

X線自由電子レーザー施設「SACLA」の 供用開始について

文部科学省研究振興局基盤研究課
量子放射線研究推進室

X線自由電子レーザー施設SACLA

- 兵庫県の播磨科学公園都市にある世界最高のX線レーザーを生み出す施設
- 最大5本のビームラインを設置可能（当初は2本）
- 第3期科学技術基本計画の国家基幹技術として、平成18年度～22年度にかけて開発・整備。欧米に比べ最もコンパクト且つ低予算で完成。

SACLAの特長

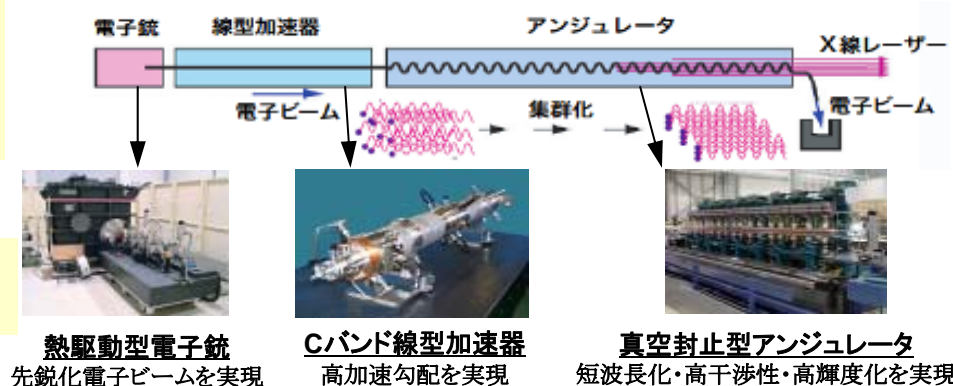
- ・ **短い波長** [硬X線→原子レベルでの解析が可能]
- ・ **短いパルス** [フェムト秒パルス→化学反応等の極めて早い動きの解析が可能]
- ・ **質の良い光** [高干渉性→試料を調製しなくても生きたままでの解析が可能]



平成23年6月7日に0.12 nm
(6/10に0.10nm、7/13に0.08nm、
10/28に0.063nm) のX線レーザー
を発振！

本年3月に、多くの研究者等への供用を開始予定

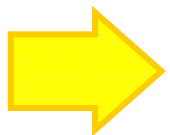
◆ X線自由電子レーザーの構成



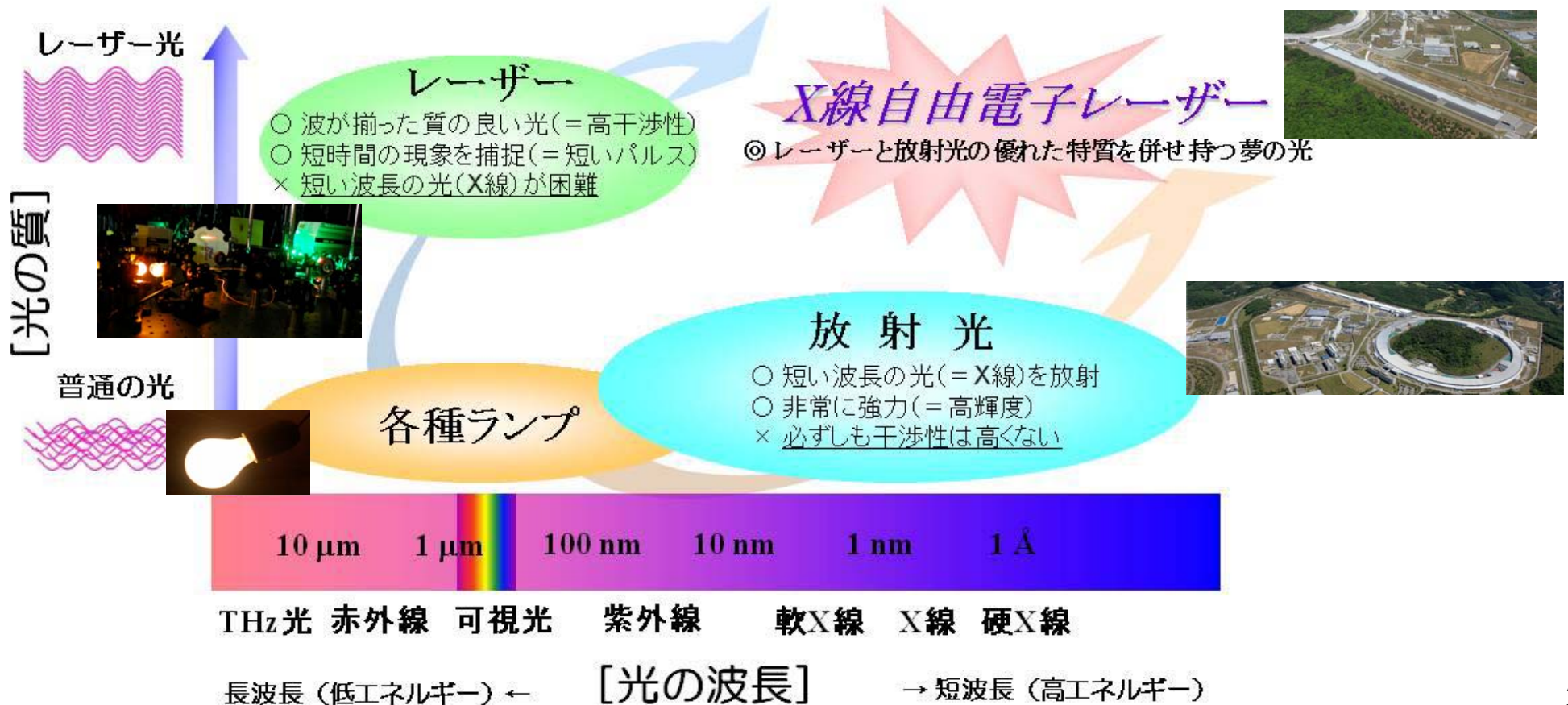
X線自由電子レーザーの概要

これまで、質の高い光（＝レーザー）、波長の短い光（＝放射光）はそれぞれ存在していたが、その両方を兼ね備える光は存在していなかった。




X線自由電子レーザーは、波長が短くしかも質が高い光を実現する唯一の方式。



**化学変化など物質の極めて早い動きを原子レベルで解析可能。
ライフイノベーション・グリーンイノベーション分野をはじめとしたイノベーションの推進及び我が国の国際競争力の強化に貢献する。**



世界のX線自由電子レーザー開発計画とSACLAの状況

	欧州	日本	米国
	DESY: Deutsches Elektronen-Synchrotron (ドイツ電子シンクロトロン研究所) European X-ray Free Electron Laser	理化学研究所 & 高輝度光科学研究センター SACLA SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser	SLAC National Accelerator Laboratory: Stanford Linear Accelerator Center (SLAC国立加速器研究所) LCLS: Linac Coherent Light Source
全長	約3.4km	約0.7km(最もコンパクト)	約4km(XFEL施設分としては約2km)
発振波長	0.1nm-6nm	2011年6月に0.1nmで発振 (平成23年10月に0.06nmを発信) (最も短い)	2010年10月に0.15nmで供用開始 (2009年4月に0.15nmで発振、同年12月に0.12nmで発振)
総コスト	10.82億ユーロ(約1,190億円) (1ユーロ 110円換算)	約388億円(他施設と比較し最小コスト)	6.15億ドル以上(約492億円) (1ドル 80円換算)
運転開始	2015年コミッショニング開始予定 2015年供用開始予定	2012年3月硬X線で供用開始予定	・2009年10月軟X線で供用開始 ・2010年10月硬X線で供用開始
長所 ・短所	<ul style="list-style-type: none"> ・繰り返し周波数が高い ・利用実験に必須である波長変更に手間がかかる 	<ul style="list-style-type: none"> ・最も短い波長が得られ、利用実験に必須である波長変更が簡便にできる ・繰り返し周波数が低い 	<ul style="list-style-type: none"> ・最も早い施設完成と供用開始 ・利用実験に必須である波長変更に手間がかかる。繰り返し周波数が低い。
その他	・EU12ヶ国共同プロジェクト ・プロトタイプ機にて、波長4.1nmのレーザー発振に成功  <p>ドイツ・ハンブルク</p>	・第3世代大型放射光施設と共存する世界唯一の放射光研究拠点  <p>兵庫県・播磨科学公園都市</p>	・DOEの研究施設整備計画においてプライオリティ第3位 ・既存施設の活用により、3億ドル以上を節減  <p>米国カリフォルニア州</p>

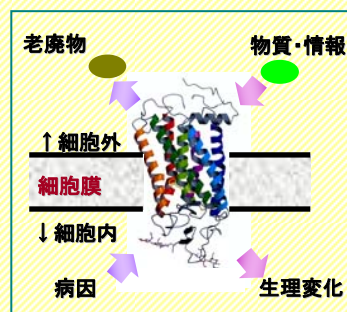
SACLAの利用研究における重点戦略分野と戦略課題について

- SACLAの利用研究を先導する成果の創出を目指し、「**重点戦略分野**」を設定。
- 具体的な研究課題として「**重点戦略課題**」を提示し、実験手法の確立・開拓を強力に推進。

【重点戦略分野】

「生体分子の階層構造ダイナミクス」

主な創薬ターゲット物質である膜タンパク質等の構造や、生体内の様々なダイナミクスを原子レベルで解明することで、新たな創薬技術の開発等に基づくライフイノベーションや、光合成機能の解明によるグリーンイノベーションの推進を目指す。



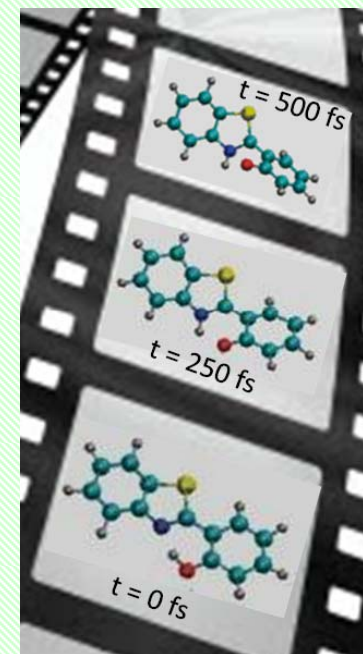
【戦略課題】

- ①「創薬ターゲット膜タンパク質のナノ結晶を用いた構造解析」
- ②「細胞全体及びその部分の生きた状態でのイメージング」
- ③「超分子複合体の一分子構造解析」
- ④「一分子X線回折実験とスパコン解析を融合させたダイナミクス研究」
- ⑤「ポンプ-プローブ法を適用した動的構造解析」

【重点戦略分野】

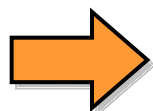
「ピコ・フェムト秒ダイナミックイメージング」

物質・材料中の反応過程などの超高速変化について、原子レベルで可視化することにより、革新的な蓄電池や太陽電池、気体吸蔵材料の開発等を促進し、グリーンイノベーションをはじめ、様々な分野での革新的な成果創出を目指す。



【戦略課題】

- ①「気相・液相・固相反応ダイナミクス」
- ②「界面反応の超高速過程」
- ③「電荷発生・電荷移動ダイナミクス」
- ④「極端条件下の超高速過程」
- ⑤「動的X線分光科学」



これらの先導的研究開発の推進により、利用分野を開拓し、イノベーションの推進及び我が国の国際競争力の強化に貢献する。

具体的な研究課題例

- ① これまでは構造決定が不可能であった、創薬ターゲットである膜タンパク質について、ナノ結晶を用いた構造解析手法や高性能スーパーコンピュータによるシミュレーションを活用して原子分解能での構造・動態解析を目指す研究。

これまでの放射光では構造決定に必要なデータが得られなかった、作製が容易なナノサイズの結晶から原子レベルでの構造解析を行う。

大量の膜タンパク質解析による、革新的かつスピーディな創薬に期待。

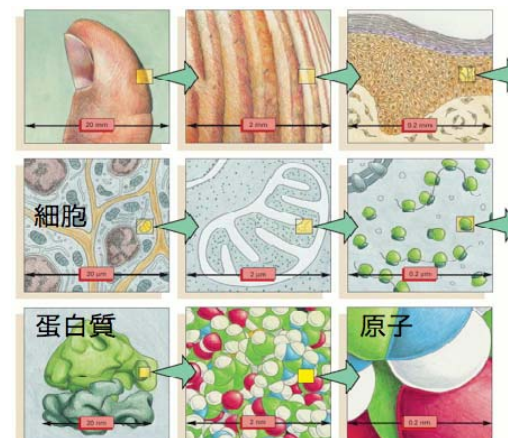


ヒスタミンH1受容体の構造(Shimamura T. et al., Nature 2011)は、10ミクロン程度の結晶(左図)からマイクロビームを用いて解かれた。SACLAではこの1/100程度の大きさの結晶を用いて構造解析を行うことが可能。

- ② これまでは試料処理の問題で不可能であった、厚さ1ミクロン以上の生きた細胞の全体又はその部分の原子分解能でのイメージングを目指す研究。

画像コントラストの低さや放射線損傷により、1回の観察像からは3次元像の再構成が難しいという技術的な課題に取り組み、生きた細胞や細胞内組織のイメージングを実現。

細胞の深層構造までをありのまま見ることによって医学・生物学分野に革新をもたらすとともに、疾病等の原因解明や新たな創薬や医療技術開発に期待。



生体は階層構造を持っており、それぞれのレベルでの構造情報を組み合わせることにより、最終的には生体/細胞の構造を原子分解能で明らかにすることが可能になる。

- ③ これまでは時間分解能が粗く解析が不可能であった、触媒反応や太陽電池の電荷発生過程等のピコ・フェムト秒領域で起こる「超高速の化学反応ダイナミクス」の原子分解能での可視化を目指す研究。

環境科学の基礎となる気相反応、今後のエネルギー科学の鍵となる液相反応、バルク固体中の局所に生じる構造変化・相転移など、「超高速の化学反応ダイナミクス」を可視化(ピコ秒・フェムト秒の時間分解能で解析)。

燃料電池普及の鍵となる水素や環境汚染物質を安全に吸着・放出する新規気体吸着素子の開発、従来の半導体に代わる電子デバイス・高速磁気メモリー・高速読み出しヘッドの新規開発へ展開。

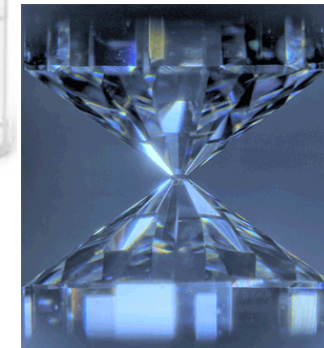


化学反応の動画撮影

- ④ これまでは再現出来る時間が限られているため解析不可能であった、超高温・高圧下における物性や物質の破壊プロセスの原子分解能での解析を目指す研究。

大強度X線レーザーを用いれば、数ピコ秒の時間分解能で極端条件下での物質構造変化のプロセスを解析が可能。

材料の内部構造の破壊の初期メカニズムの解明による、高強度のレーザーによる材料加工や、放射線損傷に強い材料の開発加速に期待。



マントル物質を二つのダイヤモンドの間に挟み、超高温でレーザー加熱を行って、実験室でマグマを作る。

X線自由電子レーザー施設(SACLA)重点戦略課題の推進

■ 本施策の概要

- SACLAは、物質の原子レベルでの構造や超高速動態・変化を瞬時に解析できる世界最先端の研究施設。平成24年3月から共用法に基づく供用開始予定。(建設費388億円)
- 極めて革新的な光源であるため、その利用技術は未確立。先行する米国では、50～60名からなる大型利用研究プロジェクトを平成21年より強力に推進。どちらが先に利用技術を確立するか激しい競争状況。
- 国家基幹技術として整備されたSACLAの性能を最大限発揮できる、標準化された利用技術・装置を確立し、世界に先駆けて先導的な成果を創出して国内外のユーザーを惹きつけることが重要。
- そのため、ライフ・グリーンイノベーション実現に向けXFEL利用推進戦略会議が設定した「重点戦略課題」について、研究機関や大学等が一体となったチームを編成し、重点的かつ強力に利用研究を開拓・推進する。



■ 期待される成果例と社会への波及効果

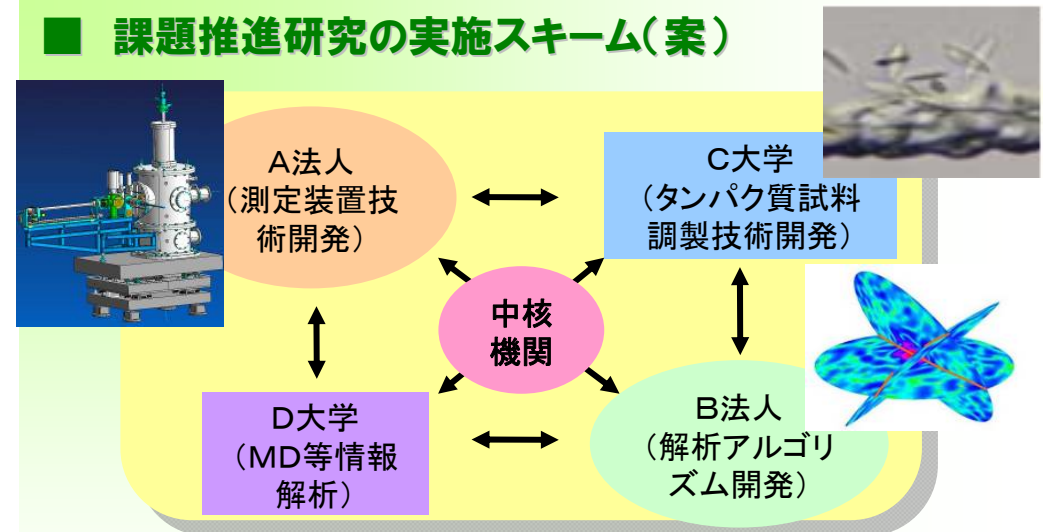
有力な創業ターゲットであったが構造決定が極めて困難な膜タンパク質について、ナノ結晶を用いた構造解析手法や高性能スパコンによるシミュレーションを活用し、**原子分解能での構造・動態解析**を可能とする技術を確立し、先導的な解析事例を創出。

創薬業界をはじめとした利用が本格化し、大量の膜タンパク質解析データに基づいた革新的かつスピーディな創薬が実現されるなど、**ライフイノベーション**を創出。

これまで解析が不可能であった、触媒反応の**ダイナミクス**や太陽電池の**電荷発生過程**等の「超高速の化学反応ダイナミクス」の**原子分解能での動態の可視化**技術を確立し、先導的な解析事例を創出。

自動車メーカーや半導体メーカーなどの製造業界をはじめとした利用が本格化し、環境汚染物質を安全に吸着・放出する新規気体吸着素子や、超高効率太陽電池が実現されるなど、**グリーンイノベーション**を創出

■ 課題推進研究の実施スキーム(案)



- ・1つのプロジェクトとして中核機関主導による連携、一元的管理を行い、効果的な成果創出を目指す。
- ・1課題あたり1～2億円程度のプロジェクト5～10課題を推進。

公募スケジュール等

平成24年

平成25年

12月 1月 2月 3月 4月 5月 6月 7月 8月 9月 10月 11月 12月 1月 2月 3月 4月 5月

登録機関

採択課題通知

供用開始(2011B期)

2012B期
課題募集開始

2012B期
開始

2013A期
課題募集開始

2013A期
開始

文科省

公募開始予定

ヒアリング審査・課題決定予定

事業開始予定

