

将来計画

タンデム加速器の改良

現在、世界最大の加速電圧である約1900万ボルトでの安定なビーム加速を実現しています。イオン源、ビーム光学系、制御系、診断系、駆動系など、様々な分野において改良を続けており、更なる高電圧（2000万ボルト）、大強度、安定なビーム加速を目指しています。

また、非密封RIや核燃料の標的利用を拡充するために第2照射室の整備を進めています。

新たなるビーム種の開拓

BビームやCaビームの安定供給に引き続き、負イオン源でのイオン化技術の開発を進め、ビーム種の拡大・安定化を進めます。また、原子力機構のタンデム加速器の特徴の一つである高電圧端子内に設置した重イオン入射器を活用して、炭素クラスタービームの加速開発を行っています。炭素クラスターの正イオンを直接入射することができるため、負イオン入射と異なり途中の荷電変換による損失がなく、世界最高水準の強度・エネルギーで炭素クラスタービームが加速できると期待されています。

イオンビーム分析・照射技術の開発

重イオンを用いたラザフォード後方散乱分光(RBS)法や、¹⁵N、¹⁹Fビームによる核反応分析(NRA)法の開発を行っています。試料中の元素分析や水素分析を高分解能で検出する装置です。また、大面積に均一にビームを照射することで、ナノセンサ等の開発研究を推進しています。

社会貢献

世界最高水準の研究教育拠点を目指します

タンデム加速器の実験利用のうち、約6割が原子力機構以外の大学・研究機関などの研究者が参加して行われています。当施設を利用した実験での修士号、博士号の取得者も多く、人材育成に貢献しています。

研究成果として、多くの核種の発見や、原子核構造、核化学的・原子物理的挙動の解明、測定技術の確立などがあります。

これらの成果は、物理学、化学、工学だけでなく、医学や生物学、地質学や考古学など他の分野にもおよび、また、高機能バイオセンサー、リチウムイオン電池などの開発・産業技術への貢献も期待されています。

タンデム 加速器施設

タンデム加速器施設は、重イオンによる原子核物理、核化学、物性物理の基礎的研究を目的として建設され、1982年に定常運転が開始されました。1993年には後段加速器として超伝導ブースターが完成し、研究で利用できる重イオン核種が大幅に拡大されました。また、2007年に高電圧端子内重イオン入射器を更新し、加速核種を拡大し、加速エネルギー・ビーム電流を増強しました。

世界最大の静電加速器

加速器とは様々なイオンを電場で加速する装置です。

原子力機構の東海タンデム加速器は、静電加速器としては世界最大の1900万ボルトの加速電圧を発生させることができる、世界トップレベルの加速器です。

この正の高電圧は、高電圧端子と地上電位との間でペレットチェーンを走らせ、ペレットに電荷を運ばせることで発生させます。

負イオン源で生成された負イオンは、正の高電圧端子に向かって1度目の加速をされます。高電圧端子部にはイオンの電荷を-から+に変換する電子ストリッパがあり、負イオンは多価の正イオンに変換され、電荷分析電磁石で折り返し、再び地上電位に向けて2度目の加速をされて高エネルギーイオンになります。このように2段階でイオンを加速することから、「タンデム加速器」と呼ばれています。

また、高電圧端子部には高多価の正イオンを直接入射する高電圧端子内重イオン入射器が設置されており、希ガスイオンなどの大電流加速に供しています。

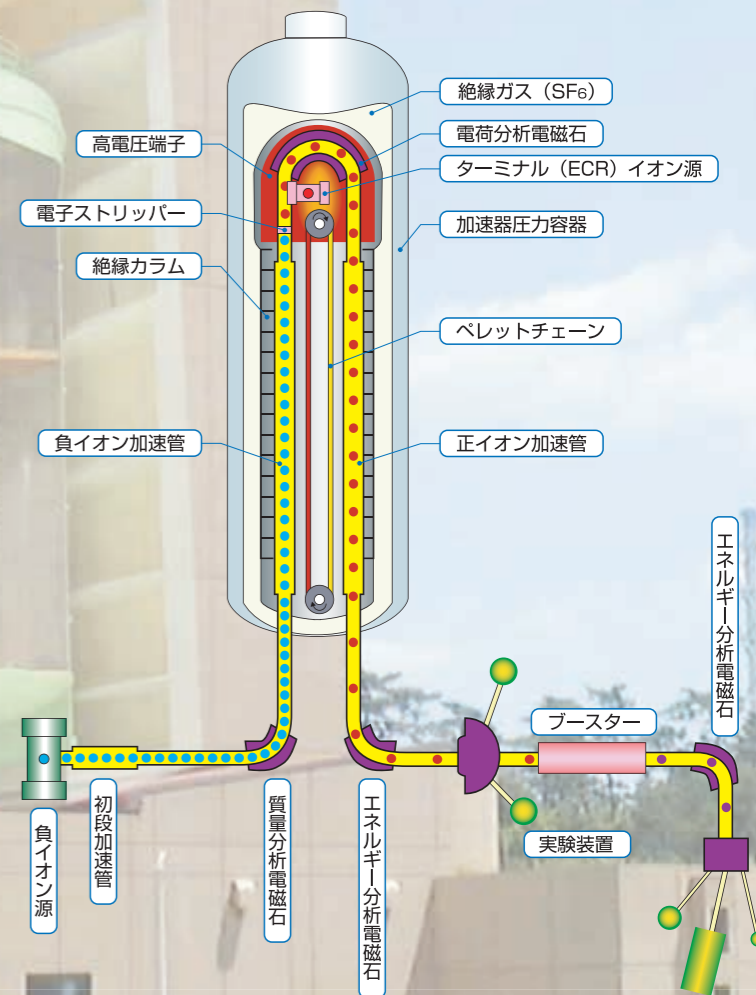
他の加速器(線形加速器、サイクロトロン、シンクロトロン)と比べて、

- 1) エネルギー可変が容易であり、任意のエネルギーが設定できしかも精度が高い。(～10keV)
- 2) ビーム拡がり小さい。(1mmφ)
- 3) 加速イオン種が豊富。(約50元素、200核種)などの利点があります。

タンデム加速器主要諸元

端子電圧	2.5～19MV
加速可能イオン	水素からビスマスまで
負イオン入射エネルギー	50～270keV
ビーム電流例	陽子 1μA 塩素、ヨウ素 0.5pμA
電圧分割	抵抗分割
荷電装置	2連ペレットチェーン
絶縁ガス	SF ₆ ガス、0.65MPa
圧力容器	直径8.3m、全長26.6m
絶縁支柱	直径2.74m、全長13.72m
ターゲット室	6室、ビームライン13本 ブースター用1室、3本

タンデム加速器施設鳥瞰図

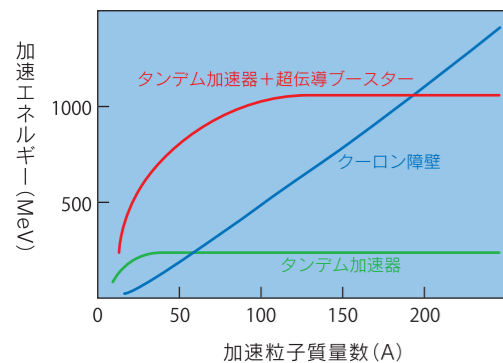


超伝導ブースター

加速エネルギーを飛躍的に向上

タンデム加速器で加速されたイオンをさらに加速する線形加速器です。

-269℃に冷却された超伝導加速空洞によって、少ない電力で非常に高い電界を発生させています。



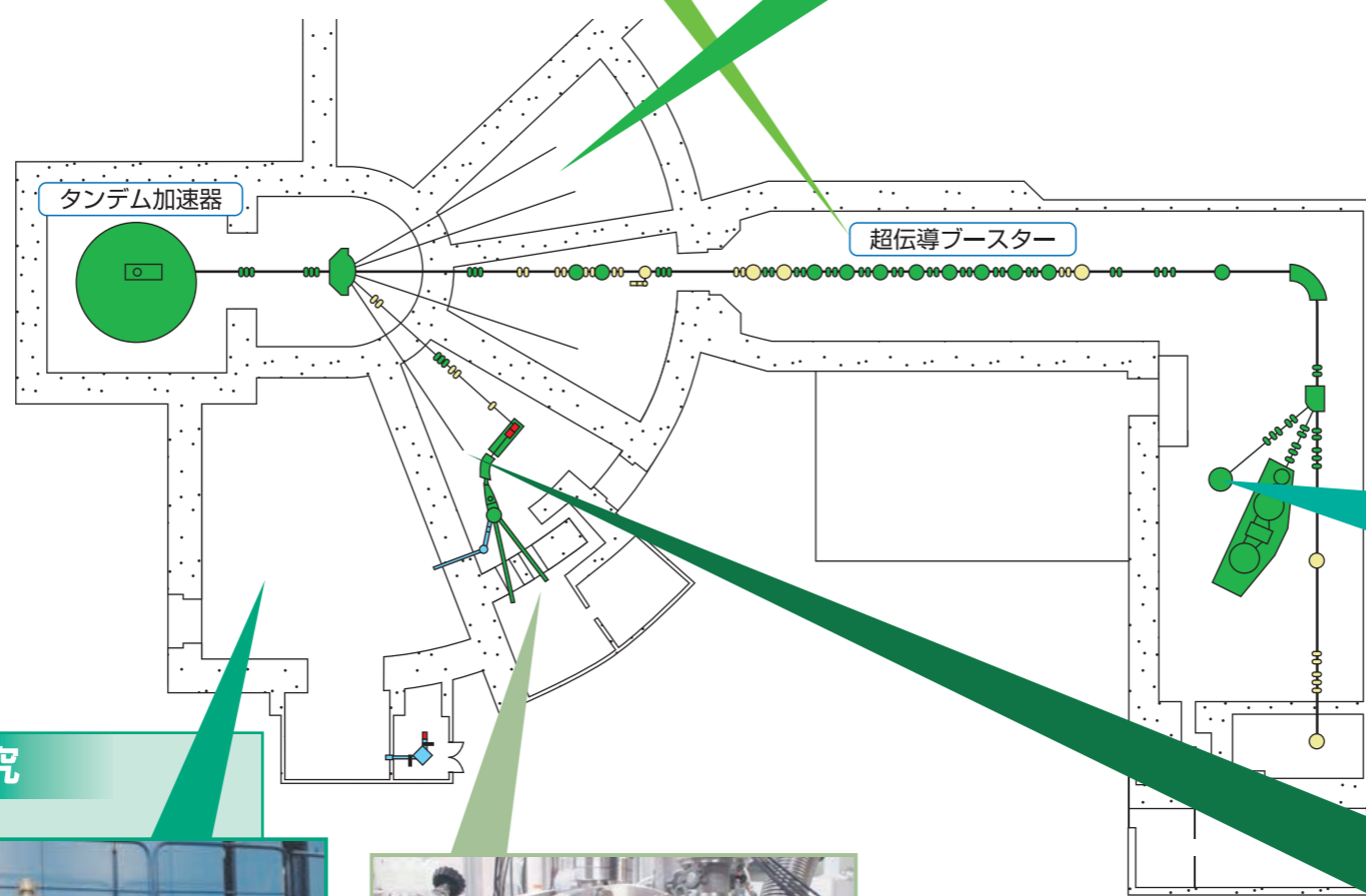
エネルギーしきい値 (クーロン障壁) 以上の加速エネルギーを得ることができ、より重い領域において核反応を起こすことが可能です。

超伝導ブースター主要諸元

形式	同軸1/4波長型
共鳴周波数	129.8MHz
最適ビーム速度	0.1c(光速)
最大表面電界	4.6MV/m
最大表面磁界	7.5mT/(MV/m)
加速長	0.15m
加速ギャップ	0.04m×2
ドリフトチューブ長	0.07m



超伝導加速空洞はこれらの極低温高真空容器10台の中にそれぞれ4つずつ収められています。ビームは写真右上(奥側)から入射されます。



高エネルギー重イオンによる物性研究

タンデム加速器では多種類の重イオンを広範囲のエネルギーで加速することが出来るため、電子励起効果*の研究に最適であり、基礎研究から応用研究まで多くの研究が行われています。



電子励起効果の基礎過程の研究

電子励起機構の解明や、電気特性、磁気特性、光学特性に及ぼす過程について研究しています。

電子励起効果の応用研究

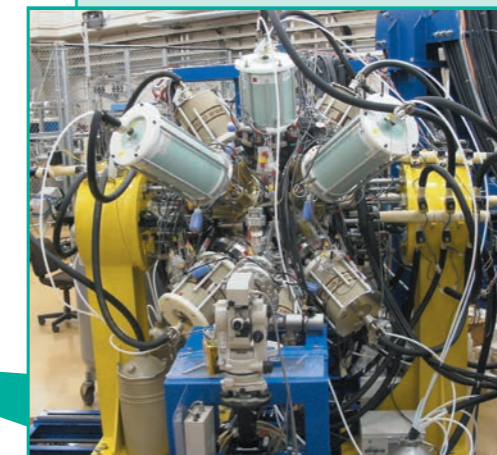
高温超伝導体の円柱状欠陥生成による臨界電流密度向上の研究、物質中のナノ粒子の変形の研究、円柱状欠陥をエッチングすることによりμオーダーの微細穴を作成しセンサーに応用する研究。

軽水炉燃料体の電子励起効果

タンデム加速器は核物質や放射性同位元素をターゲットにすることが可能です。酸化ウランの重イオン照射による放射線損傷の研究を行っています。

*電子励起効果…高エネルギー重イオンが固体を通過する時に起す原子の電離・励起が起こり、固体の原子の一部を動かしたり結晶構造自体を変えてしまったりする効果です。

測定技術の開発—多重ガンマ線検出器 GEMINI-II



ガンマ線検出器を球状に配置し、中央に置かれた試料からのガンマ線を高分解能かつ高感度で検出する装置です。

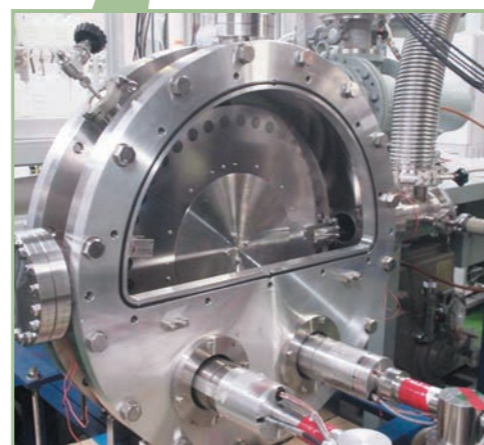
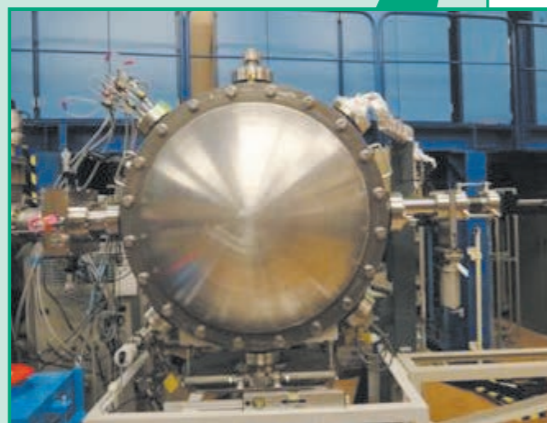
タンデム加速器からの重イオンビームを利用したガンマ線分光研究では、核構造に関するデータを取得しており、原子核構造理論や核構造データの集積に貢献しています。

放射化分析では、非破壊、高感度、高精度で、多元素を同時に分析することが出来ます。隕石や環境中汚染物質の分析などを行っています。

重原子核反応による代理反応の研究

寿命が短い原子核など直接標的を作成できない原子核の中性子入射核データを測定するための代理反応の研究を行っています。この方法ではウランやPb標的を利用し、タンデム加速器を用いた核子移行反応によって目的とするマイナーアクチノイド核を生成して、その壊変特性の測定から中性子断面積を導出します。

代理反応は放射性原子核の核反応特性を決定する新規で適用範囲の広い方法であり、重原子核の核反応、核構造の問題としてそれ自身がチャレンジングであると共に、これまで不可能だった種々の研究の定量化・精密化が可能になります。特に原子力の高度化に資することができる大きな可能性を秘めています。



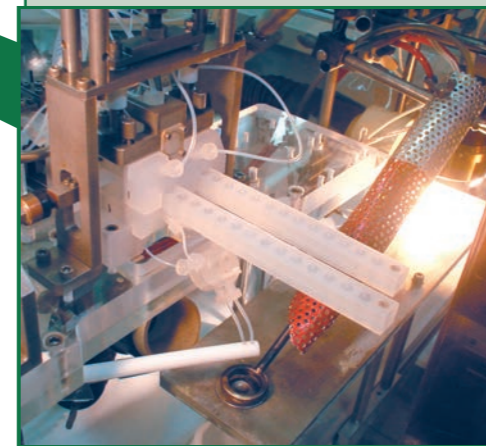
る超重核においてα-γ核分光を成功させました。これらの実験を通して、基底状態や励起準位のエネルギー、スピン・パリティなどの量子状態を決定し、超重原子核の殻構造を理解する研究を展開しています。

超重核の殻構造の解明

超重元素の安定性や存在限界はその原子核の殻構造と密接に関連しています。

核反応で生成した超重核を、照射位置から捕集位置まで速やかに搬送するガスジェット搬送法、捕集した線源を連続的に測定位置に移動させる回転円盤機構付き真空層、高効率のα線γ線の測定システムなどを開発することで、初めて原子番号101を超え

超重元素の価電子状態の解明



タンデム加速器から得られる軽・重イオンビームと標的核の核反応で生成するアクチノイドを含む超重元素の核化学的研究を進めています。特に超アクチノイド元素のように大きな原子では、中心の原子核電荷と軌道電子との間に特異な相互作用が期待され、周期表から推定される化学的性質に合わない振る舞いが予測されています。新たに開発しているユニークな実験手法を超重元素

の化学的研究に適用し、特に、超重元素のイオン半径や酸化還元電位、イオン化ポテンシャル、そして化合物形成といった観点から、重元素の価電子状態を明らかにしています。