

研究室だより

放射線医学総合研究所

重粒子線加速器 HIMAC を利用した研究開発の紹介

重粒子医科学センター医学物理部

金井 達明

kanai@nirs.go.jp

放射線医学総合研究所は、ご存知のように 2001 年 1 月から科学技術庁が文部省に統合されたことをうけて文部科学省の管轄となり、2001 年 4 月には独立行政法人としてスタートしました。行政的な組織変動にともない放医研も内部組織を大幅に改組して新しく出発したところであります。放医研全体としては、安全研究、緊急医療、及び放射線医学利用の 3 つのセンターに分かれていて、相互に関連しながら放射線の人体への影響や医学利用などの有機的な総合研究を進めています。

物理に関連する研究を行っている研究者は、放医研全体からするとそれほど多くなく、各研究グループに散在して、それぞれの目的に従って物理的手法で貢献する研究を行っています。その中で、物理屋が比較的大勢いる研究グループが 3 つほどあります。一つは、重粒子医科学センターの中にある加速器物理工学部と医学物理部および放射線安全研究センターの宇宙放射線防護グループです。3 つの研究グループともに、HIMAC 施設を利用して、重粒子線に関する研究を主に行っています。

特に核データに近い仕事をしている研究グループ、重粒子医科学センターでの研究や宇宙防護関係の研究の仕事を紹介します。

重粒子線の治療への応用は 1994 年 6 月より炭素線治療が本格的にスタートしたことから始まります。HIMAC (Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba) は、重粒子線治療を主体として推進していきながら、一方では国内における数少ない高エネルギー重イオン加速器であるので他の研究分野の人たちにも重イオン研究の機会を提供できるように共同利用という形で運営しています。

HIMAC の運転形態は、表にもあるように火曜日から金曜日の日中は治療にそのマシンタイムが割り当てられている。共同利用に開放されるのは、月曜日から土曜日または日曜日の朝までの夜間、すなわち夜 9:00 ~ 翌朝 7:00 となっています。(土曜日は日中も共同利用で使われます。)

	月	火	水	木	金	土	日
7:00	メン テ ナ ン ス	実験	実験	実験	実験	実験	(実験)
9:00		治療	治療	治療	治療	----- (実験)	
20:00							
21:00	実験	実験	実験	実験	実験		

重粒子線治療では、290 MeV/n, 350 MeV/n および 400 MeV/n の炭素線を使用しています。放医研 HIMAC には、シンクロトロンが 2 台あり、主に上リングは垂直コースに、下リングは水平コースで使われます。

治療のための研究のうち核データに関係するものとしては、高エネルギー重イオンの核反応の大きさを調べ、治療効果・生物効果の予測や結果の解析のために細胞に照射される粒子種やエネルギー分布などの物理データを提供することが第 1 にあげられます。これらのデータは現在まで $\Delta E - E$ カウンターテレスコープ法を用いて測定してきました。それなりに期待される結果が出てきています。今後は、線量分布や粒子分布をさらに精度を上げてさらに詳細に測定し、標準的なデータベースを作っていこうとしています。治療などでは、特に水中での分布が重要なのでターゲットを水のデータベースづくりが目標となります。

さらに、厚い水を通過した後の粒子の空間的分布をも測定していこうと現在計画が進行中です。

これらの測定は、当然計算結果と比較すべきであり、データベースづくりと同時に、治療領域である程度正確な計算コードの開発も必要です。現在、不十分ながら開発したコードをさらに精度を高めて仕様に耐えられるものにしていく予定になっています。

重粒子線治療では、上述のように標準的な治療場ないしは単色エネルギーの場において正確な重イオン線の線質を求めていくことと、同様あるいはそれ以上に重要なこととして、実際の患者ごとに照射しているビームが治療計画どおりのものになっているかを確かめていくことも必要です。このためには、実際のさまざまなビーム形成機器を通過した後の治療状態でのビームの線質を測定する必要があります。このような目的のために、1~2 mm 四方の微小領域でのエネルギー・ロス分布を測定する検出器や、深部線量分布を測定する多層電離箱の開発などを行っています。これらの測定器により短時間で患者毎の照射を確認することが可能になります。

新しい照射法の開発も進められています。特に、2 次ビームを利用した照射の開発は核データに密接につながりがあります。 ^{11}C や ^{19}Ne などのポジトロン放出核を直接照射ビームに使えば、照射後放出されたポジトロンを PET で検出してポジトロン放出核画像を

取得することができます。この画像からポジトロン放出核で照射した領域を推定することができる可能性があります。

これらの研究開発は、HIMAC 照射系というグループで行われています。放医研職員が 7 人、科学技術特別研究員や若手博士号取得研究員が 4 人、学生が 4 人程度の所帯で討論しながら進められています。

宇宙線の防護に関係する研究では、特に重イオンの宇宙線による宇宙船内の被爆量の推定のために鉄などの、治療よりは Z の大きい重イオンの核反応の大きさが調べられています。測定の手法はチェレンコフカウンターなどを使って行われています。

最近では、様々な国による宇宙船内の線量測定にばらつきが大きいので、国際的な測定法の比較を行おうということも進められています。

また、一方では、中性子の遮蔽という観点からサイクロトロンビームを使った中性子スペクトルの研究なども行われています。

以上の仕事のほか、内部被爆の推定や緊急被爆時の中性子線・ γ 線の線量評価なども行われています。HIMAC 以外の物理関係の仕事については、別の機会に紹介することもあるかと思います。

以上、私の身の周りの研究開発に限った限定的な紹介ですが、どんなことを放医研が行っているのかわかっていただければ幸いです。

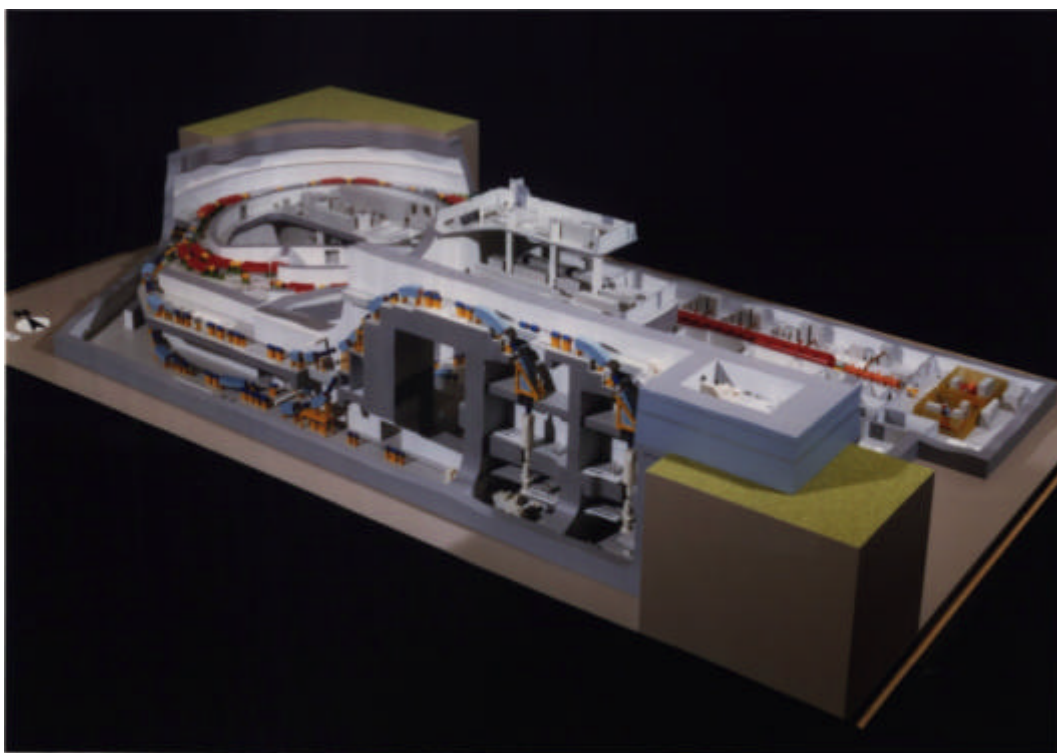


写真 1 HIMAC 施設の全体模型

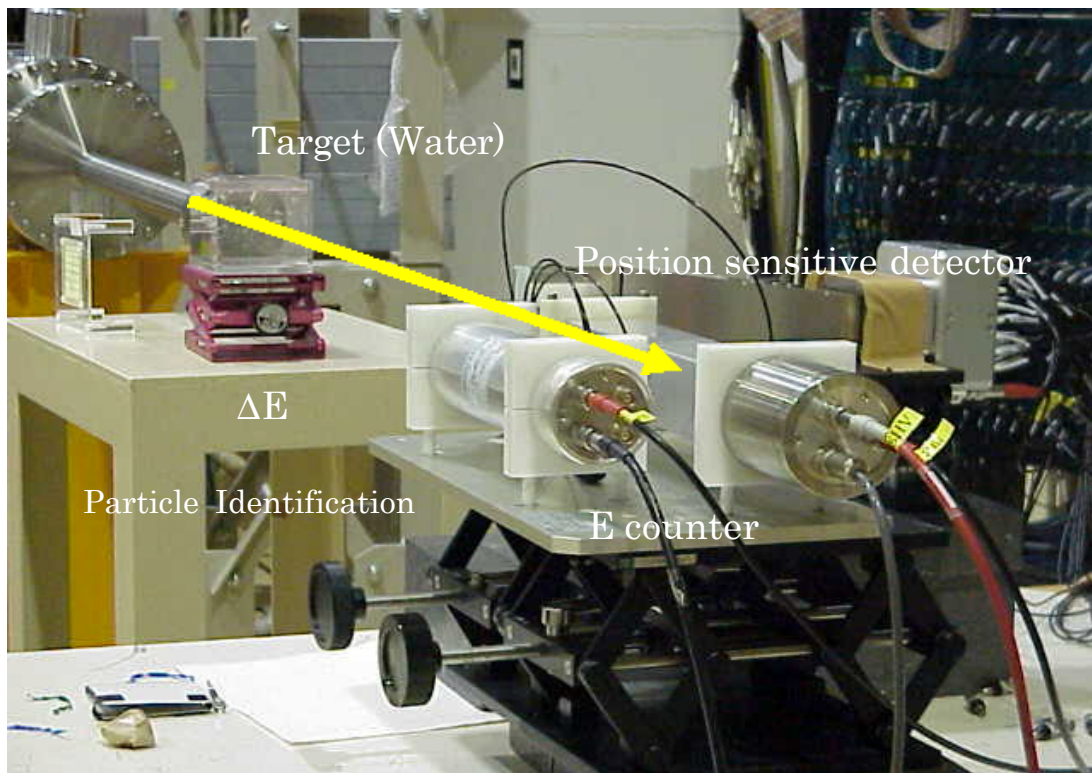


写真2 ペンシルビーム広がりに関する実験装置

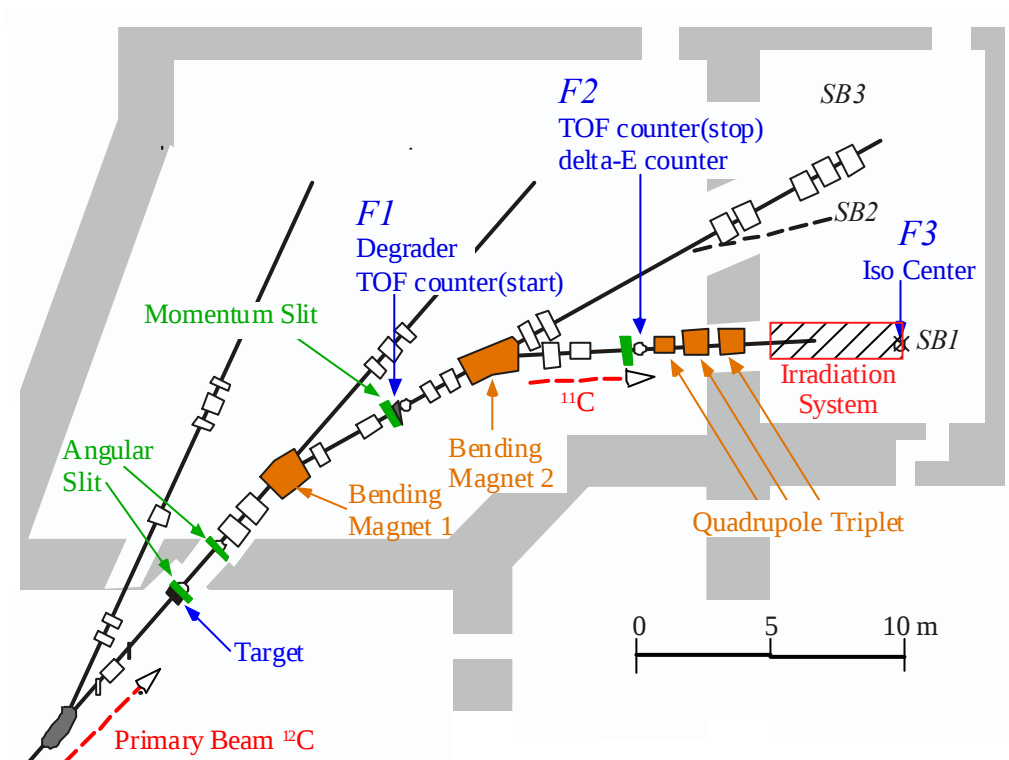


写真3(a) 2次ビーム治療コース

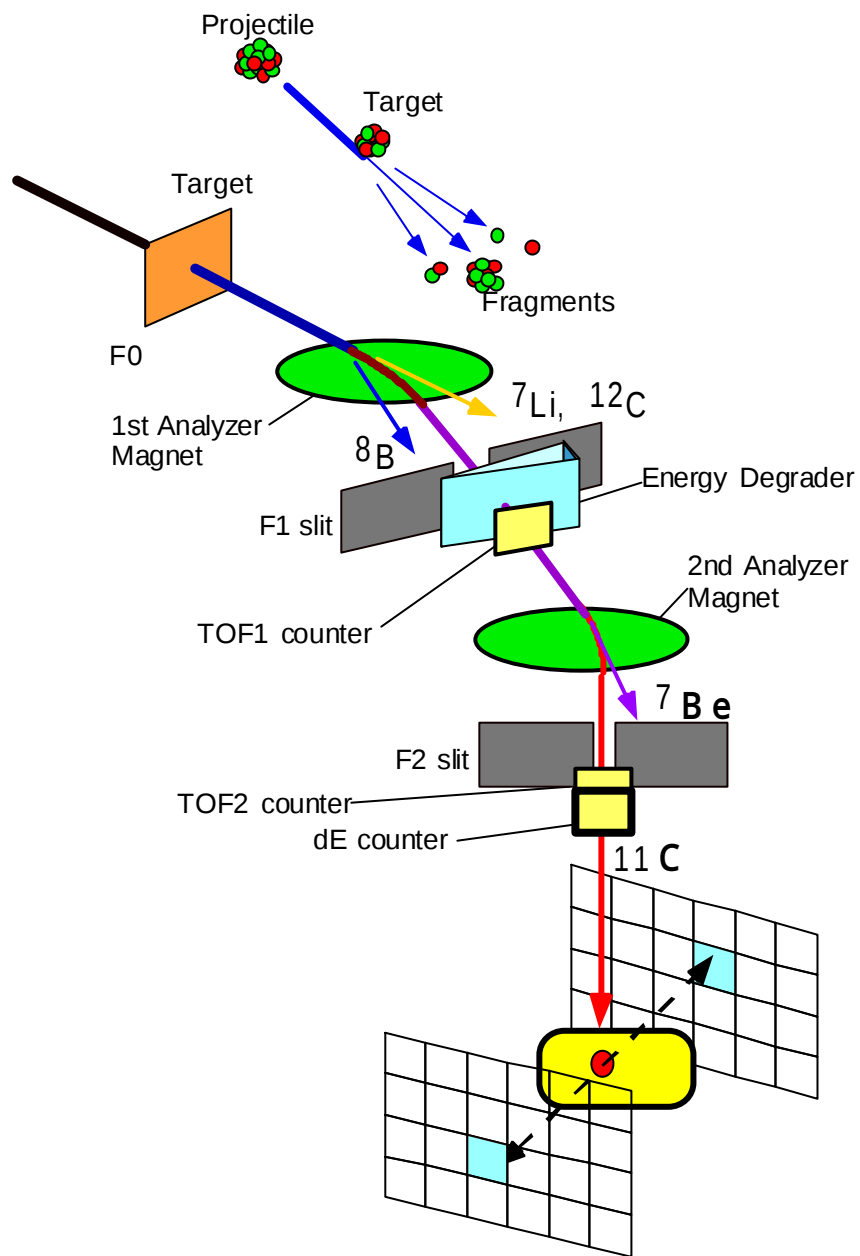


写真 3 (b) 2 次ビーム治療コース