

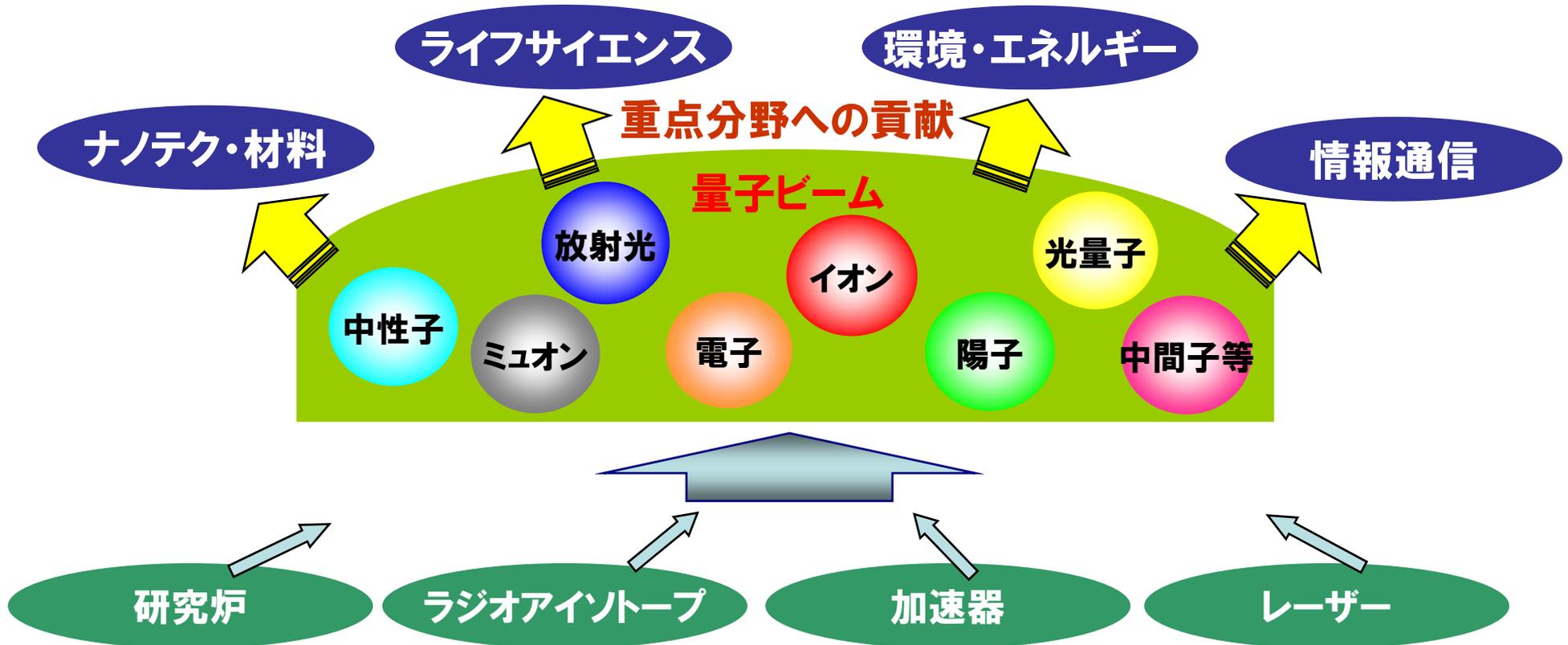
日本原子力研究開発機構における 中性子利用研究の展開

2008年11月12日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
岡田 漱平

1. 量子ビームテクノロジーの概念

加速器、高出力レーザー装置、研究用原子炉等の施設・設備を用いて、高強度で高品位な光量子、放射光等の電磁波や、中性子、電子線、イオンビーム等の粒子線を発生・制御する技術、及び、これらを用いて高精度な加工や観察を行う利用技術からなる新たな技術領域。
原子力政策大綱(第1章 1-2.)



- ◆従来と比較して強度が強く、目的にあった質の高い粒子線や電磁波の発生・制御が可能に
- ◆利用技術の高度化と多様化が進展



3. 量子ビーム利用研究のねらい

量子ビームが持つ「みる」、「つくる」、「なおす」機能を利用

環境・エネルギー研究領域:

- ・石油由来の高分子材料に替わる植物由来のカーボンニュートラル材料の開発
- ・環境浄化や有用資源回収に有用な高性能金属捕集材の実現
- ・水素製造等に応用できる触媒の開発 ・貴金属を使わない排気ガス触媒の開発
- ・画期的な再処理プロセスを目指した分離抽出剤の開発 など

生命科学・先進医療・バイオ技術研究領域:

- ・生体高分子の機能解明による新規治療法や効果の高い薬剤の創出
- ・がん治療等に向けたレーザー駆動粒子線加速器の実現 ・放射線治療の高度化
- ・遺伝子資源の開拓、イオンビーム育種技術の革新、バイオ農薬・肥料、環境浄化植物の開発 など

物質・材料研究領域:

- ・来るべき水素化社会で必要となる水素貯蔵材料の開発
- ・超伝導材料や高密度磁気記録材料等、次世代を担う機能性材料の創出
- ・新しい概念に基づく新規触媒の開発 ・非破壊・非接触の診断技術の開発 など



- 「暮らし」と「いのち」に密着した研究
 - 「夢」を実現する研究
- } で世界の未来を拓く

4. 環境・エネルギー研究領域

カーボンニュートラルなプラスチックの創製



世界初の弾性ポリ乳酸の開発に成功



- ・加熱しても白濁しない
- ・熱に強い
- ・曲げても折れない

ガンマ線や電子線を利用した橋かけ技術により、高分子材料の特性改善

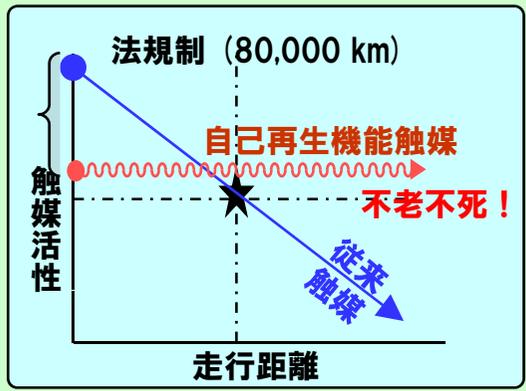
環境負荷を低減した高分子の開発

環境中に希薄に存在する有用資源を回収する技術の開発に成功



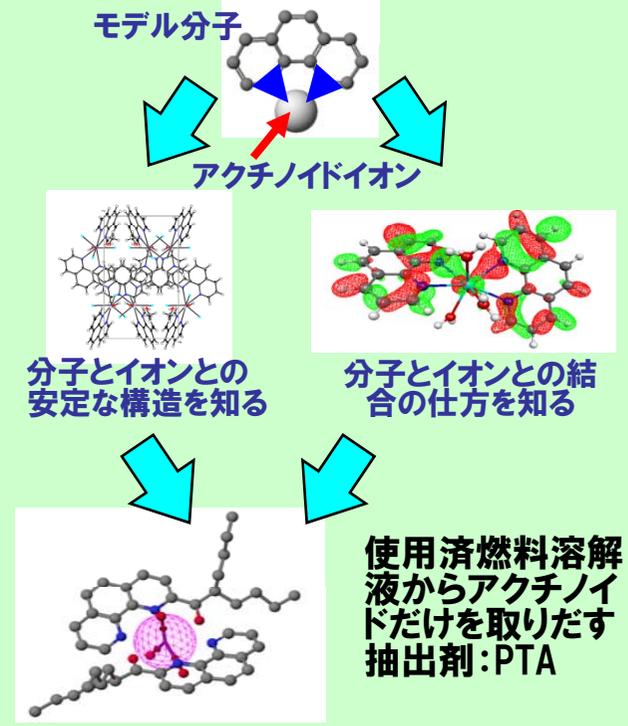
ガンマ線や電子線を利用した橋かけ技術により、機能を付与した資材を開発

放射光を用いて自己再生を繰り返すスーパーインテリジェント触媒の開発に成功



資源の活用と環境の保全

放射光による分子構造解析に基づく抽出剤ピリジンアミドの開発



使用済燃料溶解液からアクチノイドだけを取り出す抽出剤: PTA

Pu^{4+} , Am^{3+} , Cm^{3+} だけを分離可能

再処理プロセスの簡素化によるコストダウンや環境負荷低減に期待

環境を守る新規物質の開発

地球に優しい新機能材料の創成、地球環境に役立つ資源の回収・利用を目指す

新しいエネルギー資源利用のための研究

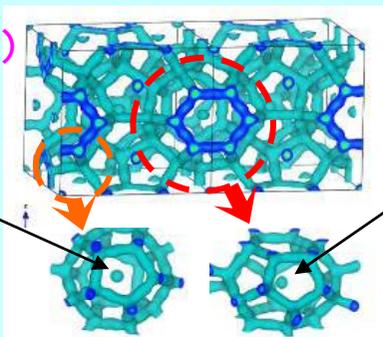
- 中性子でガスハイドレートの構造特性研究と、新たな研究への展開 -

メタンハイドレートなどの結晶構造変化を中性子散乱法で調べ、特性に関する基礎的な知見の獲得を目指す。

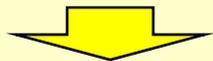
キセノンガス(Xe)ハイドレートの構造(核密度)解析

10 K(-263℃)の極低温

12面体中:
球状分布



14面体中:
楕円体状分布



比較データ取得のために、極低温の水を製作

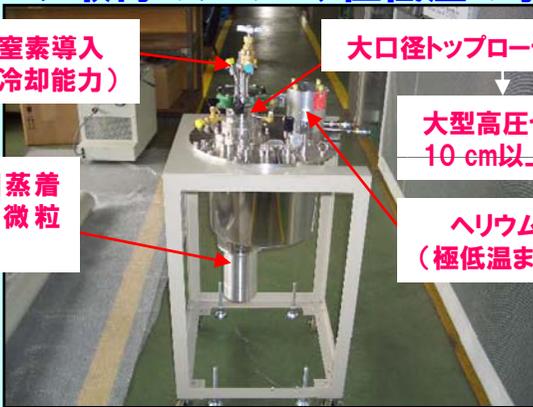
液体窒素導入
(高い冷却能力)

大口径トップローディング式

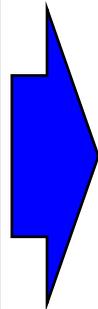
低温気相蒸着
による水微粒
子の生成

大型高圧セル(直径
10-cm以上)内蔵可

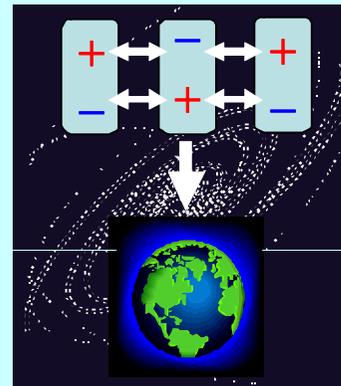
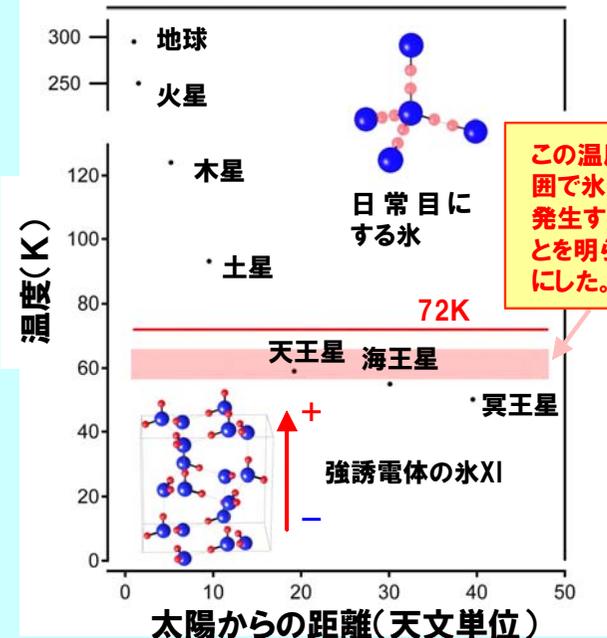
ヘリウム冷凍機
(極低温まで冷却可)



→作った氷の温度は宇宙環境中に極めて近い



- ・ 57 K(-216℃)から66 K(-207℃)で強誘電体の氷XIが発生
- ・ 一度発生した氷XIは72 K(-201℃)より低い温度で安定に存在



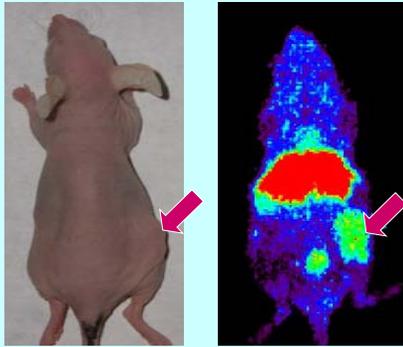
宇宙空間を模擬した条件下で、電気的に強い作用を持つ氷の存在を中性子解析により明示



宇宙氷の研究から惑星誕生加速のモデルを提唱

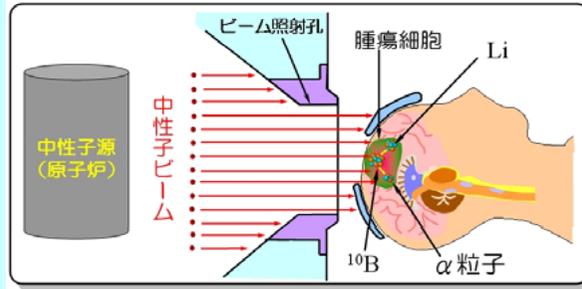
5. 生命科学・先進医療・バイオ分野の研究

イオンビームや中性子を利用して新しいRI-DDSの開発に成功



^{64}Cu 標識抗体の開発による腫瘍の診断

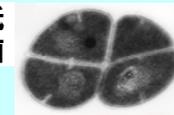
ホウ素中性子捕捉療法(BNCT):腫瘍細胞のみを集中的に治療する技術を開発



JRR-4での研究例が通算100件に到達 (H19年1月)

DNA修復促進タンパク質を実用化

放射線抵抗性細菌



ガンマ線を利用した放射線抵抗性細菌の遺伝子修復機構の解明研究の成果

(株)ニッポン・ジーンから遺伝子試薬として発売(H17年11月)

ガンマ線や電子線を利用した橋かけ技術でハイドロゲル創傷被覆材の実用化



小型/超高強度/極短パルスレーザー装置を用いて、数MeV級の陽子線の発生に成功

小型がん治療装置の概念図



イオンビームの特性を活かした育種技術を開発し、有用新品種の作出に成功



無側枝性輪ギク:新神2



新花色オステオスペルマム:ヴィエント・フラミンゴ



NOx高吸収能化ヒメイタビ

新品種登録と市場での販売

新規診断・治療法や医療用資材の創出

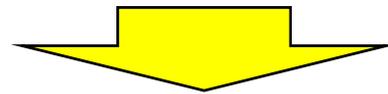
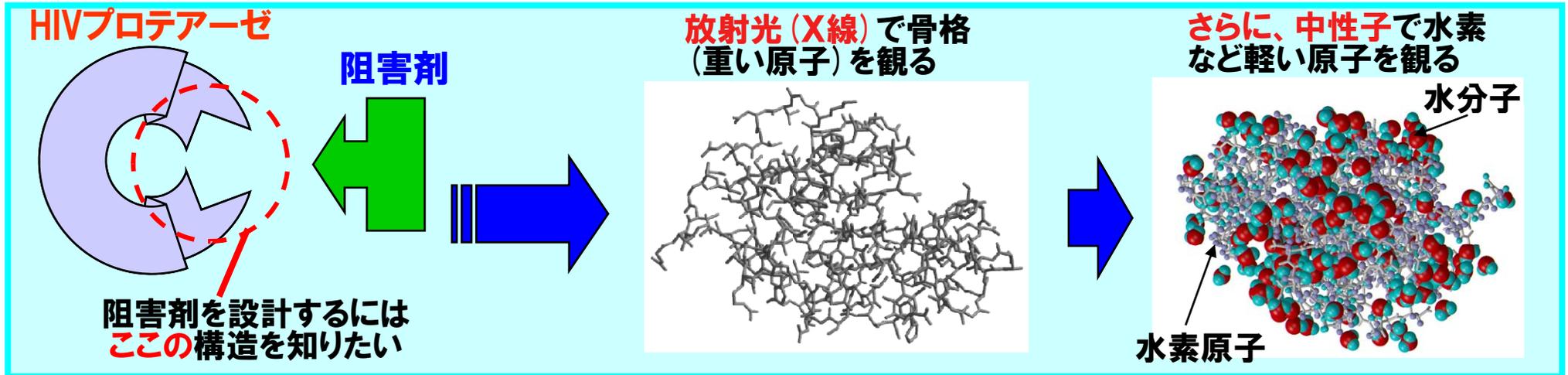
先進的ながん治療技術の開発

生物・遺伝子資源の活用

生命活動の理解を通して、難病の克服への貢献や生物機能の活用を目指す

創薬に向けたタンパク質の構造解析研究

- 中性子で生体分子中の水素原子(水分子)の位置を決める -



水分子

水素原子 (H)

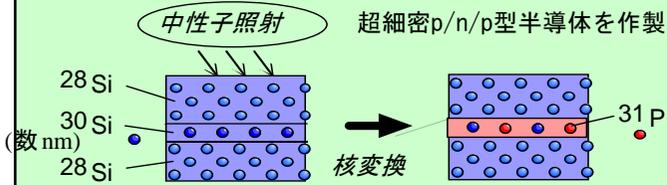
阻害剤

HIVプロテアーゼ

X線と中性子線の相補利用により、
HIV-プロテアーゼ (エイズウィルスの
活性発現に必要なタンパク質) と阻
害剤 (KNI272) の複合体の全原子
構造解析に世界で初めて成功

6. 物質・材料分野の研究

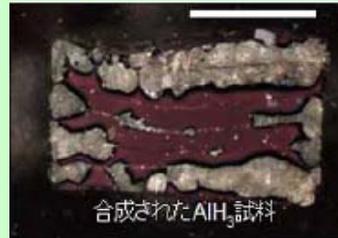
中性子による核変換を利用して薄膜半導体を創製



- ・中性子転換ドーピングによるn型層の作製
- ・同位体濃縮された²⁸Si、³⁰Si層の作製

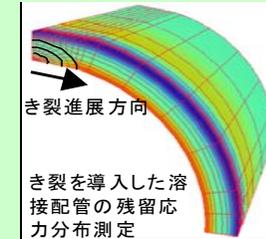
⇒高集積、低発熱素子開発

放射光による観察を利用して、アルミニウムと水素の直接反応によるアルミニウム水素化物合成に世界で初めて成功



軽量水素貯蔵材料の開発を加速

中性子と放射光を相補的に利用して、金属材料内部の残留応力を非破壊で測定



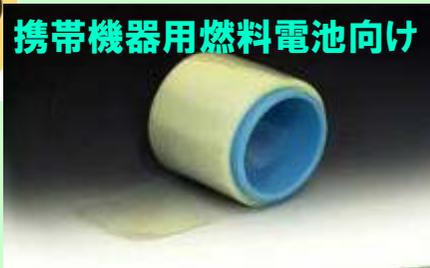
溶接配管や自動車エンジンなどの内部応力を、表面から3cmの深さまで測定可能

実用材料の健全性評価に貢献

ガンマ線や電子線を利用して高性能の燃料電池用電解質膜や隔膜を創製



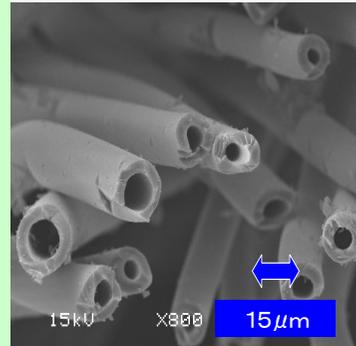
携帯機器用燃料電池向け



開発したロール状電解質膜

高性能・高機能化材料の創成

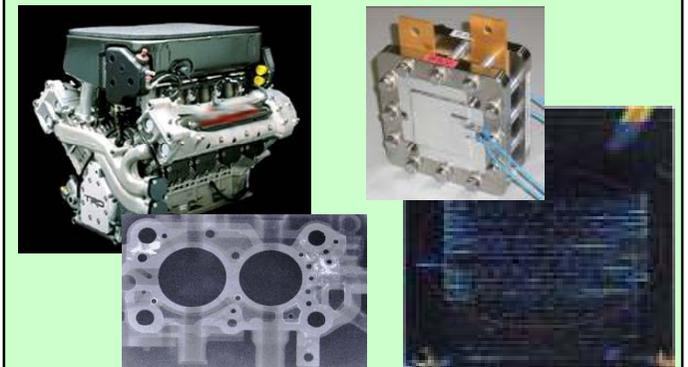
ケイ素系高分子繊維の電子線酸化架橋によりSiCマイクロチューブを開発



HTTRのIS法における水素透過膜へ応用

クリーンな水素化社会の実現に貢献

中性子でエンジンの内部構造や動き、燃料電池セパレータ内部の水分布を可視化



耐久性や燃費の向上などに貢献

材料・機械の信頼性向上に貢献

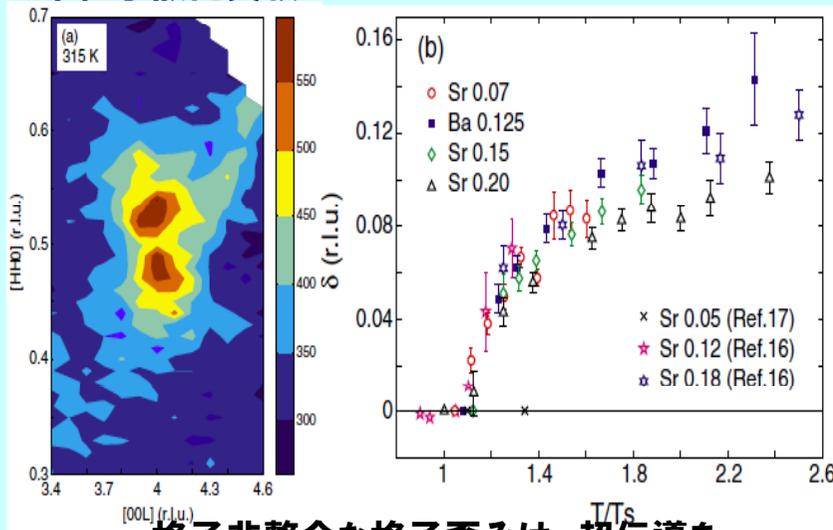
量子ビームで物質や材料の特性を深く理解し、機能や性能の向上を目指す

省エネ社会の実現に向けた超伝導の研究

- 中性子で超伝導が起きる仕組みを明らかにする -

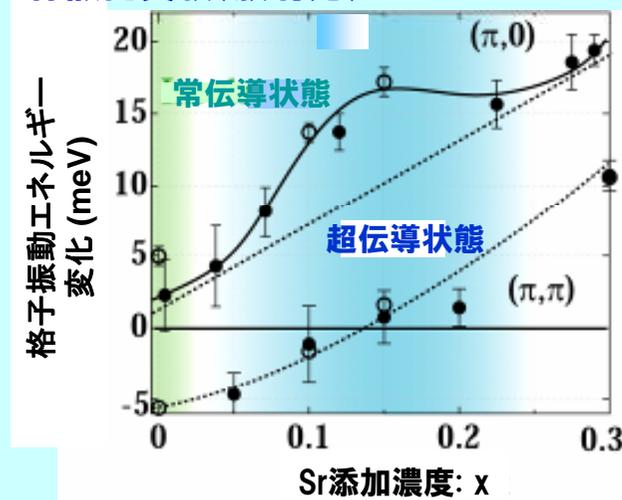
中性子とX線(放射光)を相補的に利用した高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ における格子異常の研究

中性子散乱実験

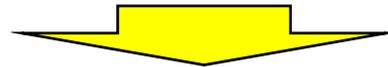
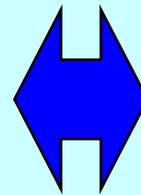


格子非整合な格子歪みは、超伝導を示す試料に普遍的であることを発見

X線散乱実験(放射光)



高温超伝導発現機構における格子振動の関与を指摘



超伝導の応用として期待されるリニアモーターカー

- 中性子・放射光の相補的利用や、研究機関間の連携などによる横断的な取り組み
- J-PARCからの高強度パルス中性子ビームの利用

高温超伝導の発現機構解明への期待