

2000年3月30日
独立行政法人 理化学研究所

超伝導ウィグラーでの世界最高磁場を達成

理化学研究所（小林俊一理事長）は、（財）高輝度光科学研究センター（伊原義徳理事長）と協力し、国際科学技術センター（ISTC：International Science and Technology Center）を通じて、ロシアのノボシビルスク市にあるブドカー原子核物理学研究所（BINP：Budker Inst. of Nuclear Physics）と共同で超伝導ウィグラーを開発した。今年の1月から SPring-8 の試験施設で組み立て試験運転を行っていたところ、超伝導ウィグラーとしては世界最高である 10.3 テスラを達成した。

一般に超伝導ウィグラーは、電子（または陽電子）蓄積リングの直線部に挿入する強力磁石であり、強い磁場で電子ビームの軌道を曲げることによって高エネルギーX線を発生させる装置である。

これまでの超伝導磁石の線材は主にニオブチタンが用いられており、この場合は、8.0T（テスラ）を越える磁場を実現することは困難で、もっとも強力とされるものでも以下のような性能であった。

New Subaru	8.2 テスラ	日本	兵庫県立姫路工業大学(SPring-8 内)
VEPP-2M	8.0 テスラ	ロシア	ブドカー原子核物理学研究所
PLS	7.68 テスラ	韓国	浦項
CAMD (LSU)	7.56 テスラ	米国	ルイジアナ州立大学

このような背景のもと、理化学研究所は、米国・欧州連合・日本が中心となって運営する、国際科学技術センター（ISTC）を通じて、1996年以來ロシアのノボシビルスク市にあるブドカー原子核物理学研究所（BINP）と共同で、3ポールからなる高性能超伝導ウィグラーの開発研究を行ってきた。本年1月から SPring-8 の組立調整実験棟において、同ウィグラー単体での組み立て試験運転を行っていたところ、2月に超伝導ウィグラーとしては世界最高である 10.3 テスラを達成した。

今回組立試験を行っている超伝導ウィグラーは図1に示すように、クライオスタット内に液体ヘリウム漬けとなっており、4.2Kに保たれている。その外側は、断熱のため真空に保たれており、2枚の銅の熱遮蔽板（おのおの 20K、80K）で囲まれている。図2に示すように、超伝導電磁石は3つのポールで構成されており、中央のポール部は3つのコイルが巻かれており、最内部のコイルがニオブ3スズ、残りはニオブチタンでできている。中央部が 10 テスラ、外側が 1.9 テスラとなるよう設計している。図2にホール素子を用いて測定した軸上磁場分布の1例を示す。

今回の成果で、超伝導電磁石が 10 テスラという強い磁場を達成できたのは、中心コイルの線材にニオブチタンとニオブ3スズを用いて、臨界磁場を大きくしたことによる。ニオブ3スズはニオブチタンと比べても非常にもろく扱いが難しいとされてきたが、線材を安定に製作する技術を確立した。

このような強磁場の超伝導ウィグラーを電子蓄積リングに設置すると、高エネルギーの X 線が得られる。特に SPring-8 のような高エネルギーの電子蓄積リングに設置した場合、これまでにない MeV 領域の X 線が得られ光源としての能力がさらに高まる。

このように高いエネルギーの X 線はいろいろな分野において極めて利用価値が高い。例えば、重金属に照射すると対生成反応により低エネルギー高強度陽電子源が得られ、陽電子顕微鏡などに利用できる夢が広がる。また、ベリリウム 9 に照射して光核反応によって放射能のないきれいな中性子源を実現することができる。特に高輝度陽電子源が実現することも夢ではないといえる。

(問い合わせ先)

(国際協力に関する事項)

独立行政法人理化学研究所 国際協力室 矢吹 英雄
Tel : 048-467-9260 / Fax : 048-462-4715

(全般的な事項)

独立行政法人理化学研究所 広報室 吉垣 聡子
Tel : 048-467-9272 / Fax : 048-462-4715
Mail : koho@postman.riken.go.jp

(技術的事項)

前 理化学研究所 X 線超放射物理学研究室 副主任研究員
現 (財) 高輝度光科学研究センター放射光研究所 主席研究員
原 雅弘
Tel : 0791-58-0863 / Fax : 0791-58-0850
Mail : hara@spring8.or.jp

図1 超伝導ウイグラー全体図

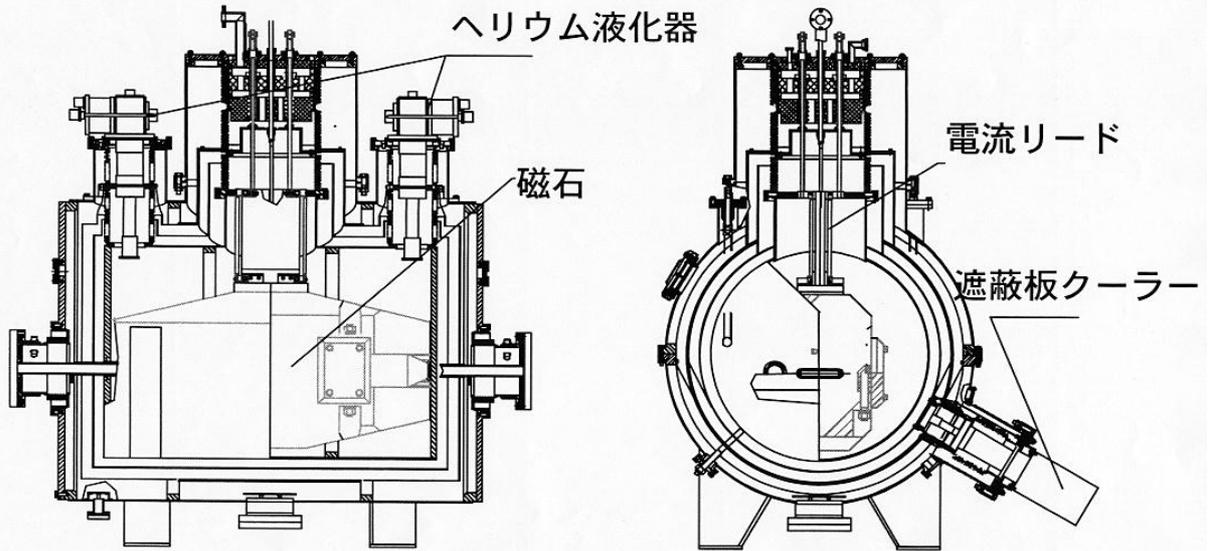
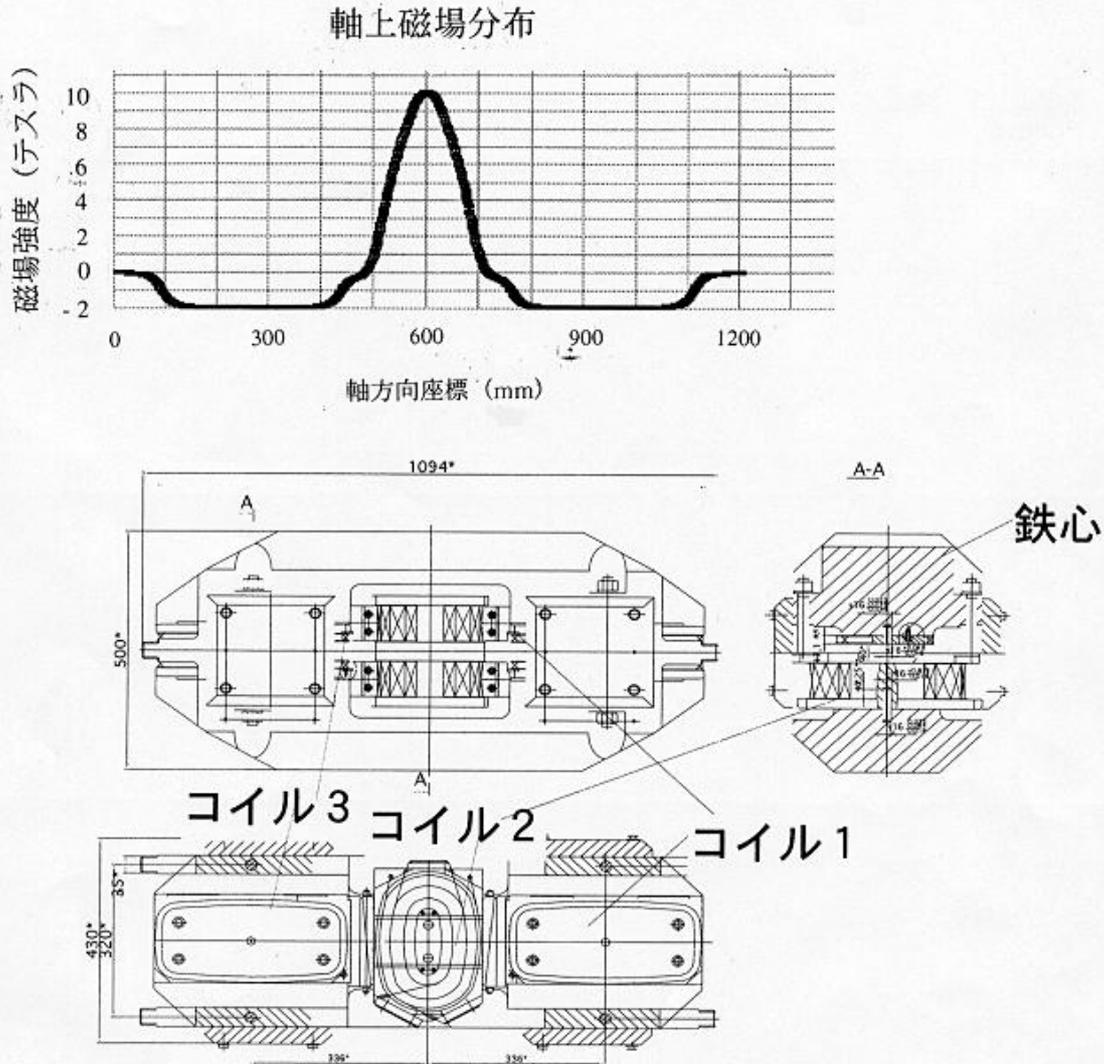
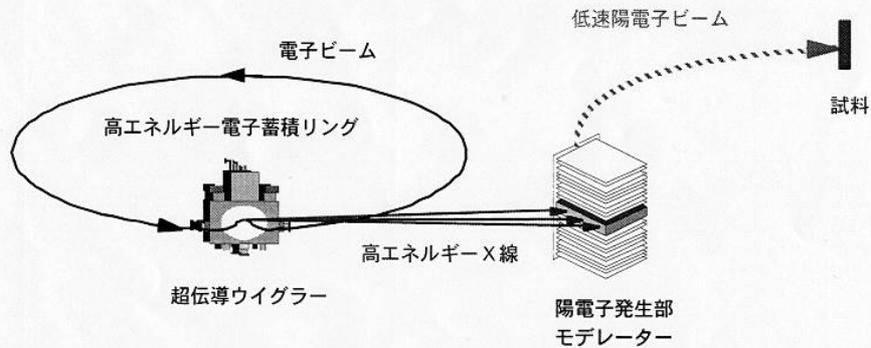


図2 超伝導電磁石と軸上磁場分布



ウイグラーに入射した電子はニオブチタン製の超伝導コイル1によって内側に曲げられる。曲げられた電子はニオブ3スズとニオブチタン製のコイル2の磁場で反対方向に曲げられ、このとき強力なX線が発生する。このX線を色々な用途に利用する。電子はさらにコイル3によって作られた磁場で元と同じ軌道に戻される。

超伝導ウイグラーを高エネルギー電子蓄積リングに設置した場合のイメージ図



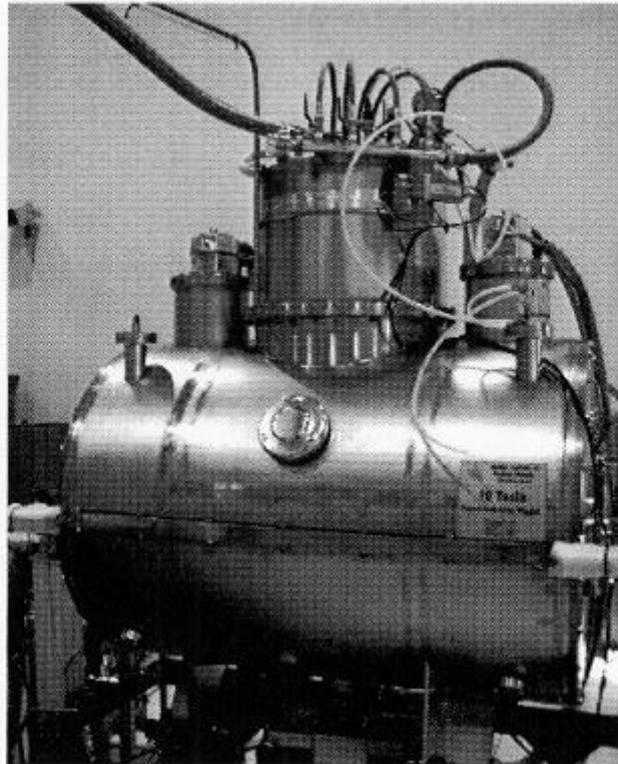
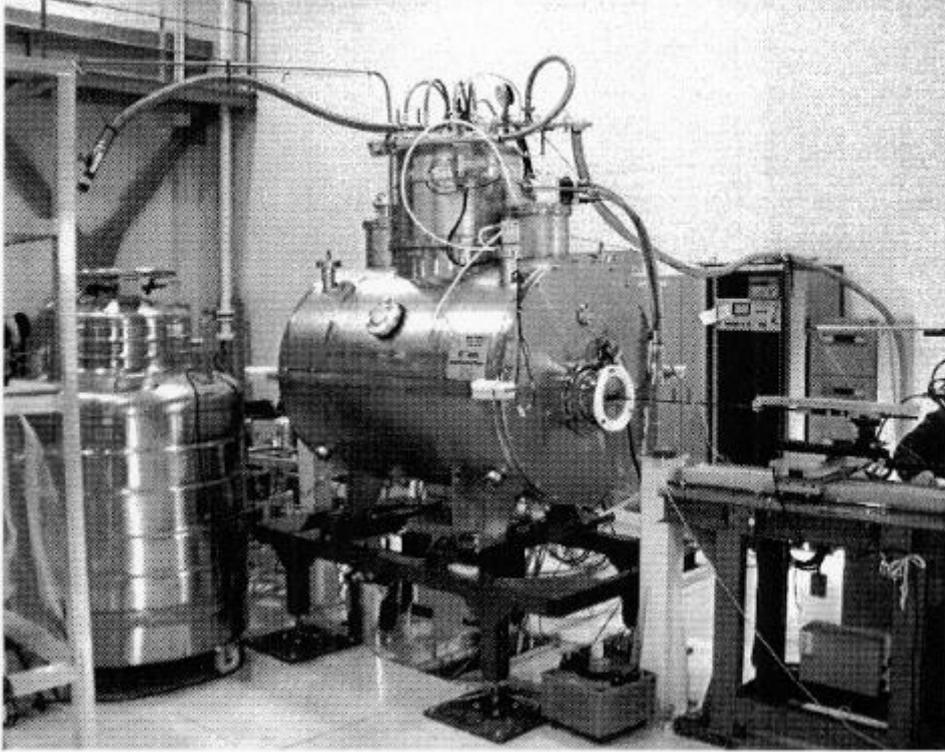
- ・超伝導ウイグラーは、電子蓄積リング直線部に挿入して高エネルギーX線を発生させる装置である。
- ・ビームラインは、発生したX線を蓄積リングから取り出し陽電子発生部まで導くための輸送系である。
- ・陽電子発生部は、導いてきたX線を適当な金属に照射することにより大強度の低速陽電子ビームを生成させるための装置である。

このプロジェクト全体の完成時には、高エネルギーの放射光が利用できるとともに、物質の構造を探るプローブとして低速陽電子ビームを利用することが可能となる。低速陽電子ビームの利用としては

- ・フェルミ面などの物質の電子構造をしらべる
- ・物質中の格子欠陥を調べる
- ・表面や界面の状態を調べる
- ・陽電子顕微鏡

などがあり、原子物理、固体物理、物質科学、半導体工学などの分野での応用が期待できる。

10テスラ超伝導ウイグラーの磁場測定



<参考資料 3>

1)ISTC について

国際科学技術センター（ISTC：International Science and Technology Center）は、1994年3月に、政府間協定に基づく国際機関として活動を開始した。センターの目的は、旧ソ連邦諸国の旧軍事関係研究者に平和目的の研究に従事する機会を提供し、旧ソ連邦諸国の市場経済への移行を支援すること等にある。加盟国は、日本、米国、EU、韓国、ノルウェーが資金拠出側であり、ロシア等6カ国が研究実施側となっている。これまでに約840件、総額約2.3億ドルのプロジェクトが予算化されており、日本では、外務省、科学技術庁、通産省が中心となってISTCの活動に参加し、約3千万ドルのプロジェクト資金拠出を行っている。

2)ブドカー原子核物理研究所について

ブドカー原子核研究所はロシアのノボシビルスクにある研究所で、1958年設立された。初代所長がブドカーで、現在2代目スクリンスキーが所長である。加速器・原子核・素粒子実験・理論物理学・放射光等の研究を行っている。