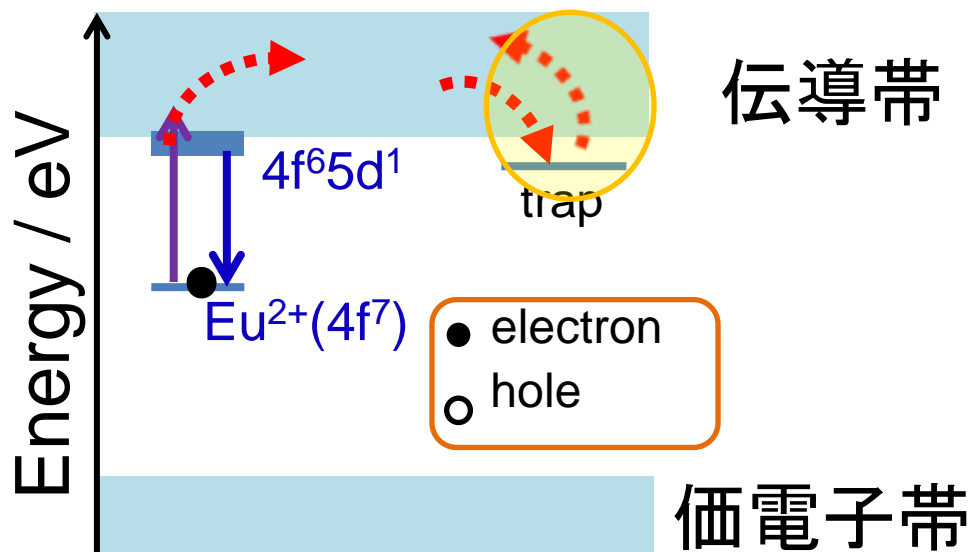
1光子から
2電子-正孔対
変換効率の向上が期待

長残光蛍光体

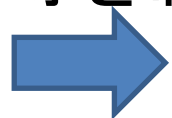
光エネルギーを蓄えて暗闇で長時間光る



長残光の機構



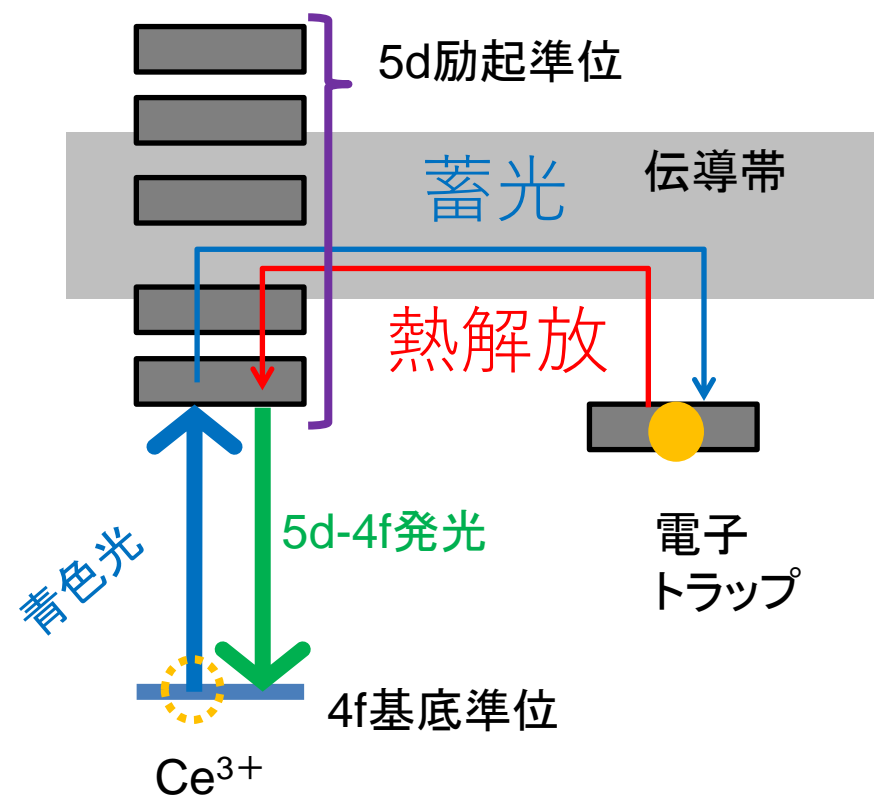
化学組成を変化させて、伝導帯、価電子帯等を制御



長残光蛍光体を開発！



電子移動を利用した長残光蛍光体への展開



長残光蛍光体

光酸化した発光中心とトラップに捕獲された電子の熱解放による再結合により、励起光遮断後も長時間発光する材料

・SrAl₂O₄:Eu²⁺-Dy³⁺:20年間トップの座
→青色LEDで構成される白色LED
照明下において、蓄光しにくい問題

Ce³⁺添加Y₃Al_{5-x}Ga_xO₁₂

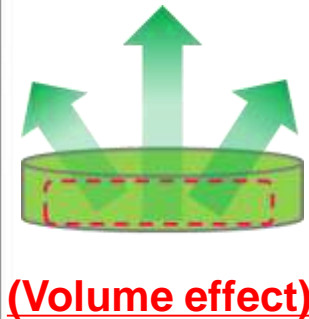
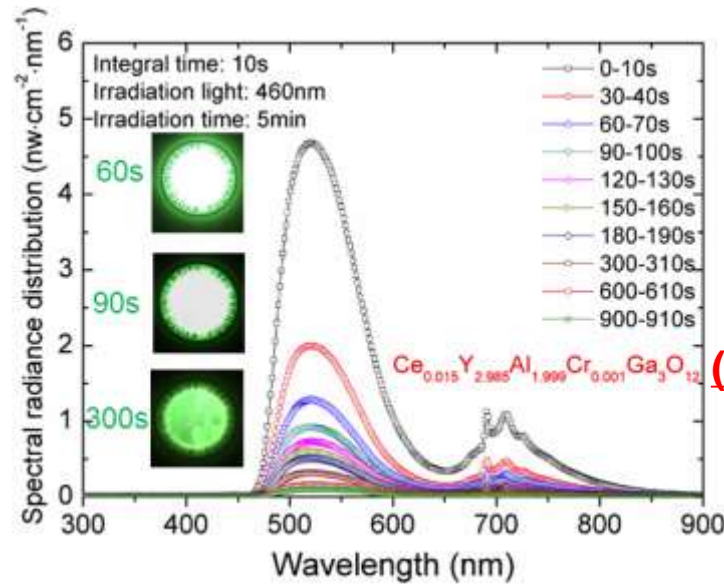
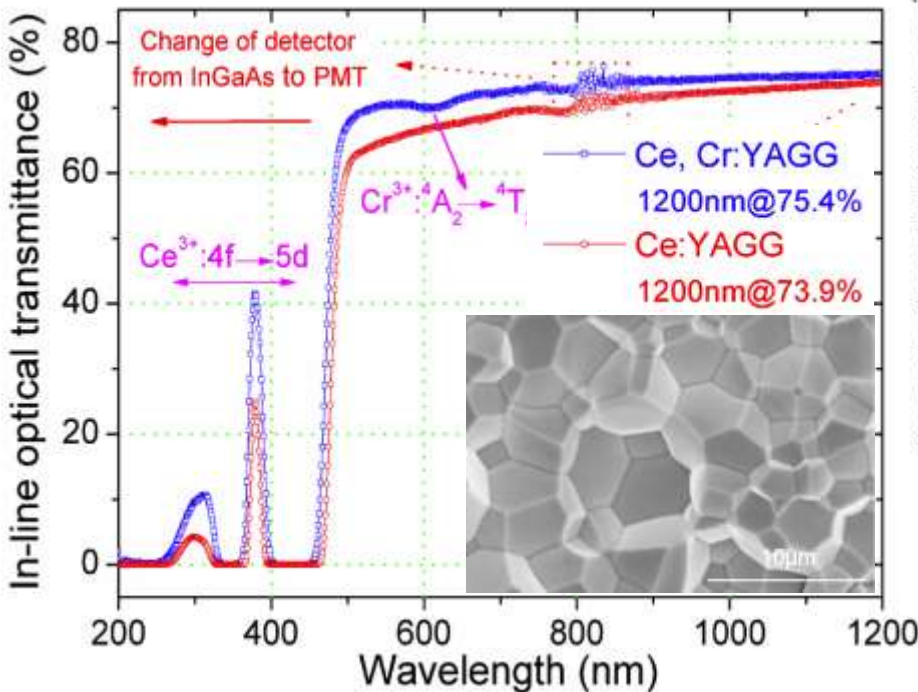
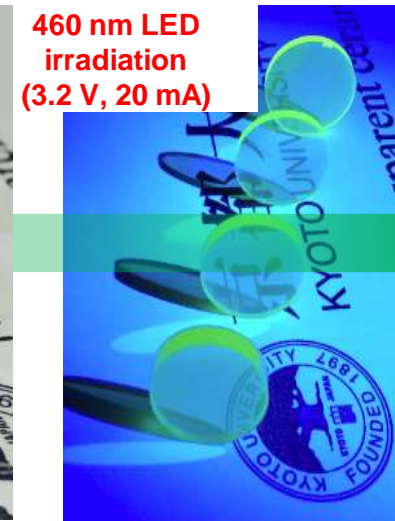
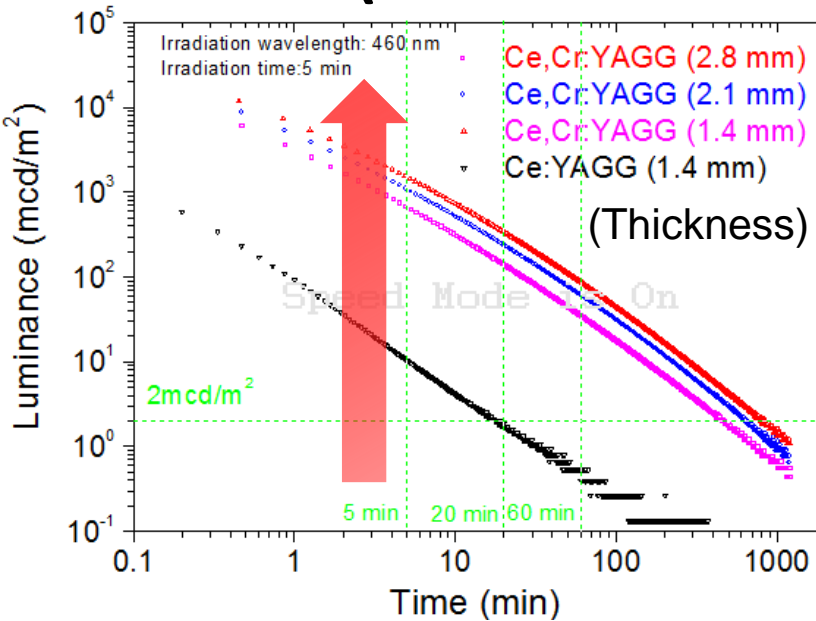
- ①強い青色光吸収
 - ②青色光による電子移動
 - ②Al/Ga組成制御による
 - ・5dエネルギー準位の結晶場分裂制御
 - ・バンドギャップエネルギー制御
- 電子移動効率を制御

長残光特性向上のために
電子トラップの最適化が必要

価電子帯



ガーネット(立方晶)の透光性セラミック蛍光体 → 超長残光



Light stored inside the transparent ceramic can transmit through the surface and emit the persistent luminescence with **thermal stimulation**

物質機能相關論分野 (田部研2017博士修了) 許健さん (中国留学生)

第18回丸文財団交流研究助成
(150万円) を受賞



第10回JSPS HOPEフェローに選出され
(Best Team Presentation Award) を受賞



天野浩教授(2014年ノーベル物理学賞)と一緒に記念撮影



梶田隆章教授(2015年ノーベル物理学賞)と一緒に記念撮影

2015/3/4 D1 許 健

第18回丸文財団交流研究助成（150万円）を受賞

博士課程1回生 許 健君の研究提案が平成26年度第18回丸文財団交流研究助成に採択され、贈呈式に出席しました。研究題目は「長残光機能を有する白色LED用セリウム添加ガーネット透光性セラミック蛍光体の創製および光物性評価」で、青色LEDの新たな応用に関する博士課程研究が認められたものです。

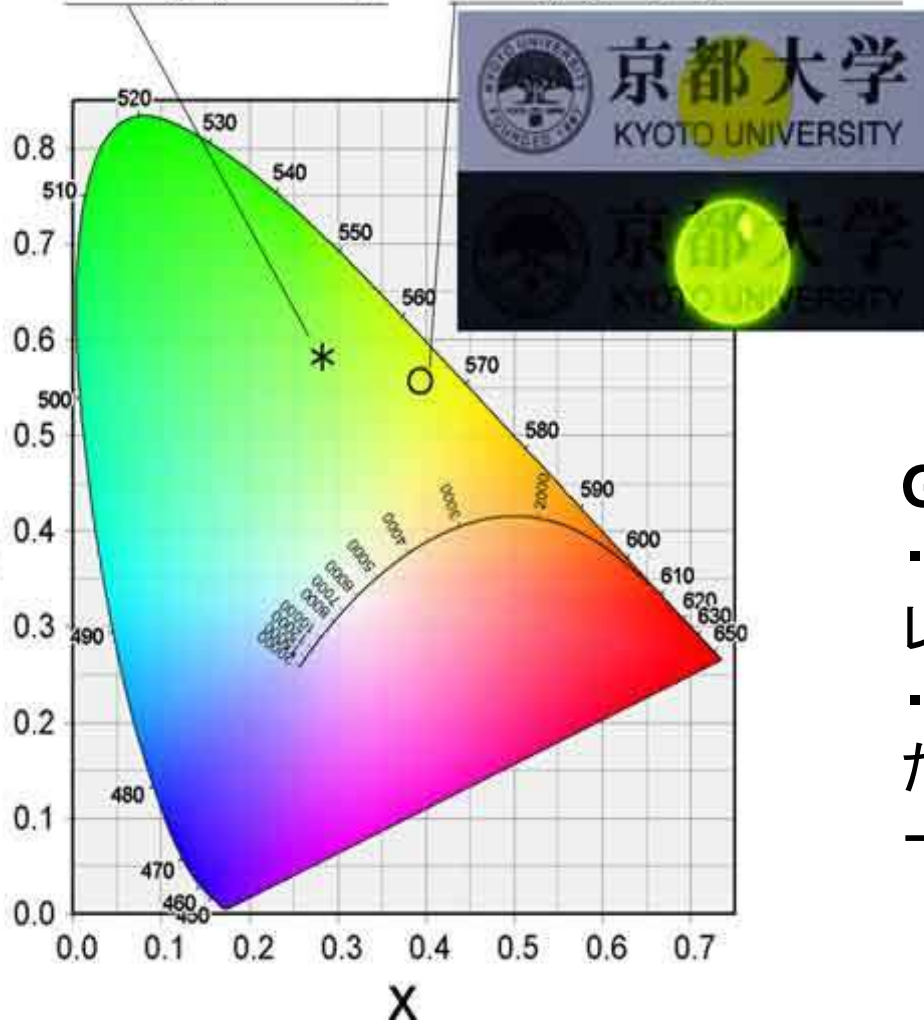


東京霞ヶ関ビルにて表彰式、水野象司理事長より賞状 授与

透光性セラミック黄色残光蛍光体の新材料へ展開

* $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}-\text{Dy}^{3+}$

○ $\text{Gd}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}-\text{Cr}^{3+}$



既存残光蛍光体

青： $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}-\text{Nd}^{3+}$

青緑： $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{18}:\text{Eu}^{2+}-\text{Dy}^{3+}$

緑： $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}-\text{Dy}^{3+}$

赤： $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}-\text{Pr}^{3+}$

強い黄色残光蛍光体の
報告なし!!

$\text{Gd}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}-\text{Cr}^{3+}$ [5]

- ・強い結晶場により Ce^{3+} 発光がレッドシフト、黄色残光を実現
- ・セラミックスの透光性化による表面だけでなくバルク全体の蓄光、残光
→不透明試料と比べて

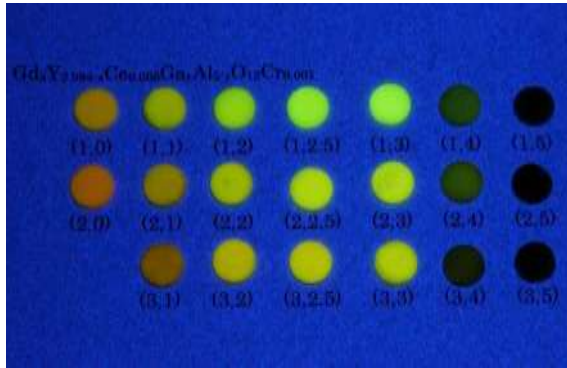
2倍程度残光輝度が向上

- ・**APEX**のSpotlight論文に選択!
- ・ファインセラミックスレポートに
総説(**FC Report** 32 (2014) No. 3)

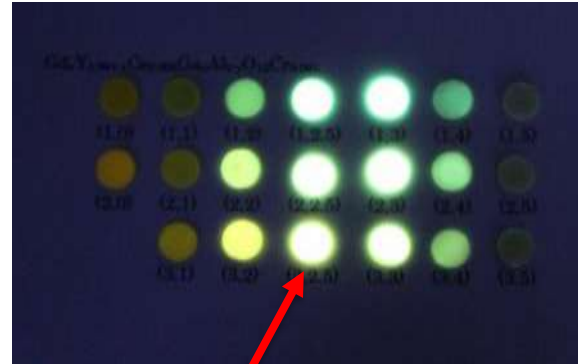
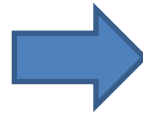
[5] J.Ueda, K.Kuroishi, S.Tanabe,
Appl. Phys. Express, 7 (2014),
062201.

博士課程3年 浅見 の研究・活動内容

青色LEDで蓄光可能な黄色長残光蛍光体の創製



青色光照射



青色光照射後
(残光)

青色蓄光黄色長残光を実現!!
6.5時間以上の残光を観測!!

UV照射で青色着色残光結晶化ガラスの創製

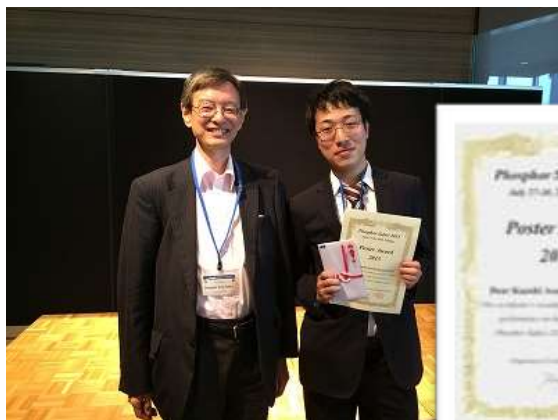


着色前

UV照射(動画)

光機能性材料の
開発!!

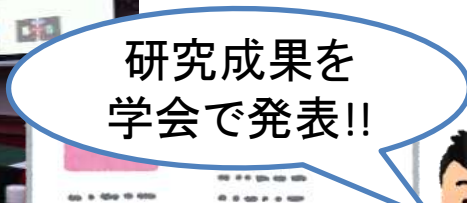




国際会議
Phosphor Safari (2015)
優秀ポスター賞
日本化学会
CSJ化学フェスタ(2015)
優秀ポスター発表賞



長残光蛍光体に関する
国際会議(4th IWPPP)
@北京 2018.4



分子科学研究所(愛知県岡崎市)での研究
(蘭・Utrecht大 Meijerink教授と)



ICG Summer schoolに参加
(仏・Montpellier 2016.7)



2015/8 M2 浅見 一喜
第47回 夏季ガラス若手セミナー
「Excellent Presentation Award
(ポスター優秀賞)」を受賞

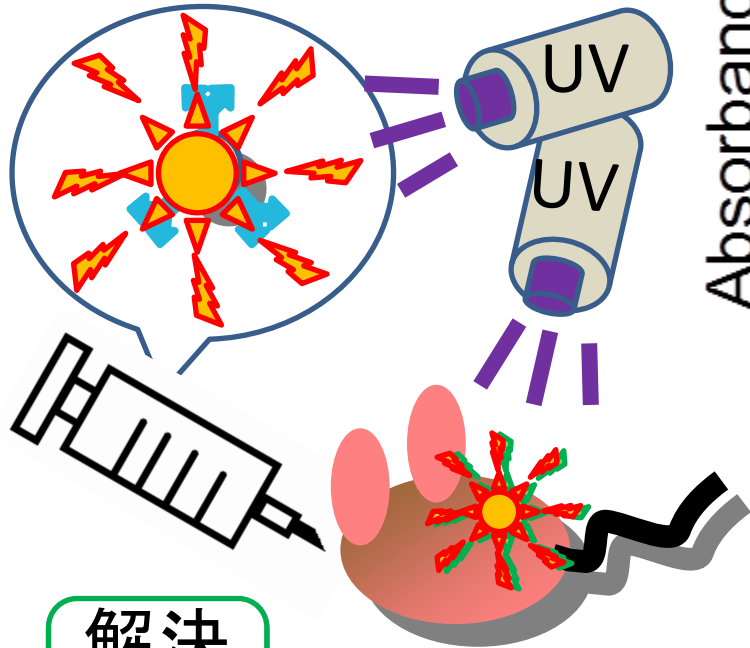
2015/10/13-15
日本化学会主催の第5回
CSJ化学フェスタ2015にて
優秀ポスター賞を受賞



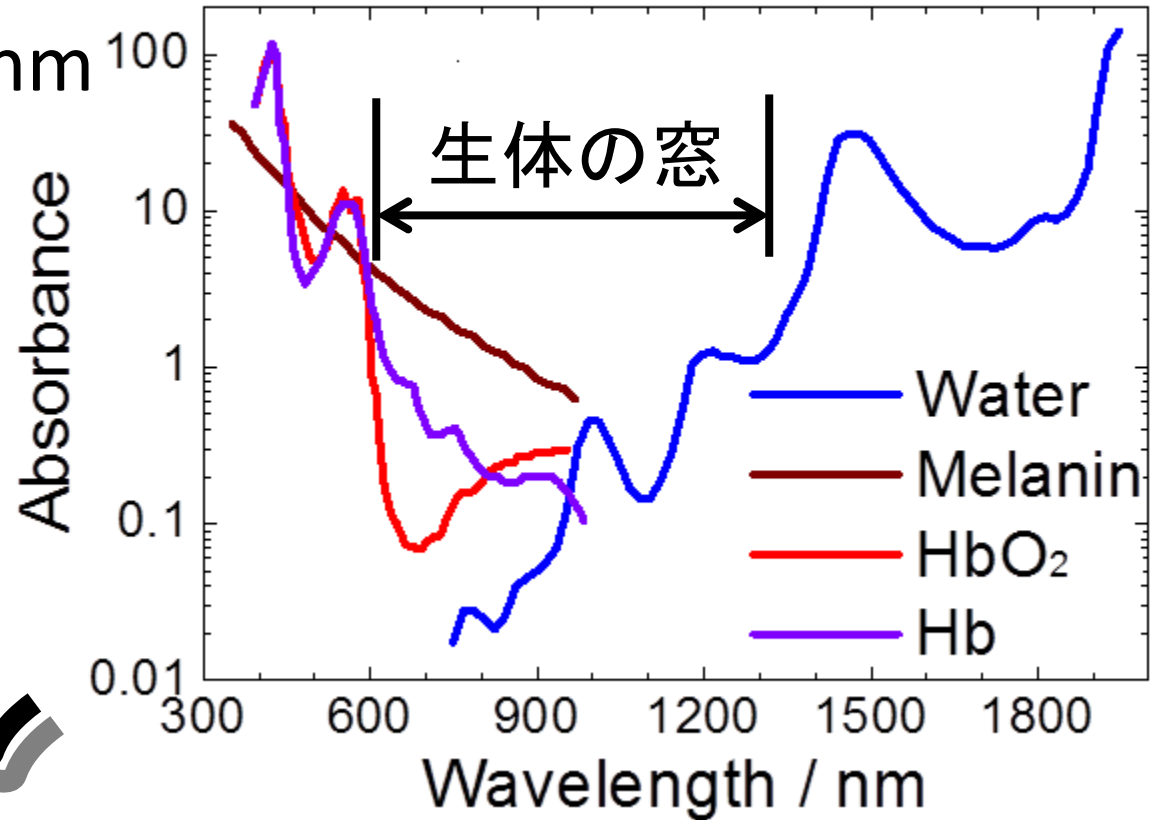
生体の窓 : Optical Window

600 ~ 1300 nm

抗体修飾ナノ粒子



生体組織の吸収スペクトル^[2]

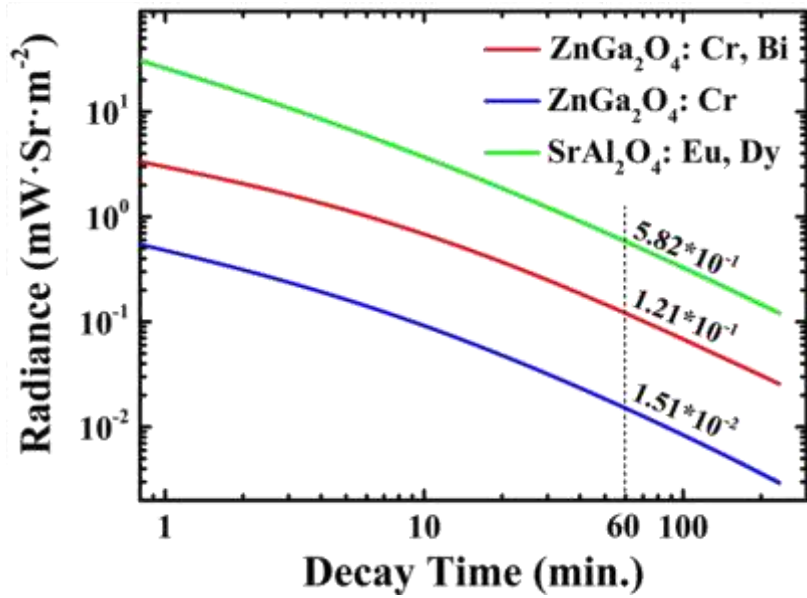
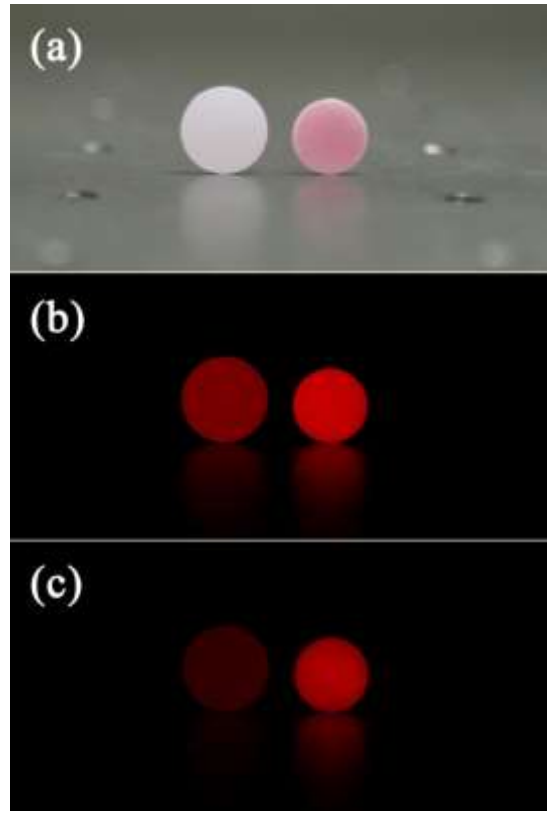


解決

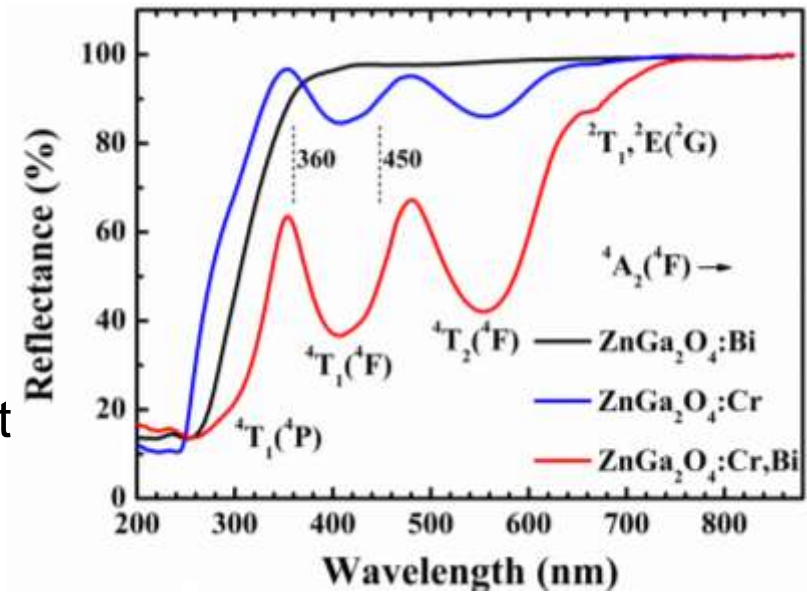
- ・生体へのUV照射は有害でないため安全
- ・生体組織による自家蛍光, 散乱, 吸収の影響が少なく高S/N

Red Pers. Lumin. in $ZnGa_2O_4:Cr^{3+}$ improved by Bi_2O_3 codoping

Photos of Cr-doped (left) and Cr,Bi-doped (right) $ZnGa_2O_4$



Persistent Luminescence Decay Curves



Diffusive Reflectance Spectra

(a) under white fluorescent light
 (b) under 330 nm excitation
 (c) 30 s after removal of excitation

[15] Y. Zhuang, J. Ueda, S. Tanabe, *Appl. Phys. Express* 6[5], (2013) 052602.

国際会議にて

D3 庄逸熙



国際会議バンケット受賞式
で最優秀賞を審査委員長の
Georges Boulon教授(Lyon
大学, 仏学士院会員,
Optical Materials誌編集長)
より受け取る 庄逸熙



最優秀口頭発表者賞



京都大学

KYOTO UNIVERSITY

YAGG:Ce-Cr

GAGG:Ce-Cr

YAGG:Cr

arnet Transparent Ceramics in Tanabe Lab

YAGG:Tb-Cr

YAGG:Pr-Cr

GGG:Cr-Eu

UV irradiation (254 nm)

arnet Transparent Ceramics in Tanabe Lab

100s after light ceasing

arnet Transparent Ceramics

2016/4/25 D3 許健

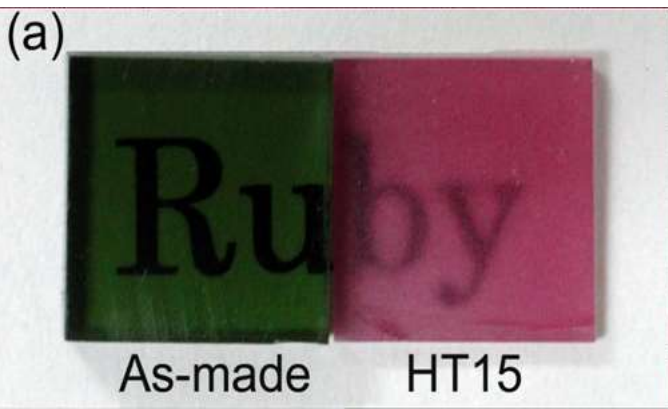
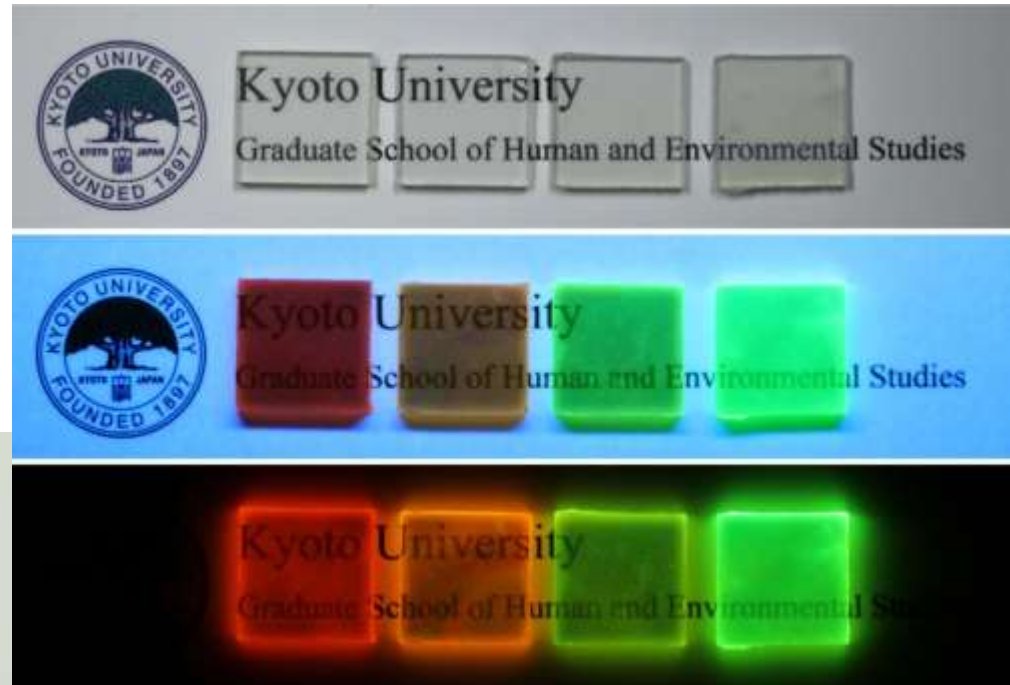
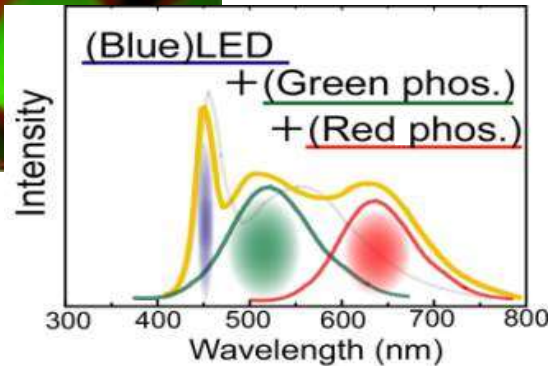
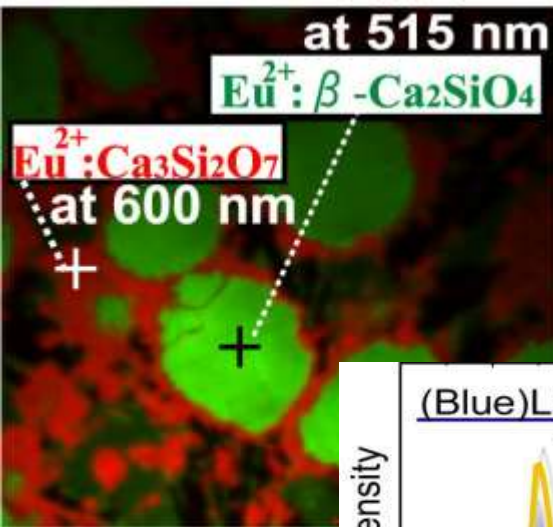
[Chinese Government Award for Outstanding Self-financed Students Abroad]

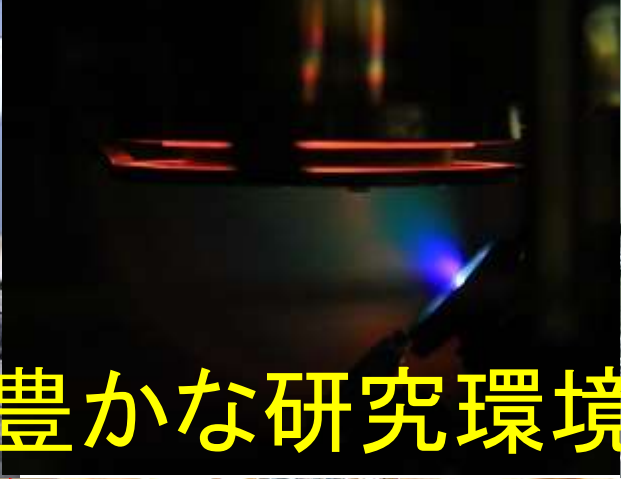
博士課程3回生 許健君は「2015年度中国優秀私費留学生奨学金」を中国国家留学管理委員会から受賞致しました。この賞は中国政府が毎年、海外の大学院で傑出した業績を挙げた私費留学博士課程院生を表彰するために、2003年に設立された制度です。全日本毎年30名以下程度が選ばれる栄誉です。



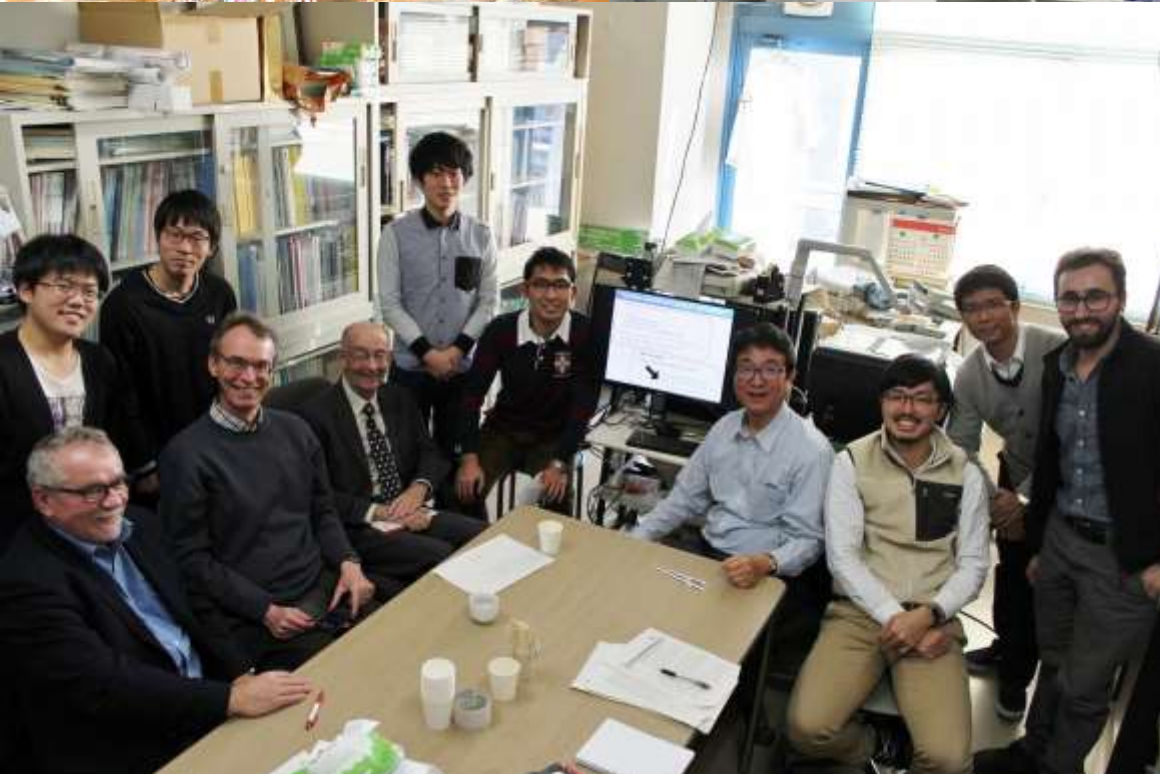
中国駐日大使館（東京）にて表彰式、程永華駐日全権大使と一緒に記念撮影

結晶化で機能発現





豊かな研究環境
各国から見学者多数

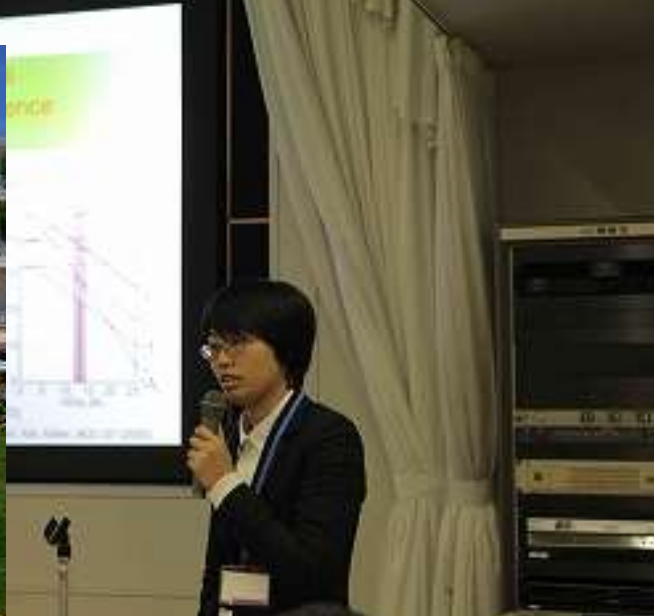


<http://www.ta>





国際会議で発表



<http://www.talab.h.kyoto-u.ac.jp/>

2017年12月ローマ



2017年5月ハワイ島,

