

SACLA重点戦略課題の推進による先導的な成果創出 [平成24年度予算案：10億円]

<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・変化を解析できる世界最先端の研究施設。平成24年3月から「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」に基づく共用を開始予定。
- 極めて革新的な光源であるため、その利用技術を発展させることが必要。先行する米国では、大規模なチームを構築し、平成21年より強力に推進。
- 第三期科学技術基本計画において国家基幹技術として整備されたSACLAについて、その性能を最大限発揮できる利用技術・装置を確立し、世界に先駆けて先導的な成果を創出することが重要。
- そのため、ライフ・グリーンイノベーション等の実現に向け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

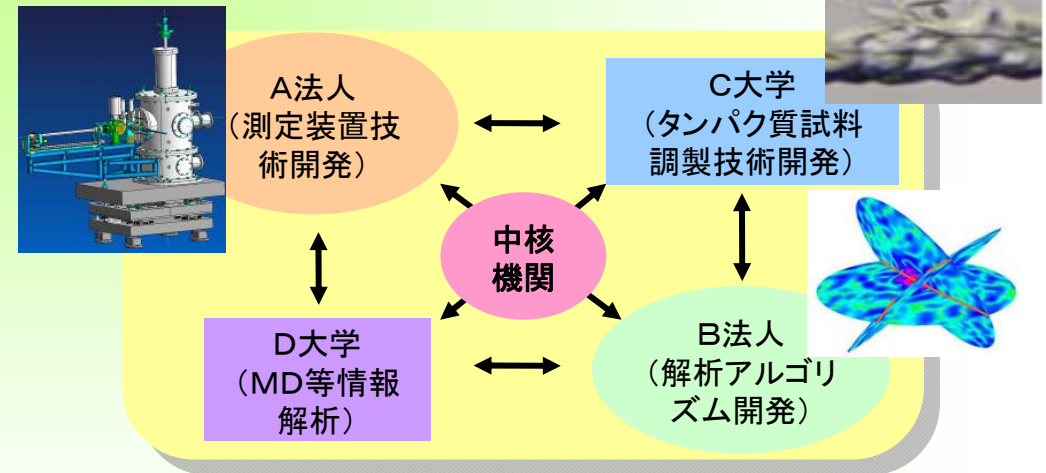
有力な創薬ターゲットであったが構造決定が極めて困難な膜タンパク質について、ナノ結晶を用いた構造解析手法や高性能スパコンによるシミュレーションを活用し、原子分解能での構造・動態解析を可能とする技術確立し、先導的な解析事例を創出。

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ズム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)

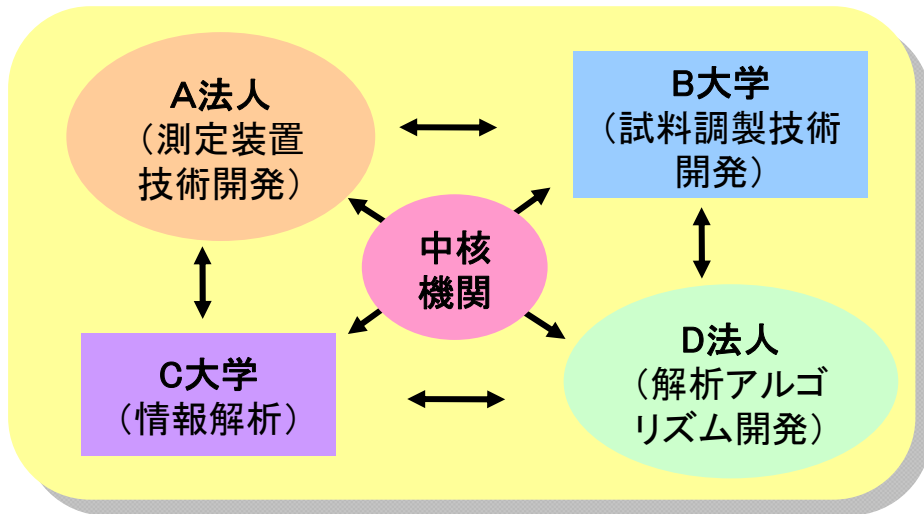


- ・1つのプロジェクトとして中核機関主導による連携、一元的管理を行い、効果的な成果創出を目指す。
- ・1課題あたり3千万円～5億円程度のプロジェクトを5～10課題程度、実施。

SACLA重点戦略課題推進事業（設定課題、応募条件等）

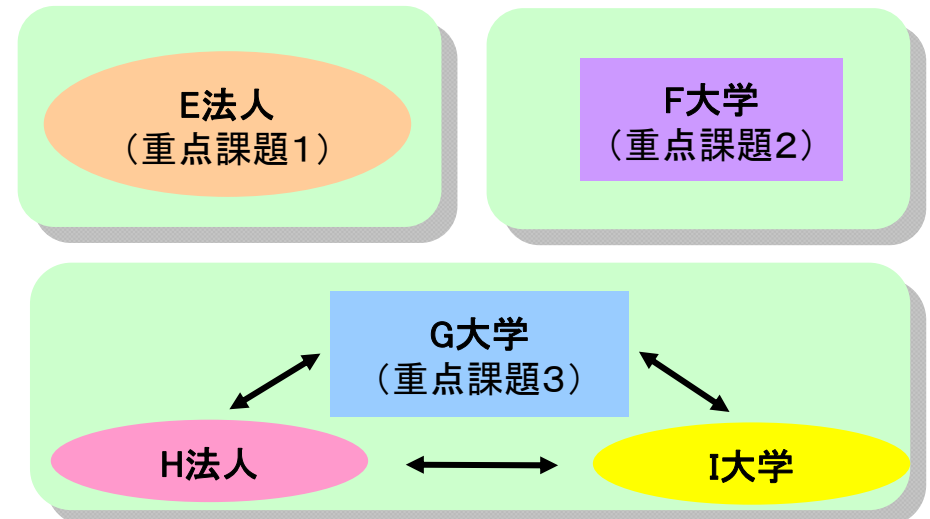
- 「X線自由電子レーザー利用推進計画」において重点的に推進すべき分野とされた「生体高分子の階層構造ダイナミクス」及び「ピコ・フェムト秒ダイナミックイメージング」の早期実現を目指した課題を選定する。
- 以下、2つのプログラムにより課題を公募する。

●大型利用研究推進プログラム(イメージ)



- 複数の研究機関からなる実地体制を組織する。中核機関主導による連携、一元的管理を行う。
- 新規装置開発や解析方法の確立を含めた、効果的な成果創出を目指す。
- 原則、1課題あたり3～5億円程度、3年のプロジェクトとして実施。

●個別利用研究推進プログラム(イメージ)



- 個人研究者やチームを核とした実施体制による利用研究により、効果的な成果創出を目指す。
- 既存装置を応用した利用研究による革新的成果の早期創出を目指す。
- 原則、1課題あたり3千万円～1億円程度、2年のプロジェクトとして実施。

※ 毎年度、進捗評価を実施し、事業の継続・見直し等を検討する。

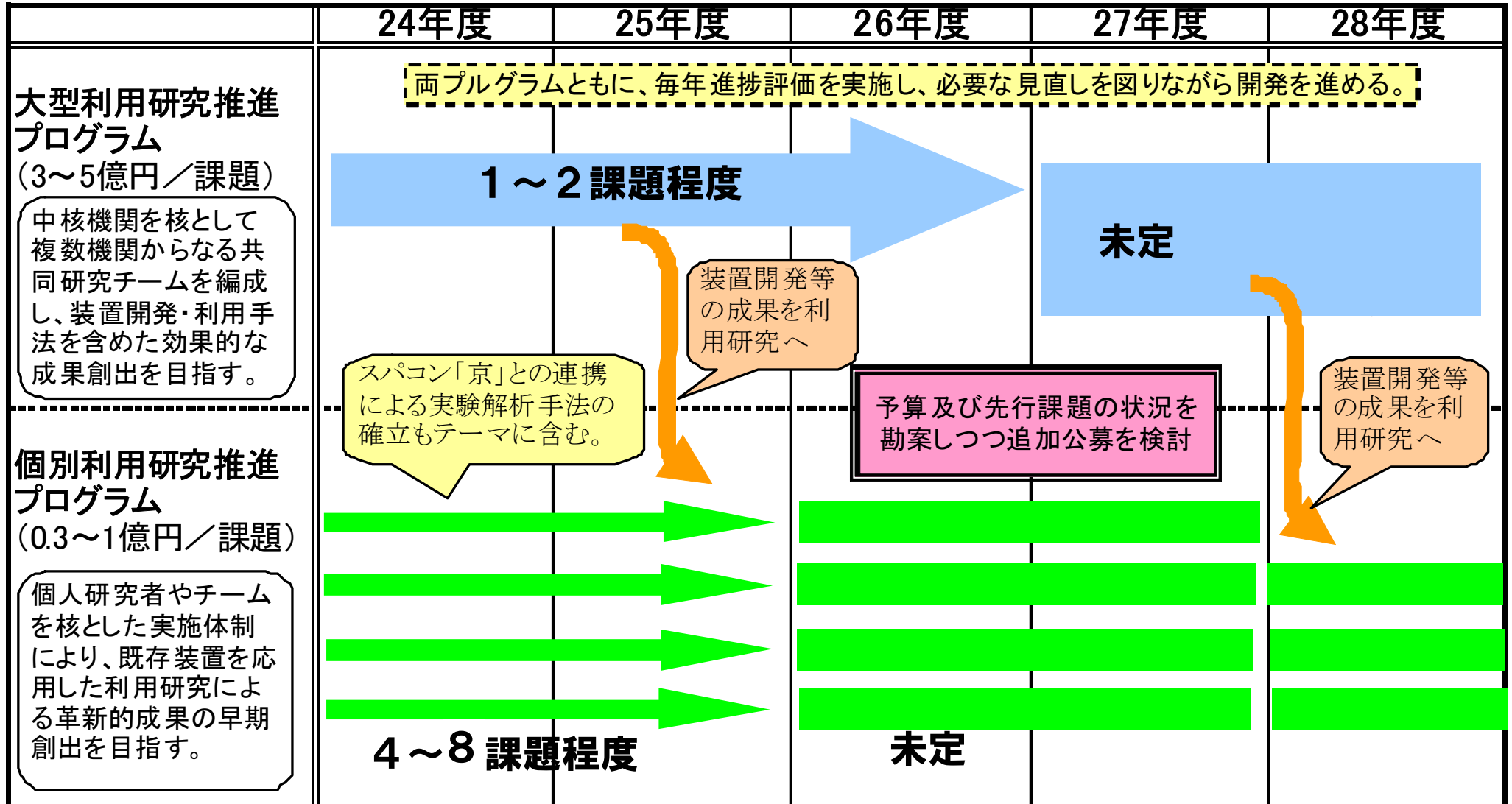
※ 平成26年度は、事業全体の予算状況及び先行課題の状況を勘案しつつ追加公募を検討する。

※ 事業終了後に事後評価を実施する。

SACLA重点戦略課題推進事業 全体計画

- SACLAの共用を強力に推進し、世界を凌駕する成果の創出を目指す。
- 先導的成果を早期に創出することで、利用者・利用分野の拡大、今後の産業利用の拡大を図る。

SACLA重点戦略課題推進事業の年度推移について



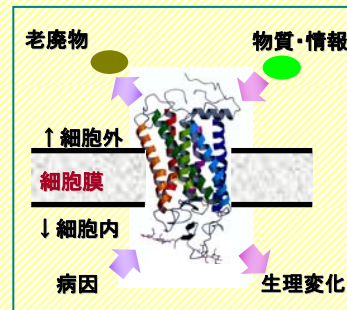
SACLAの利用研究における重点戦略分野と戦略課題について

- 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。



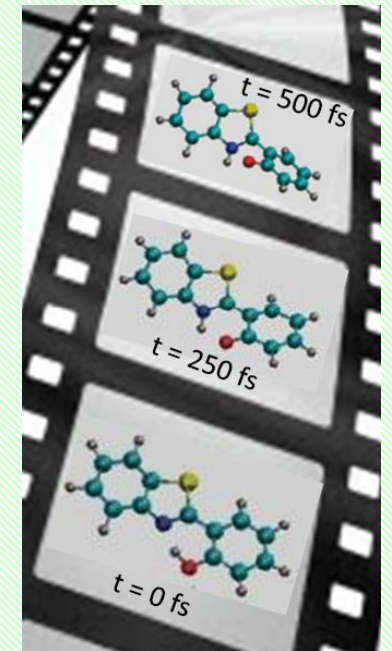
【戦略課題】

- 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】

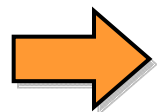
「ピコ・フェムト秒ダイナミックイメージング」

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。

SACLA重点戦略課題の推進事業（実施スキーム）

- 関連分野や欧米の動向など利用研究の調査等に基づいて、利用研究の方針・計画を定め、優れた研究課題を公募・選定し、利用研究を推進するXFEL利用推進戦略会議を平成23年3月に文部科学省の下に設置。
- X線自由電子レーザー利用推進戦略会議の下に、採択方針の策定、課題の採択、研究評価等を行う「重点戦略課題推進部会」を設置する。

X線自由電子レーザー利用推進戦略会議

主査：下村理 (KEK理事)

委員14名、オブザーバー5名

- ・平成23年度内に登録利用促進機関が実施する公募・選定に関する方針
- ・供用開始以後の本格的な利用研究に向けて、XFELの利用推進方策・体制等についての具体的な計画である「XFEL利用推進計画」の策定
- ・その他XFELの利用推進に必要な事項

重点戦略課題推進部会

委員7名、装置者側オブザーバー1名

- ・公募要領の策定、重点戦略研究課題の選定
- ・実施課題の進捗状況の調査・把握
- ・中間評価及び資源配分の変更
- ・シンポジウムの開催

X線自由電子レーザー 重点戦略研究課題

公募・選考



SACLAの利用
重点戦略課題の遂行

【事務局】

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の概要

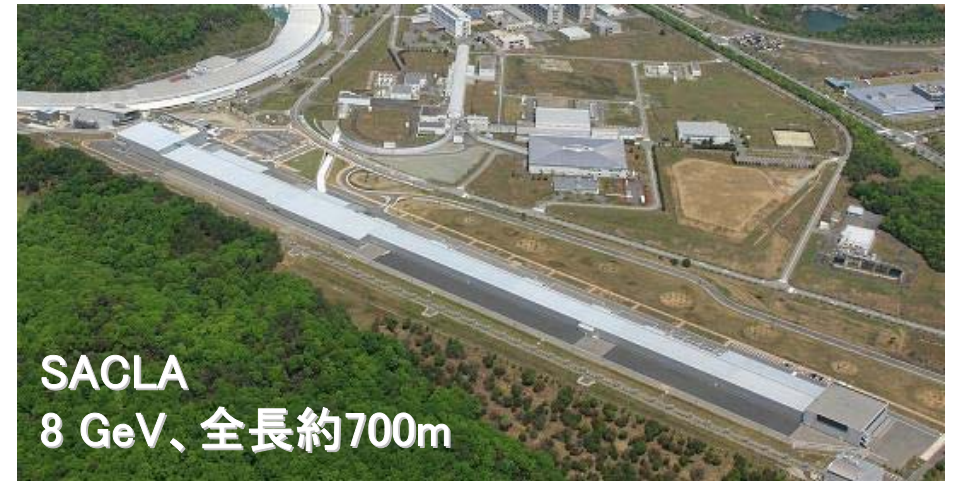
- 兵庫県の播磨科学公園都市にある世界最高のX線レーザーを生み出す施設
- 最大5本のビームラインを設置可能（当初は2本）
- 第3期科学技術基本計画の国家基幹技術として、平成18年度～22年度にかけて開発・整備。欧米に比べ最もコンパクト且つ低予算で完成。

SACLAの特長

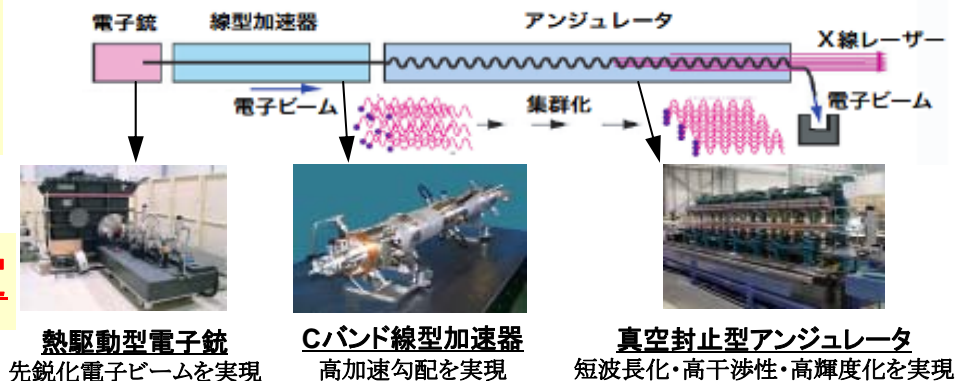
- ・ **短い波長** [硬X線→原子レベルでの解析が可能]
- ・ **短いパルス** [フェムト秒パルス→化学反応等の極めて早い動きの解析が可能]
- ・ **質の良い光** [高干渉性→試料を調製しなくても生きたままでの解析が可能]

**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！**

平成24年3月に多くの研究者等への供用を開始予定



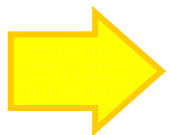
◆ X線自由電子レーザーの構成



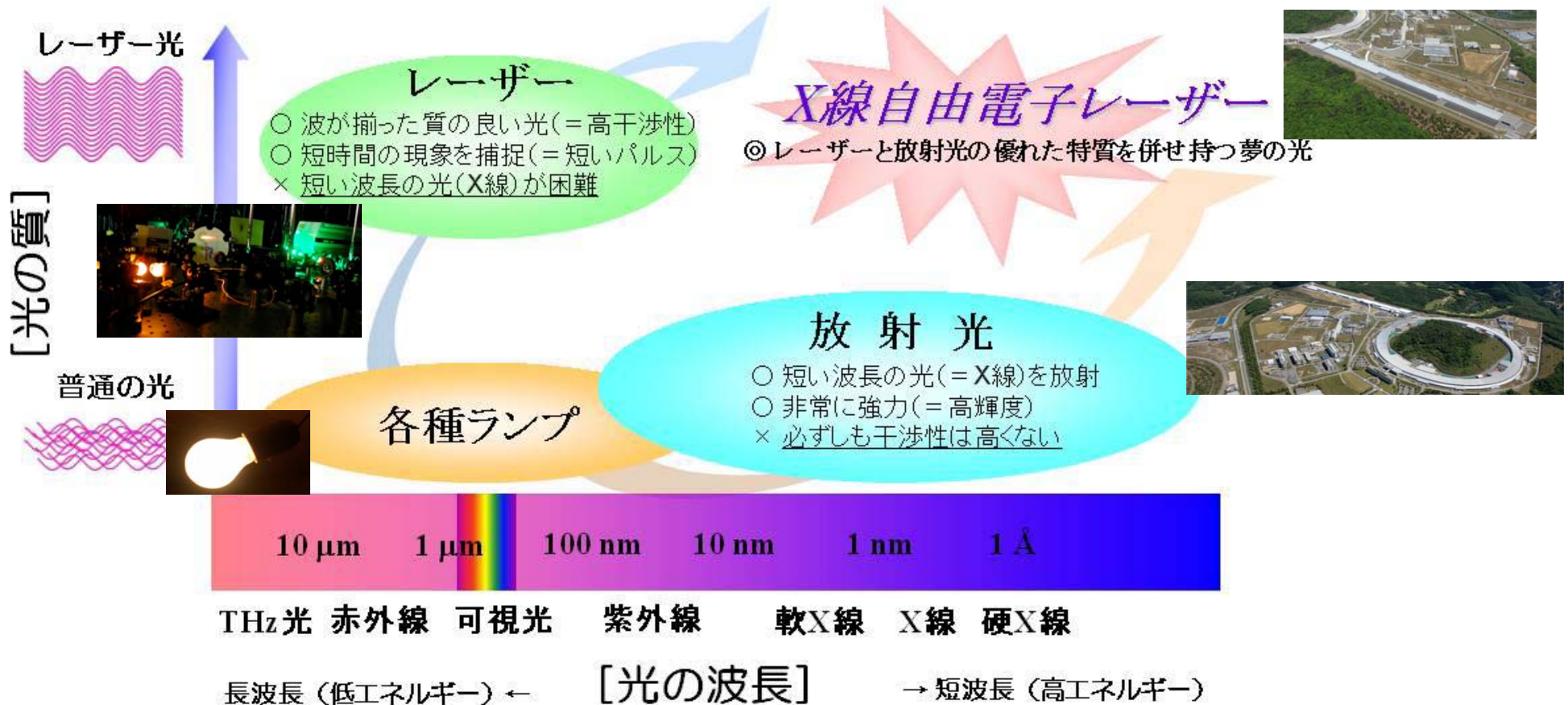
X線自由電子レーザーの特長

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。
ライフサイエンス・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。**



達成した光のスペック

平成23年6月7日16時10分 世界最短波長(0.12nm)となるX線レーザーの発振に成功

2月末のビーム運転開始からわずか3カ月での達成

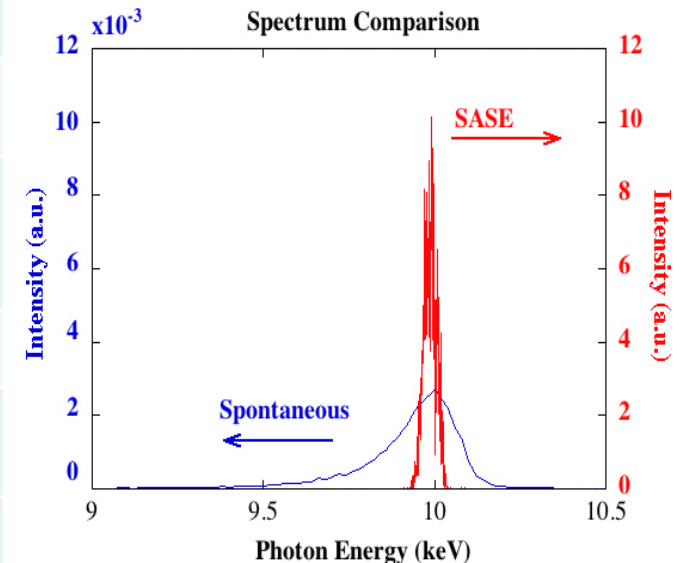
米LCLSで2年かかった調整を短期間に効率良く行うために、プロトタイプ機SCSS試験加速器から得た知見を十二分に活用し、ハードウェア、ソフトウェアの最適設計と綿密な調整計画の構築に努めた。






レーザー発振の記録

6/7	0.12nm
6/10	0.10nm
7/13	0.08nm
10/28	0.063nm

	設計基本パラメータ	平成23年12月現在の状況
電子ビームエネルギー	8GeV	8.3GeV
波長	最短で0.06nm	0.063nm (10/28) 更に短波長化を進める
ピーク輝度	10^{32} photons/sec/mrad ² /mm ² / 0.1% bandwidth	10^{34} photons/sec/mrad ² /mm ² / 0.1% bandwidth
パルス長	100 fs以下	10fs
ビーム径	0.2 mm ϕ (波長0.06nm、試料位置)	0.2 mm ϕ
コヒーレント性	100%(SP8の1000倍)	60ミクロン領域でほぼ 100%



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
	<p><u>DESY</u>: Deutsches Elektronen-Synchrotron (ドイツ電子シンクロトロン研究所) European X-ray Free Electron Laser</p>	<p>理化学研究所 & 高輝度光科学研究センター SACLA S<u>P</u>ring-8 <u>A</u>ngstrom <u>C</u>ompact Free Electron <u>L</u>aser</p>	<p><u>SLAC</u> National Accelerator Laboratory: <u>S</u>tanford <u>L</u>inear <u>A</u>ccelerator <u>C</u>enter (SLAC国立加速器研究所) LCLS: Liniac Coherent Light Source</p>
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	<ul style="list-style-type: none"> ・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>	<ul style="list-style-type: none"> ・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>	<ul style="list-style-type: none"> ・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>