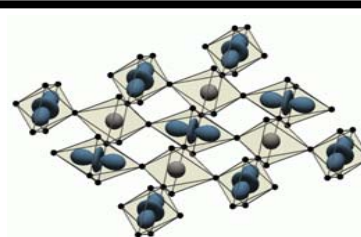
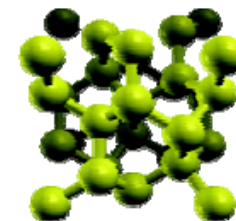


光・量子ビーム研究開発の融合・連携によるイノベーションの創出 【資料4-3】

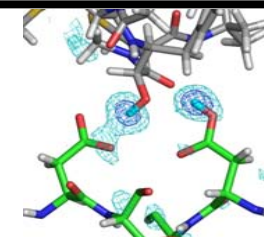
- 光・量子ビーム技術は、ナノテクノロジー、ライフサイエンス、IT、環境等の広範な科学技術や産業応用に必要不可欠な基盤技術。
- 我が国の光・量子研究開発における融合・連携を促進させ、産学官の多様な研究者が参画できる研究環境を形成し、イノベーションの創出、ものづくり力の革新を実現させる。
- これにより、他国の追随を許さない世界トップレベルの研究開発を先導する。



時間分解X線回折法による光誘起構造転移

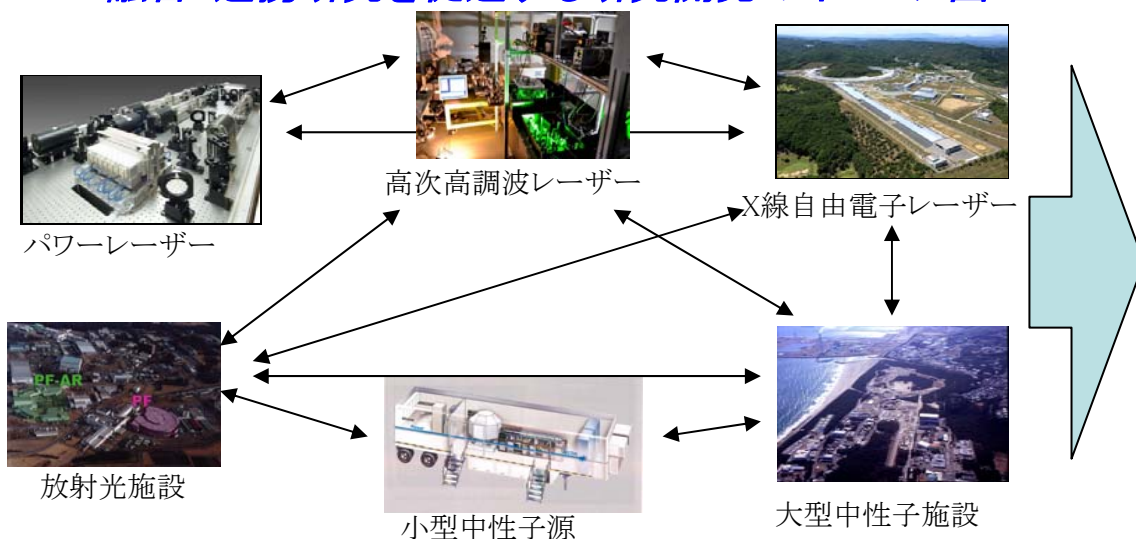


レーザー超高压による新物質材料創生



HIV-プロテアーゼの触媒基の解離状態

～ 融合・連携研究を促進する研究開発のイメージ図 ～



< 想定している研究開発テーマ >

- XFEL、放射光、レーザーによる軟X線利用による化学反応過程の解明研究プラットフォーム
- パワーレーザーとXFELのコラボレーションによる物質科学研究
- コンパクトERL、放射光、レーザーによるフェムト秒オーダーの物質ダイナミクス研究
- 中性子と放射光による構造生物学的手法による化学反応プロセスの解明
- 中性子とミュオンによるダイナミクス階層性研究
- 電子線、ガンマ線、イオンビーム、レーザー、放射光、中性子を複合的に用いた先端機能材料、素子の研究開発
- 基盤技術として光・量子科学を支える次世代加速器等の高度化・小型化に向けた研究開発

- ✓ 「量子ビーム技術」と「光科学技術」の一体的な研究開発・利用研究を支援。
- ✓ 光・量子ビーム分野において、“横断的・統合的利用の成功事例となる利用研究”と“その実現を目指した技術開発”を推進し、他分野の研究者にその有効性・先進性を展開。
- ✓ これにより、先端光・量子技術を複数使い熟す研究者の増加、若手人材育成、コーディネーターの資質を有した研究者の育成を図るとともに、産業界を含めた利用者の裾野を大きく広げる研究開発を推進。

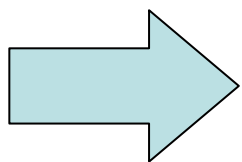
融合・連携を促進する利用者本位の技術開発・利用研究によりイノベーション創出を実現！

光・量子融合連携基盤技術開発（仮称）～具体的成果等イメージ①～

○量子ビーム技術と光科学技術の一体的な研究開発・利用研究を支援。

○光・量子ビーム分野において横断的利用の成功事例となる利用研究とその実現を目指した技術開発を推進し、他分野の研究者に魅力的をアピール。これにより、横断的利用を行う研究者数の増加、ひいてはコーディネーターの資質を有した研究者の育成を図る。

○産業界を含めた利用者の裾野を大きく広げる研究開発を推進。



これらの提言を具体的に実現するものとして、今後、重点的に取り組むべき研究開発としては以下が考えられる。

(1)XFEL、放射光、レーザーによる軟X線利用プラットフォーム

概要

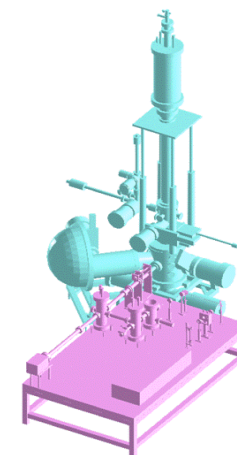
超高速分光は、放射光、レーザー及びFELの連携あるいは役割分担が非常に重要で、それぞれ時間スケールとかエネルギー範囲、繰り返しなどを総合的に研究していく分野である。これらデバイスを融合連携させることにより、超高速光電子分光を行う。

期待される成果

超高速分光により、化学反応の解析が可能となり、光合成の反応、タンパク質の視神経、視覚の問題、表面の触媒反応など超高速分光を行うことにより解明を目指す。



放射光電子分光装置



レーザー光電子分光装置の概念図

光・量子融合連携基盤技術開発（仮称）～具体的成果等イメージ②～

(2) パワーレーザーとXFELのコラボレーションによる物質科学研究

概要

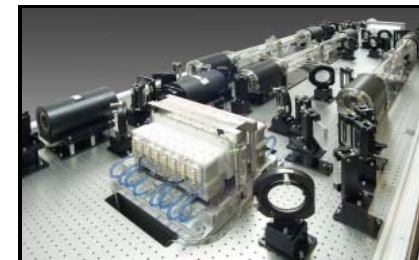
TW～PWパワーレーザーを生成した極限状態をXFELで高精度プローブによるX線散乱・回折診断により、「真空の物理」や「高エネルギー密度新物質創生」などを目指した高エネルギー密度科学研究を進める。

期待される成果

動的圧縮による表面硬化・寿命改善や極限環境下で利用できる新材料創成を目指す。



X線自由電子レーザー施設
SACLA



物質の極限状態を生み出すことのできるパワーレーザー

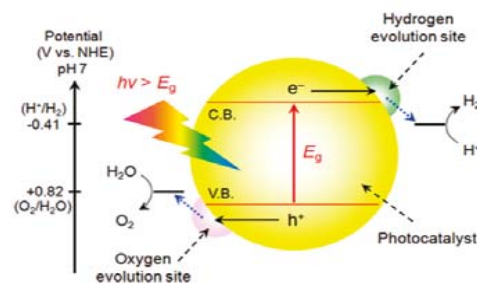
(3) コンパクトERL、放射光、レーザーによるフェムト秒オーダーの物質ダイナミクス研究

概要

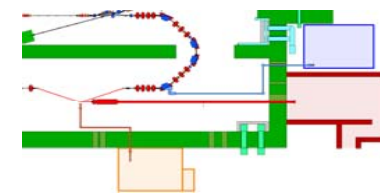
コンパクトERL、放射光、レーザーのそれぞれの特性（波長、パルス幅など）を利用して、フェムト秒時間分解解析、光触媒反応のピコ秒時間分解実験等の物質の電子状態と構造の高速ダイナミクス研究を進める。

期待される成果

触媒反応等について、電子状態変化等も含んだ構造変化を分析することで、新規触媒開発、エネルギー変換・貯蔵素子等のナノデバイス開発研究等への展開が期待。



本研究によって解明を目指す
光触媒反応



コンパクトERLを利用した
フェムト秒オーダーの物質
科学研究

光・量子融合連携基盤技術開発（仮称）～具体的成果等イメージ③～

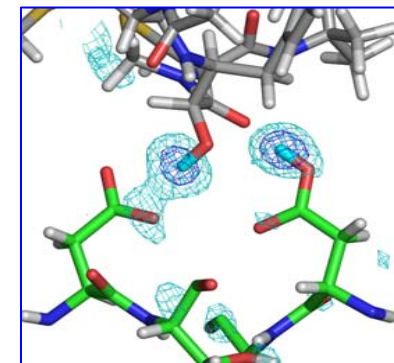
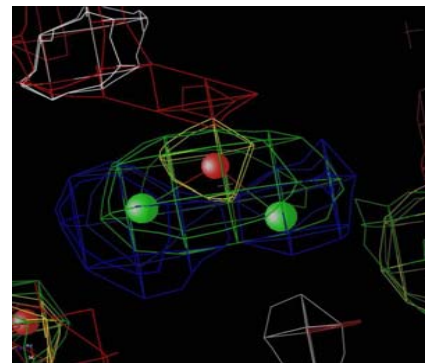
(4) 中性子と放射光による構造生物学的手法による化学反応プロセスの解明

概要

中性子と放射光のそれぞれの特性（構造解析は放射光、水、水素の挙動は中性子）を利用して、光合成反応における水分解の科学プロセスの解明や、薬剤がタンパク質に結合する際の分子論的な理解の進展を進める。

期待される成果

生命分子システムの機能発現メカニズムの解明により、新しい方法論による創薬や機能性材料の早期実現が期待。



放射光による高分解能構造解析が中性子構造解析の必要性を喚起
(中性子と放射光の相補利用によって始めて明らかにされた水分子の位置)

HIVプロテアーゼにおける水素の位置を示した図

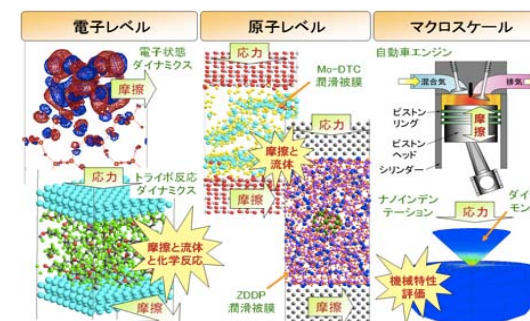
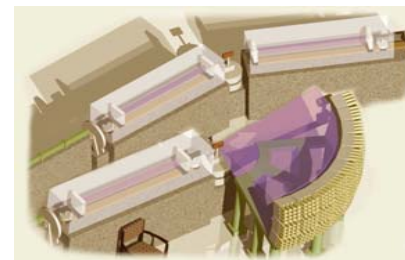
(5) 中性子とミュオンによるダイナミクス階層性研究

概要

同一対象に対して、中性子（低エネルギー、原子・分子解析に有利）とミュオン（高エネルギー、バルク表面解析に有利）の測定を相補的に行うことで、広大な時間スケールのダイナミクスの解明を目指す。

期待される成果

自動車エンジンのシリンダーやピストンなどが摩擦によっておこるメカニズムを原子レベルのみならず電子レベルで解析。Tribology（摩擦と潤滑の科学）に貢献。



J-PARCに建設中の中性子スピンエコー分光器群VIN-ROSE

Tribology（摩擦と潤滑の科学）への展開

光・量子融合連携基盤技術開発（仮称）～具体的成果等イメージ④～

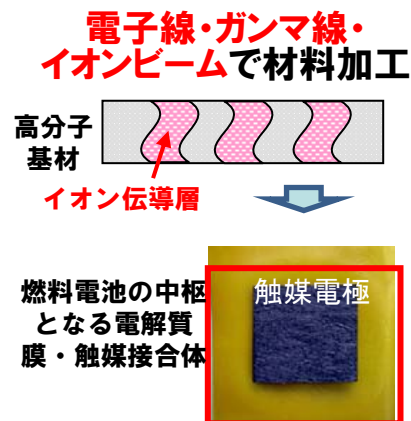
（6）電子線、ガンマ線、イオンビーム、中性子を用いた燃料電池の高性能化

概要

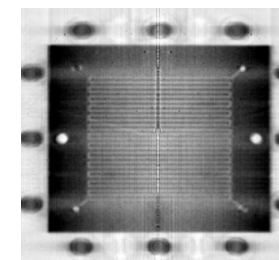
燃料電池材料の中核となる電解質膜や触媒接合体を電子線・ガンマ線・イオンビームで加工。中性子で材料内部の水分布を測定する。

期待される成果

燃料電池材料開発でボトルネックとされている電極材料の劣化メカニズムの解明により、燃料電池の高性能化を図る。



中性子で内部の水分布を測定



高性能な燃料電池材料を開発

（7）基盤技術として光・量子科学を支える次世代加速器等の高度化・小型化に向けた研究開発

概要

小型陽子加速器を用いた中性子源を構築し、主にものづくり分野の企業（自動車・航空産業）や大学・研究機関と共同で中性子イメージングに関する研究開発を行い、その有用性を実証することを目的とする。

期待される成果

従来技術では不可能であった橋梁等大型建造物の内部を直接可視化する方法を確立、効率的な交通インフラの再生・強化に貢献。また、自動車のエンジンや燃料電池、飛行機の機体材料など、高品質商品の研究開発スピードを飛躍的に高める。



橋梁やメーカー等工場などでその場観察が可能となる小型・可搬型中性子イメージングシステム



我が国には約15万の橋梁があるが、その多くは建設後40～50年が経過し、疲労や劣化が生じている