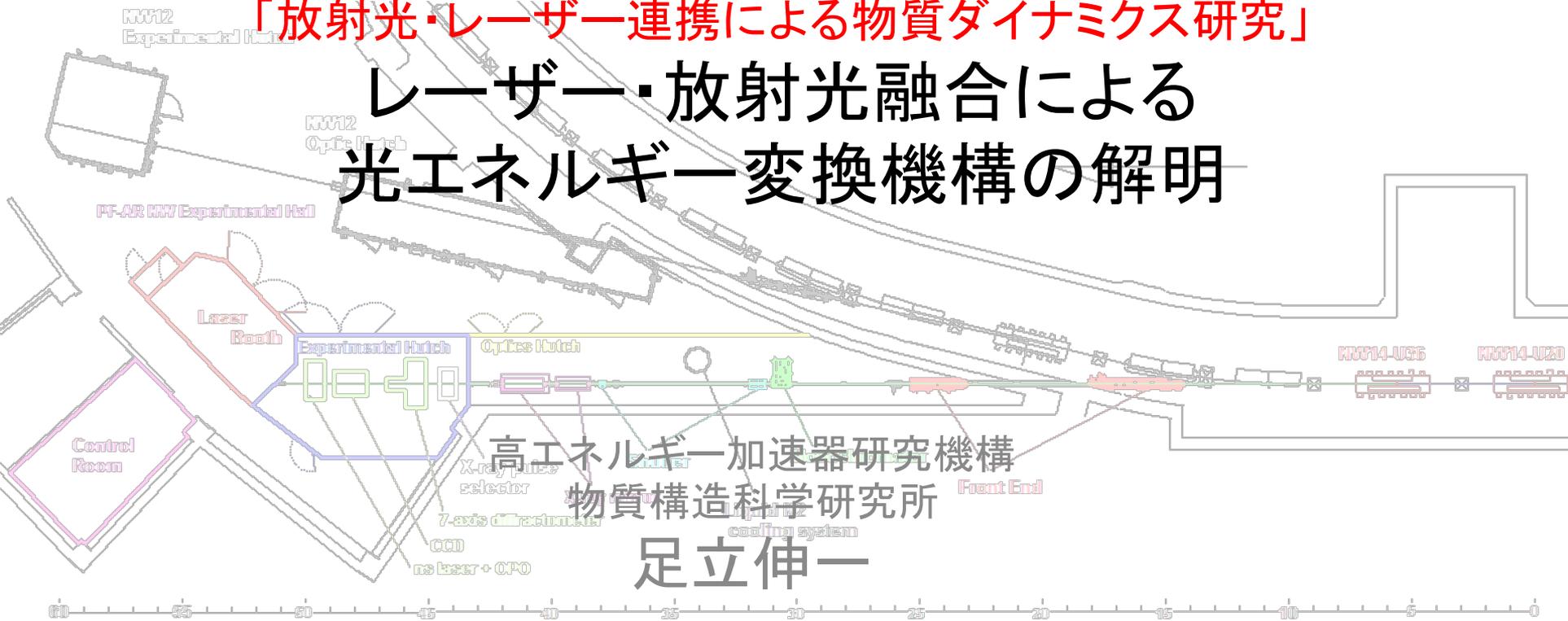


第2回 光・量子融合連携研究開発プログラム 合同研究会
「放射光・レーザー連携による物質ダイナミクス研究」

レーザー・放射光融合による 光エネルギー変換機構の解明

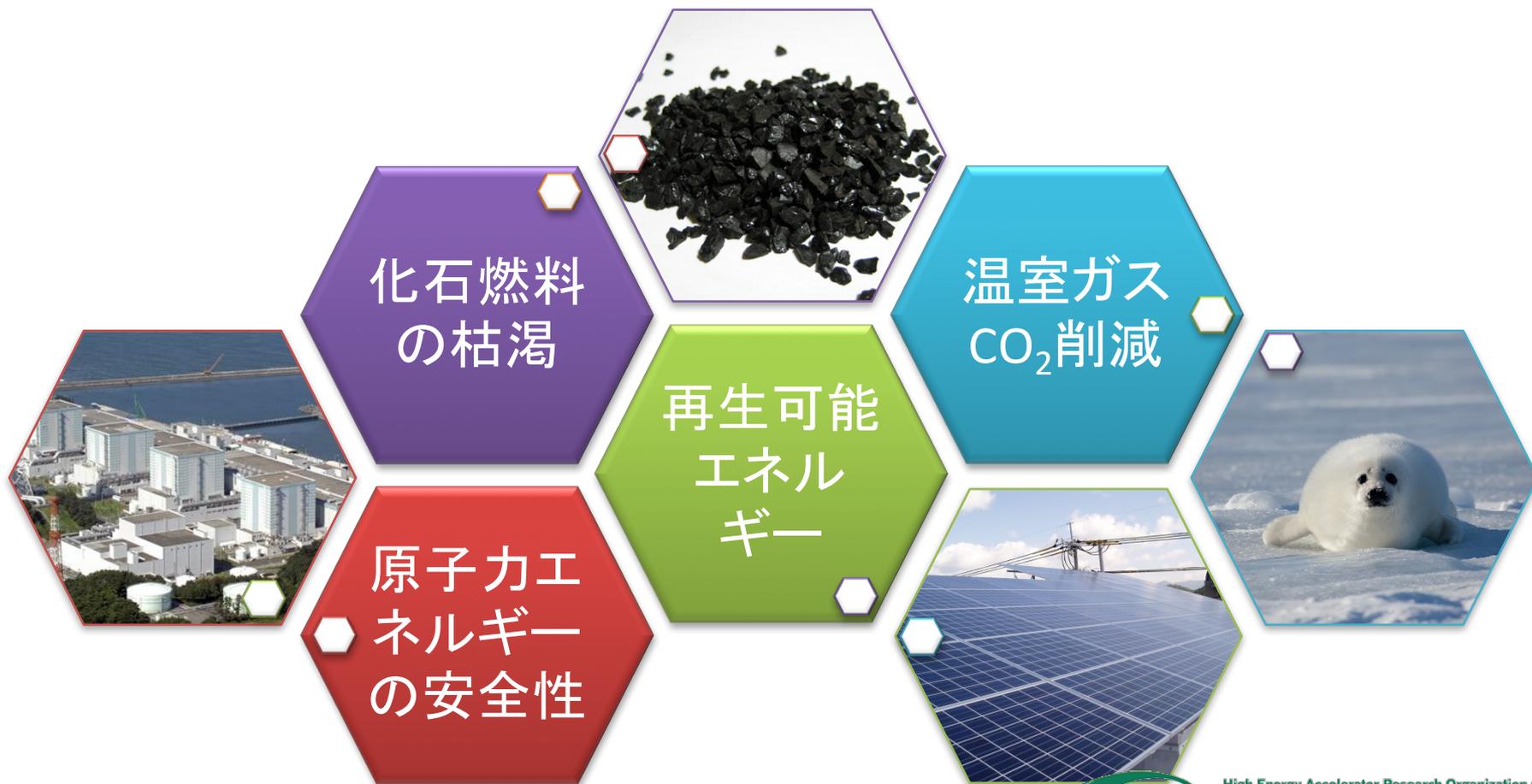


高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所

足立伸一

本課題の目標

太陽光エネルギーの化学エネルギー変換
(人工光合成)の高効率化に貢献

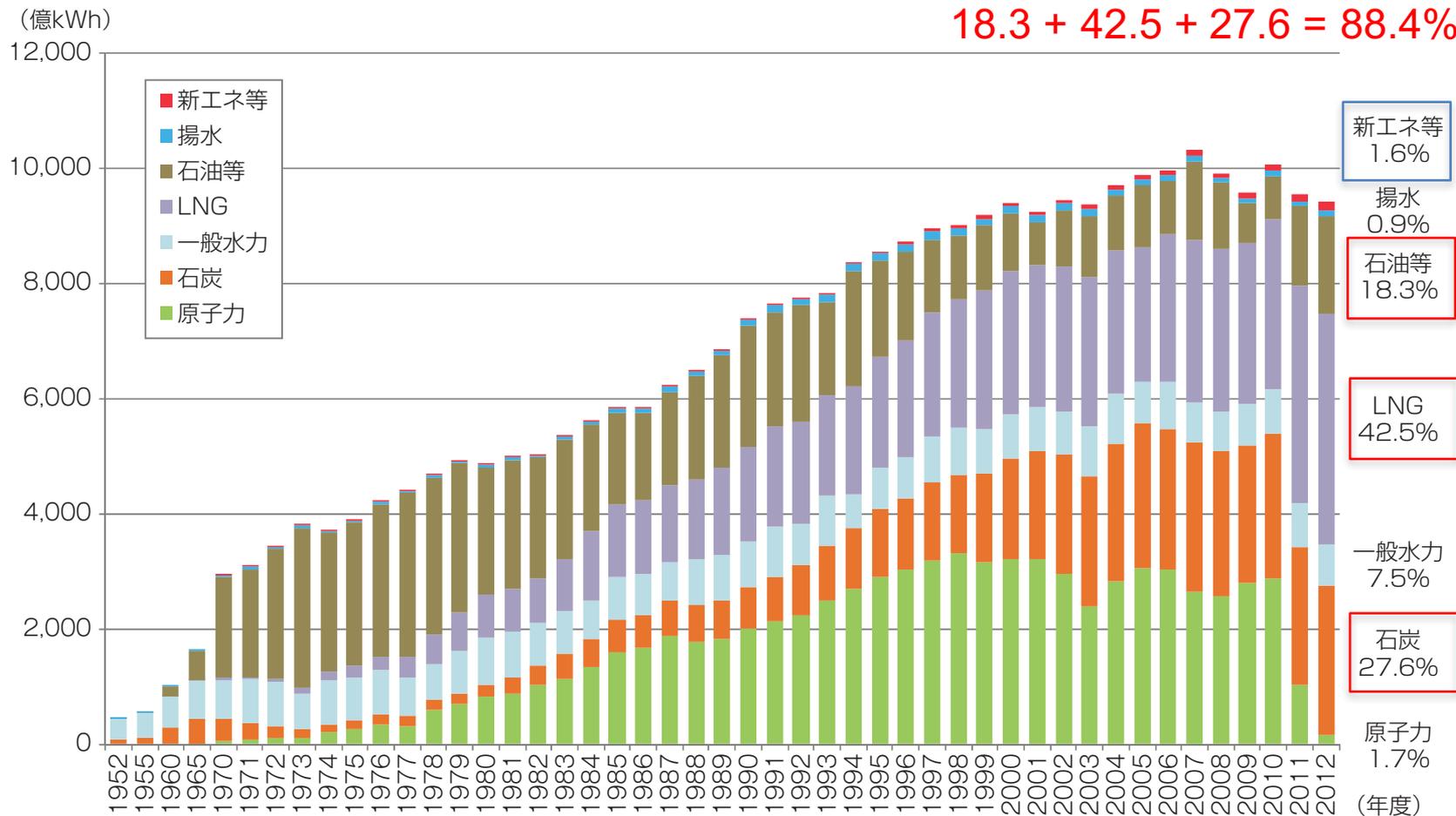


国内の発電電力量の推移

(経産省資源エネルギー庁資料)

2012年の化石燃料の比率

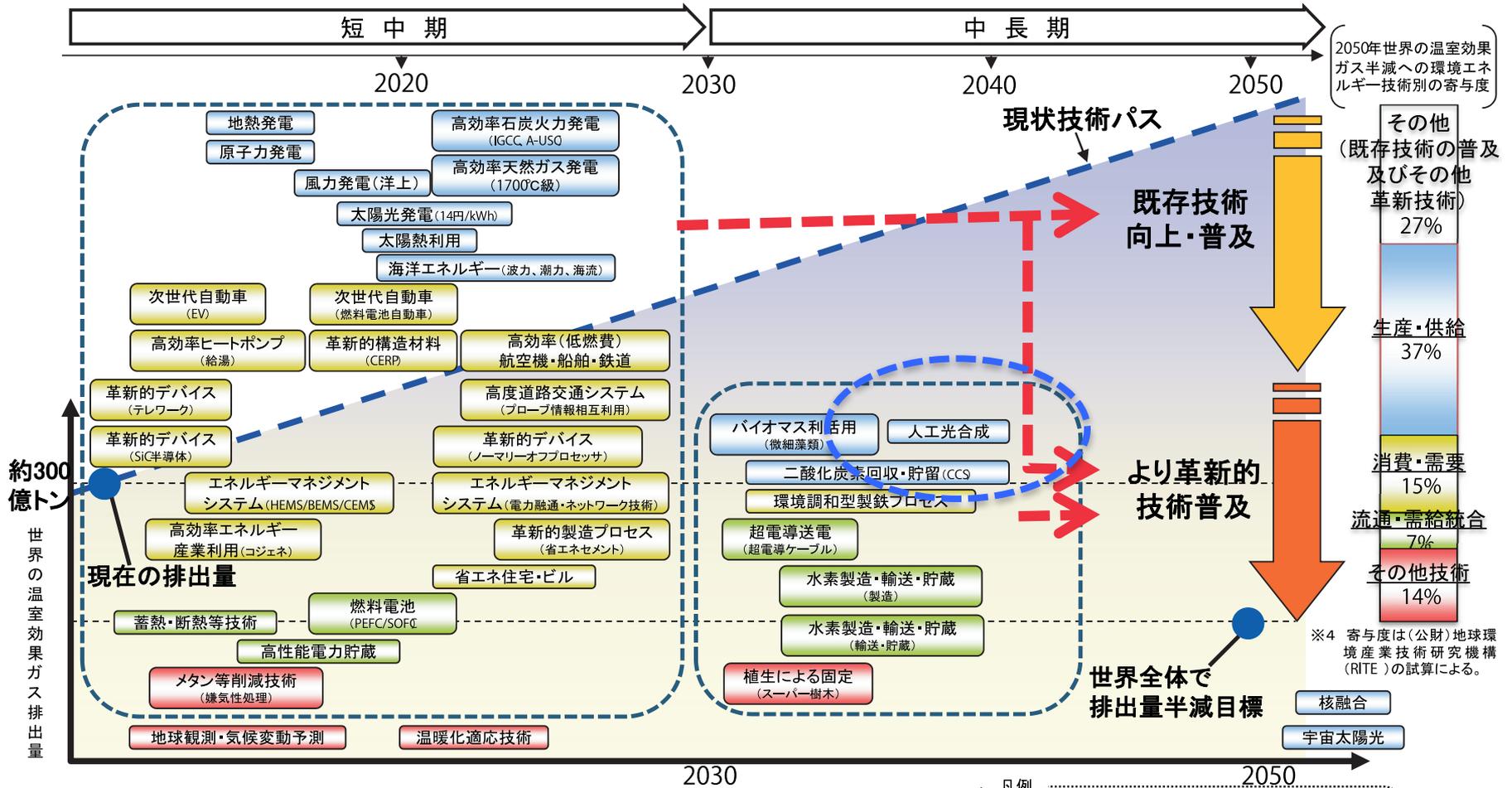
$$18.3 + 42.5 + 27.6 = 88.4\%$$



(注) 1971年度までは9電力会社計。

出典: 平成25年度エネルギー白書

我が国の環境エネルギー技術の世界への貢献 (CSTP資料)



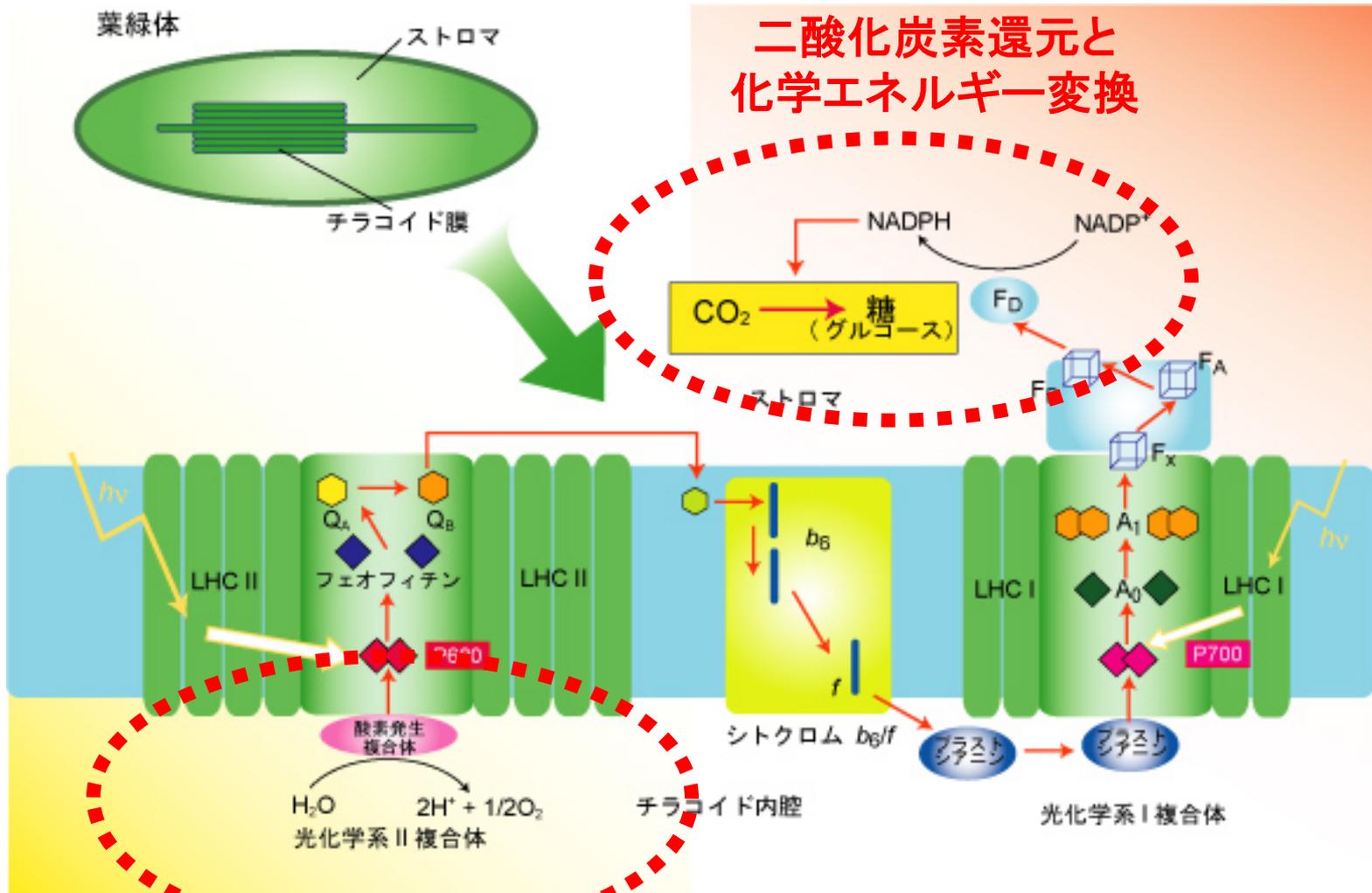
※1 環境エネルギー技術の横軸上の位置は、各技術のロードマップを踏まえ、本格的な普及のおおよその時期を示すものである。
 ※2 「現状技術パス」は、各種技術の効率(例えば、石炭火力発電の発電効率)が変化しない場合の世界全体のおおよその排出量を示すものである。
 ※3 「既存技術向上・普及」及び「より革新的な技術普及」の矢印は、世界全体で排出量半減の目標を達成するためには、既存技術の向上・普及だけでなく、より革新的な技術の普及による削減が必要であることを示すものであり、それぞれの技術による削減幅を示すものではない。

凡例

- 生産・供給分野
- 消費・需要分野
- 流通・需給統合分野
- その他の技術

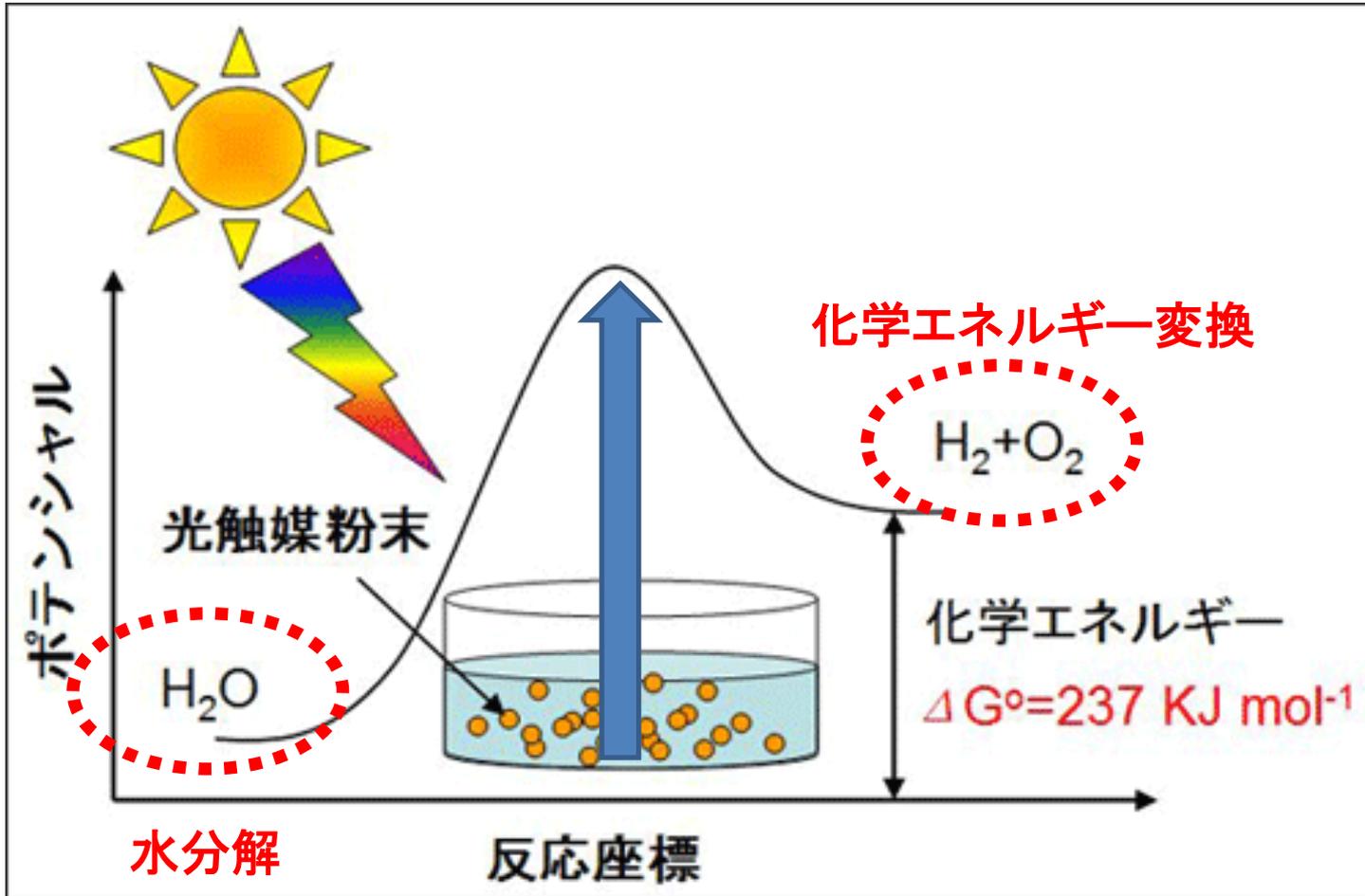
※1 枠の横幅の中ほどが本格的な普及のおおよその時期を示す
 ※2 括弧の中は、各項目における技術の一例を、本文の短中期、中長期の分類に合わせて抜き出したもの

天然の光合成に学び、 「人工の光合成」実現に向けて



水分解と酸素発生

太陽光エネルギーの有効利用に向けた取組み 人工光合成



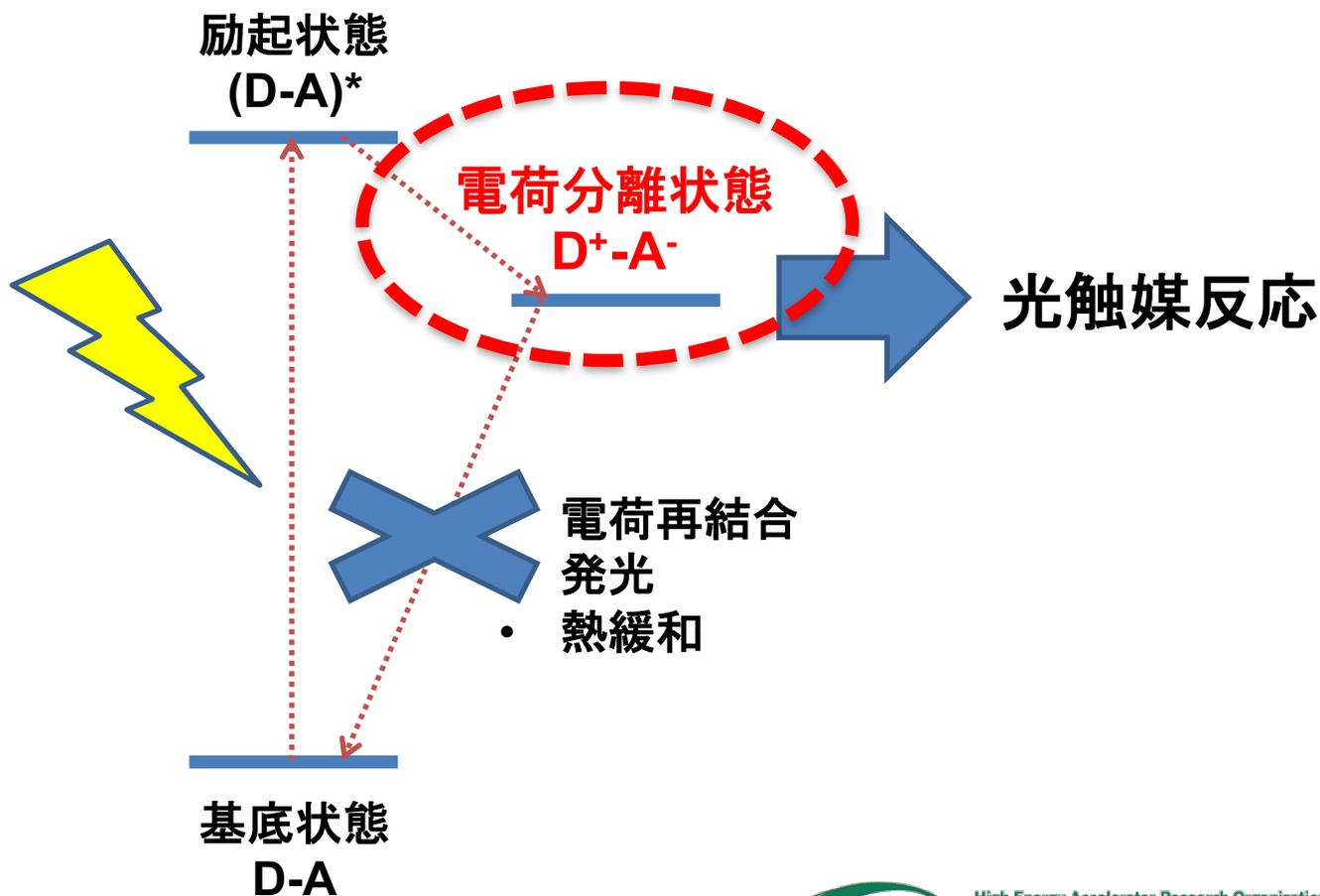
エネルギー変換効率は 光励起後の電荷分離状態の安定性が決める！



均一系溶液光触媒
(主に金属錯体溶液)



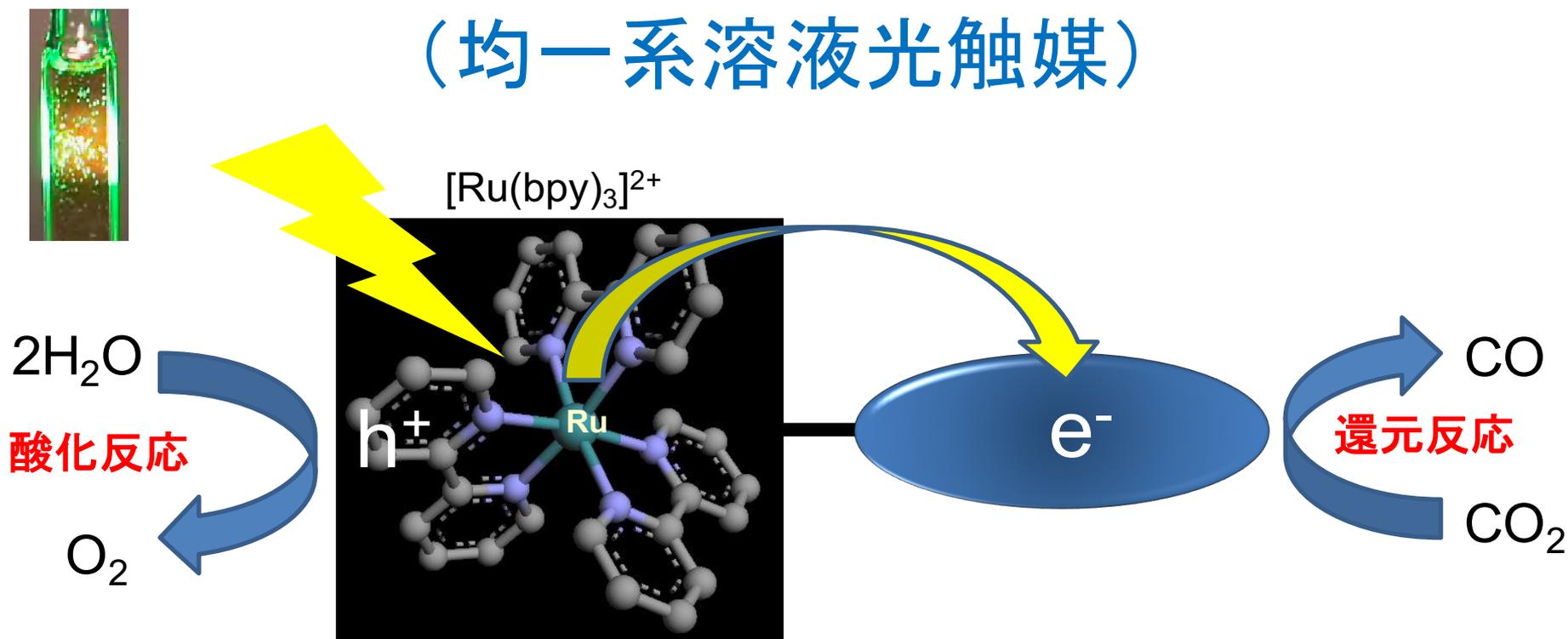
不均一系固体光触媒
(酸化物、窒化物など)



人工光合成のための光触媒開発

その特徴と解決すべき課題

(均一系溶液光触媒)



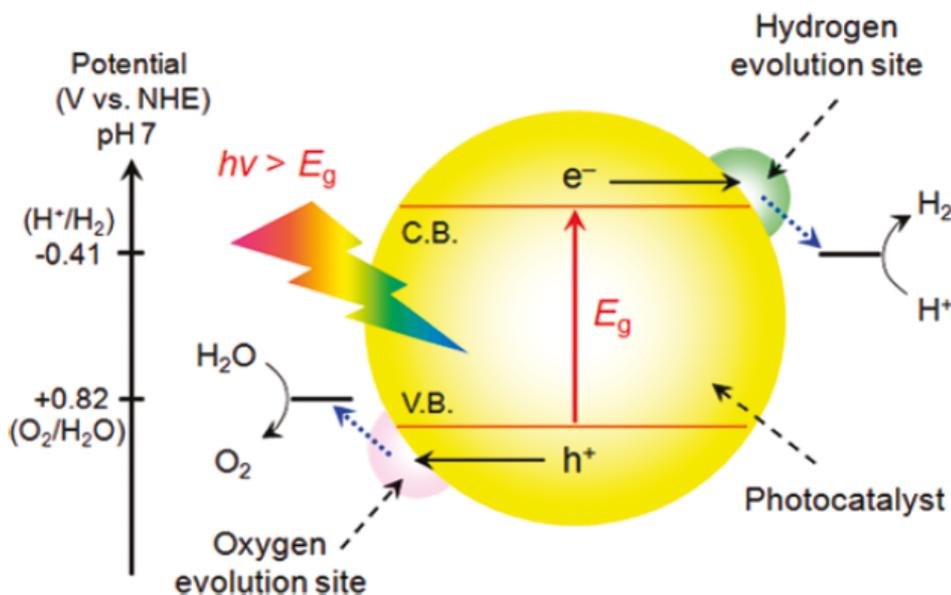
【課題】

- 過渡的な電荷分離状態にある光触媒の電子状態、構造情報の解明

人工光合成のための光触媒開発

その特徴と解決すべき課題

(不均一系固体光触媒)



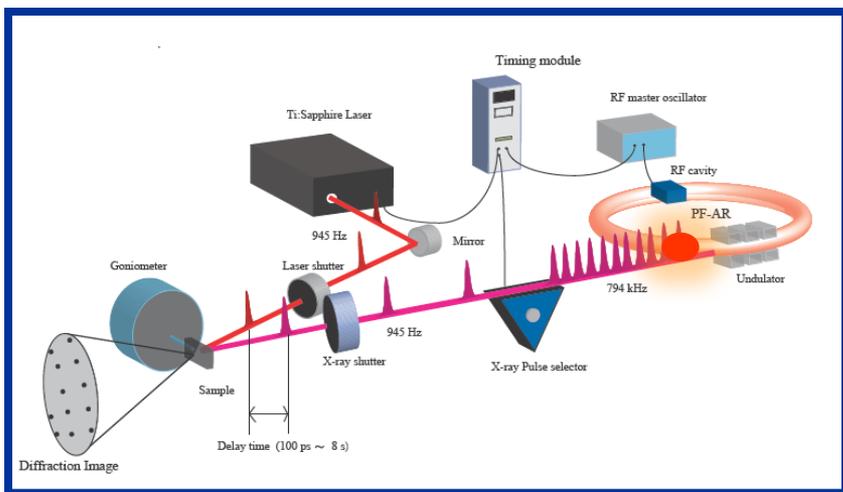
【課題】

- 過渡的なキャリア分離・再結合機構の解明と、より効率的なキャリア分離の実現

アプローチ

電荷分離状態にある光触媒の過渡的な構造・ 電子状態情報の解明に向けて

- レーザー光と放射光の連携による**光反応ダイナミクス精密計測プラットフォームを形成する**
- 触媒化学、光化学、材料科学分野の研究者との緊密な協力体制の下で、レーザー光・放射光を用いた**共同研究を推進する**



硬X線
時間分解構造解析

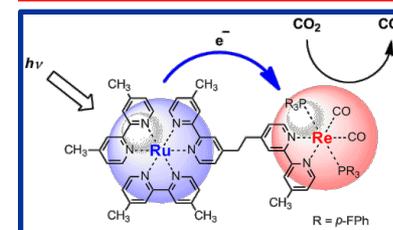
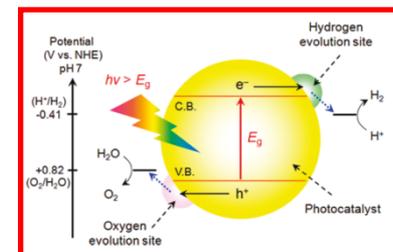
PF-AR (6.5GeV)

軟X線
時間分解電子状態解析

PF(2.5GeV)

フェムト秒・テラヘルツ
時間分解解析

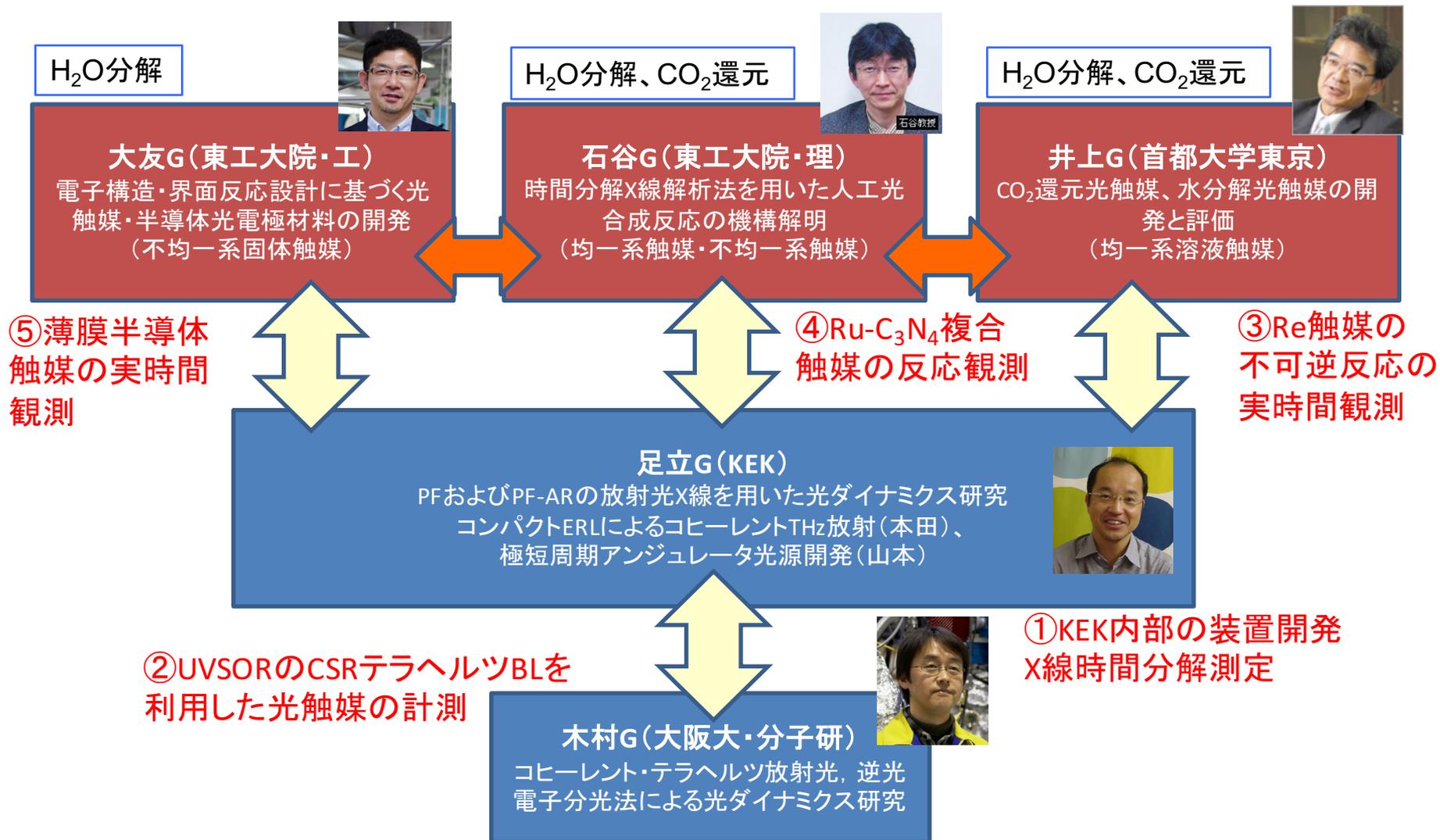
UVSOR、コンパクトERL



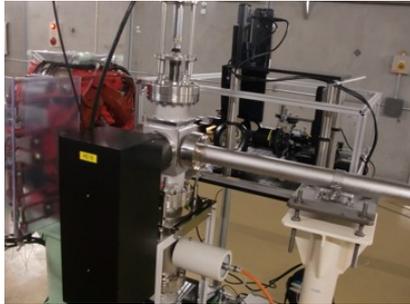
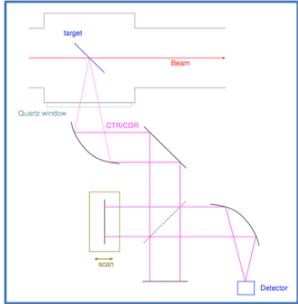
High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
Institute of Materials Structure Science (IMSS)

Photon Factory

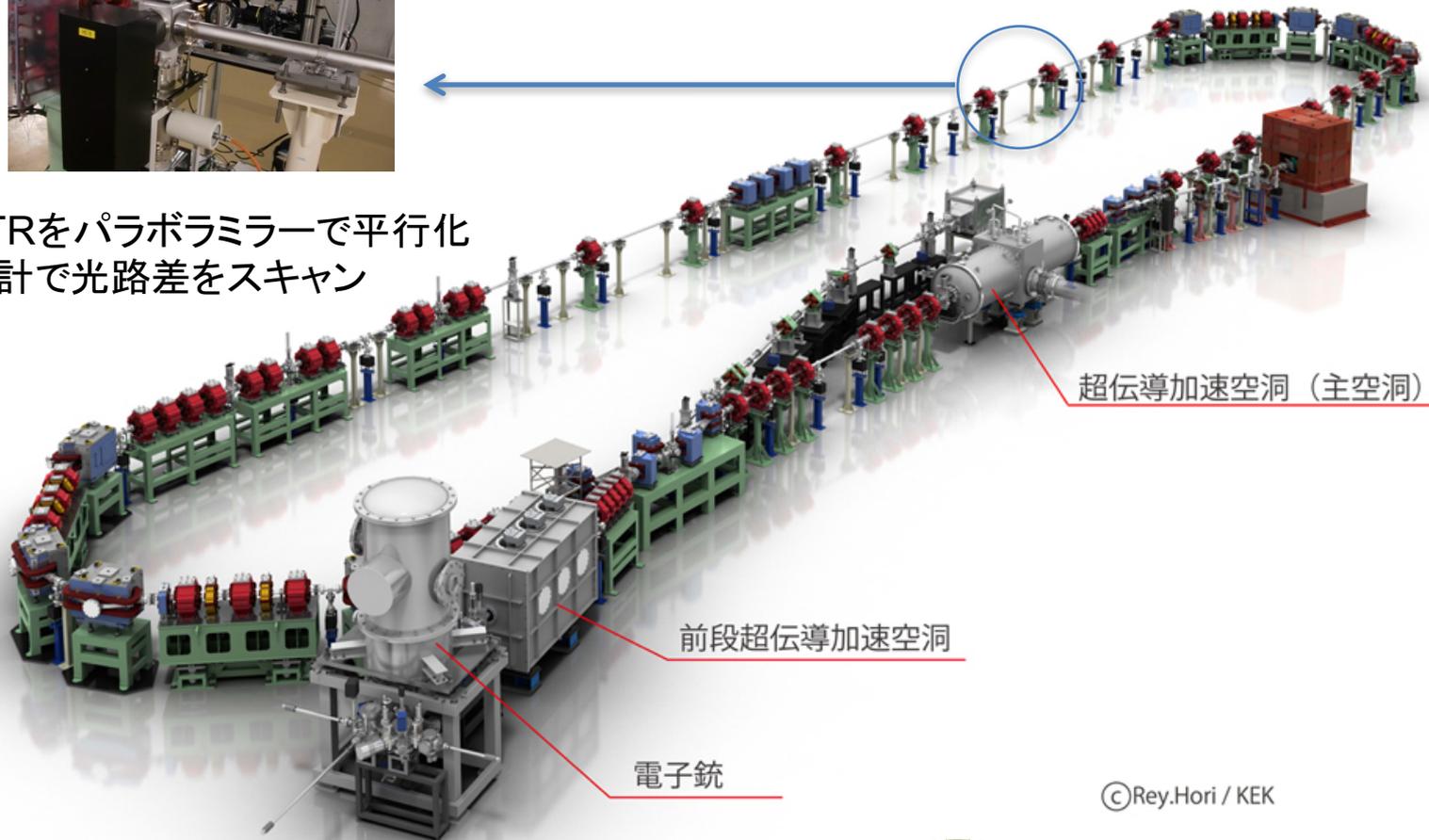
研究体制



コンパクトERLからのコヒーレントTHz光発生 Coherent Transition Radiation (CTR) (本田)



$1/\gamma$ の発散角のCTRをパラボラミラーで平行化
マイケルソン干渉計で光路差をスキャン



©Rey.Hori / KEK

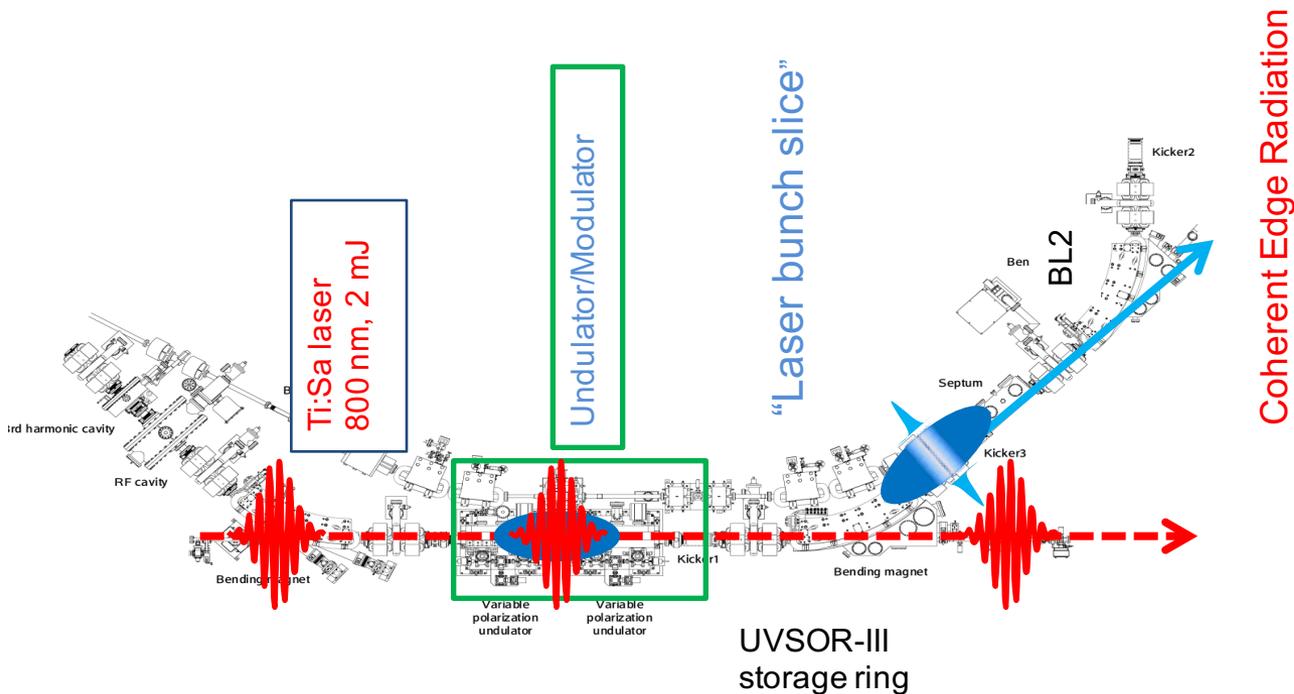


High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
Institute of Materials Structure Science (IMSS)

Photon Factory

励起状態にある光触媒の過渡的な構造・ 電子状態解明に向けて

(UVSOR-IIIのコヒーレント・テラヘルツ光源) (木村)



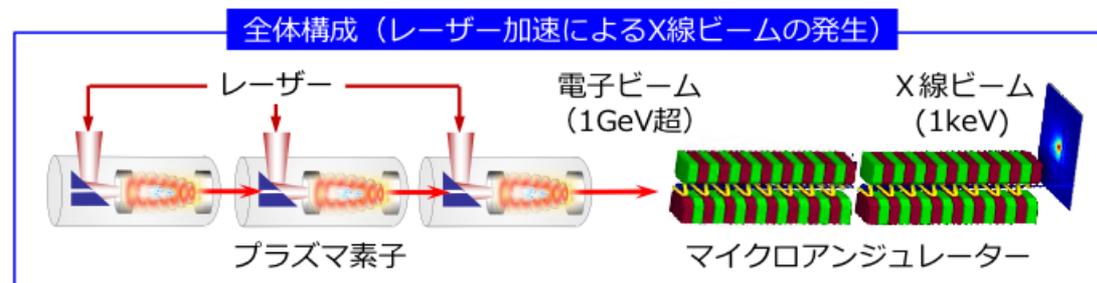
極短周期アンジュレータによる低エネルギー電子ビームからの高エネルギー放射光の発生(山本)

1989



World's first in-vacuum undulator ($\lambda u=4\text{cm}$)
@ 6.5GeV PF-AR
Gap=10mm

2016

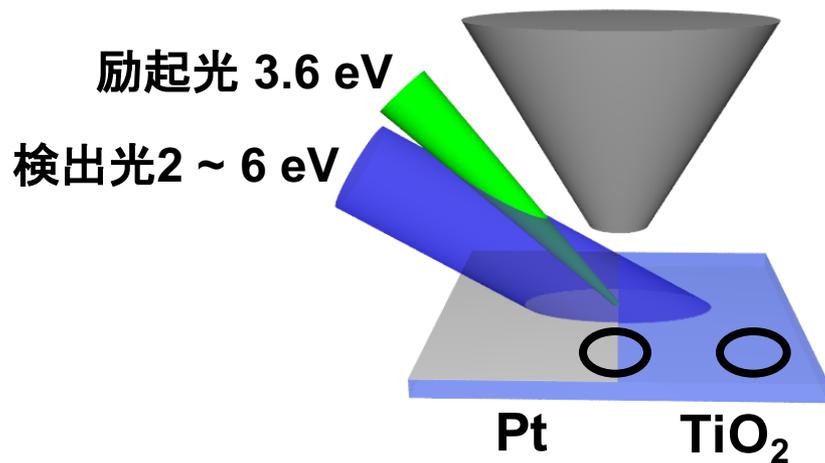


In-vacuum micro-undulator
($\lambda u=4\text{mm}$)

革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)で
技術活用

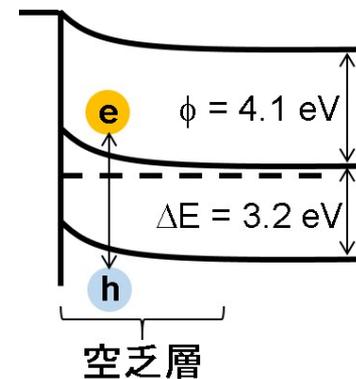
時間分解レーザーPEEM装置開発と 電子ダイナミクスの直接観測(福本)

Pt-TiO₂界面の バンドベンディングと キャリアダイナミクス

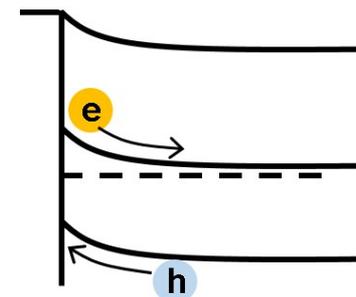


東工大・大友Gとの共同研究

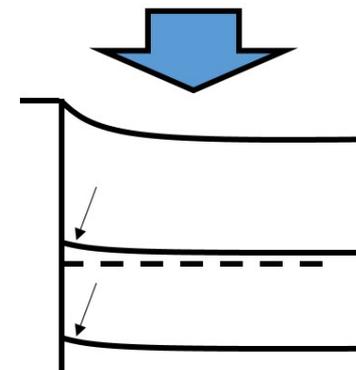
光励起 (fs)



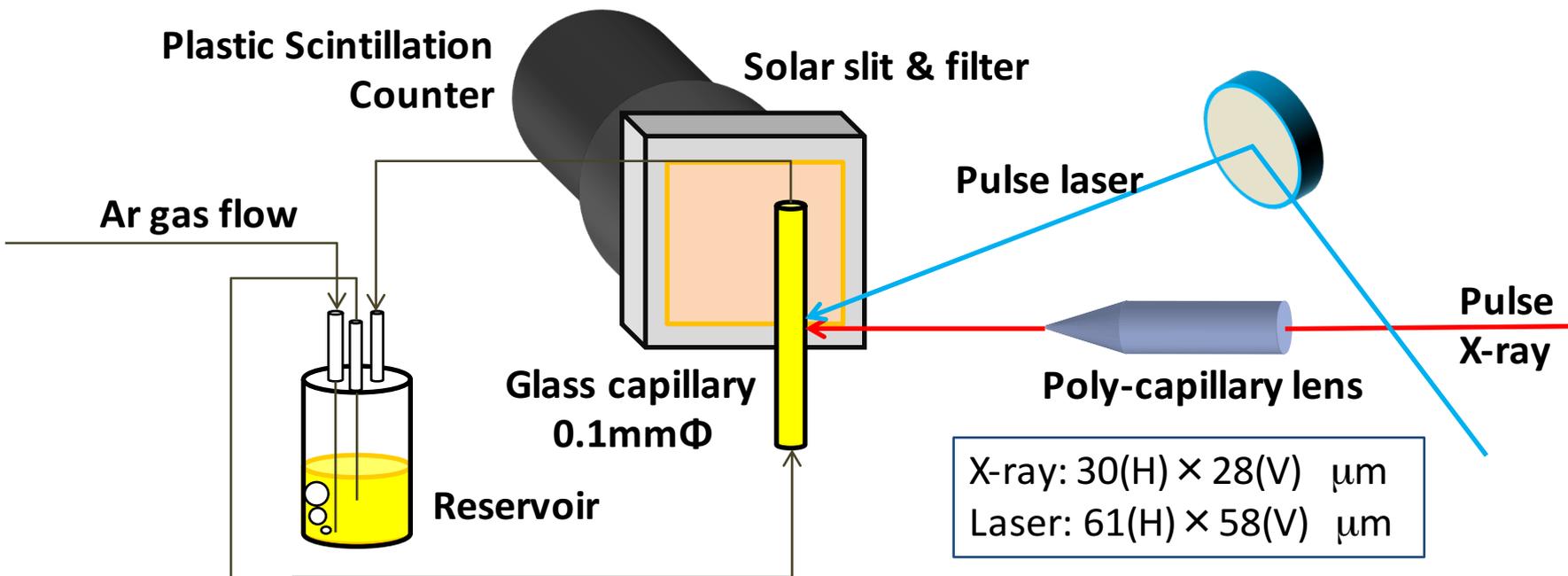
電荷分離
(100 ps ~ 1 ns)



バンドベンディング
の緩和 (100 ps)



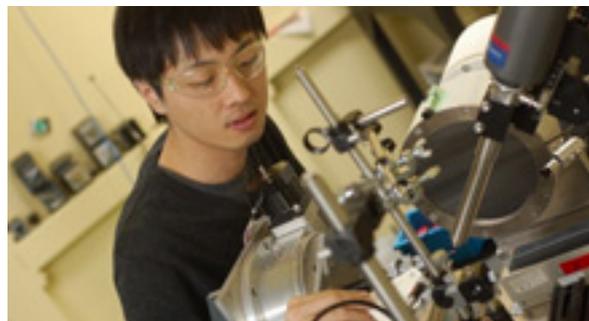
レーザー・放射光融合計測における PF-ARとSACLAの相補的利用 (野澤)



X線のビーム面積を約1/100まで絞ることができるようになった。

→

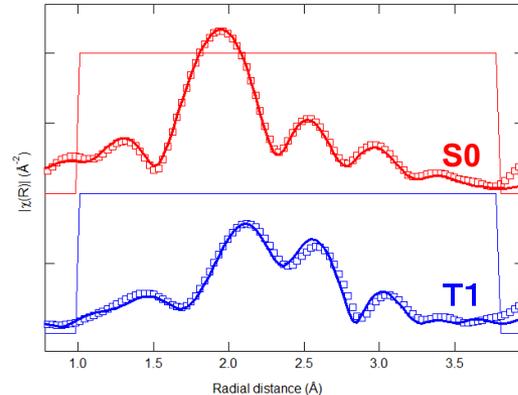
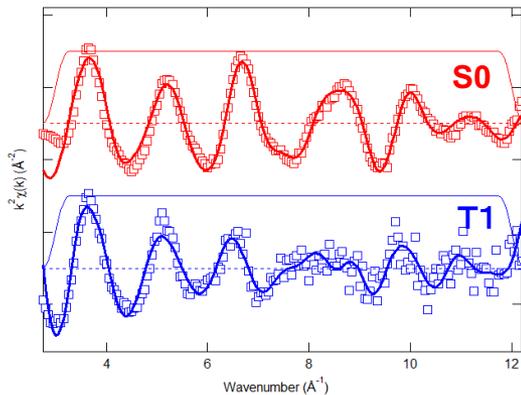
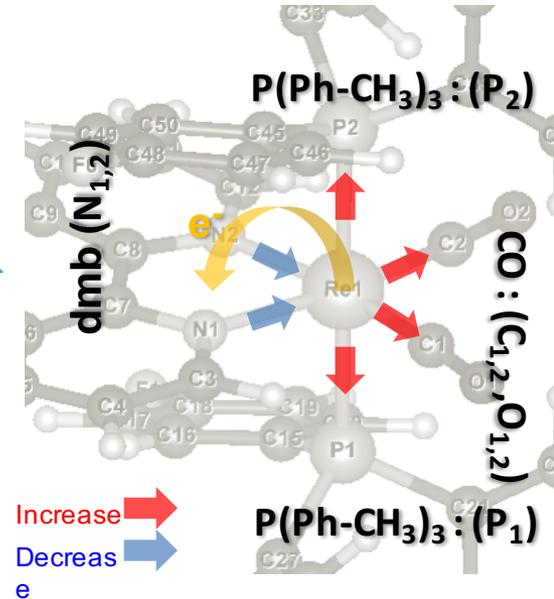
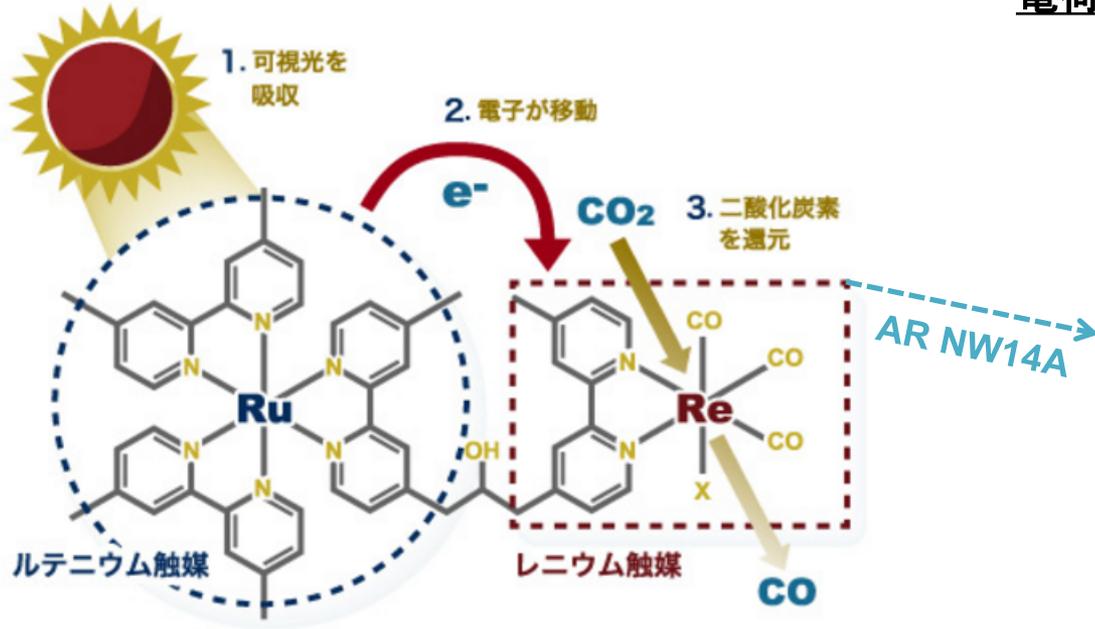
レーザー光の1パルスあたりのパワーを下げて、繰り返しを上げても、レーザービーム径を絞れば同じ励起効率を実現できる



均一系光触媒における動的研究

東工大・石谷Gとの
共同研究

レニウム錯体における
電荷移動状態 ($\tau = 100$ ps) の構造変化



	$S0_r$ (Å)	$S0_{\sigma^2}$ (Å ²)	$T1_r$ (Å)	$S0_{\sigma^2}$ (Å ²)
Re- $C_{1,2}$	1.90	0.003	1.92	0.083
Re- $N_{1,2}$	2.16	0.005	2.11	0.015
Re- $P_{1,2}$	2.43	0.004	2.55	0.005

end