

# Construction of the 35 MeV DSM at Nihon University

Ken HAYAKAWA, Yoshiharu TORIZUKA, Kazuo SATO, Toshinari TANAKA,  
Hisao YATOH\*, and Tatsuya IIJIMA\*

Atomic Energy Research Inst. Nihon University

\*College of Science and Technology Nihon University

## ABSTRACT

A cw 5 MeV injector linac and elements required for first turn acceleration of the double sided microtron (DSM) have been tested and operated successfully. Acceleration in the first turn orbit has been tested with 100  $\mu$ sec, 50 pps pulsed beam. Although the first turn orbit has complicated magnet system, the injected 4.55 MeV $\pm$ 1% beam with peak current 10  $\mu$ A has been transported without significant loss through the orbit. The beam of about 10 MeV was observed at the exit of the fourth sector magnet, which is in agreement with the design value of 10.02 MeV. Successive beam lines have been assembled and constructed.

## 日大DSマイクロトロン の現状

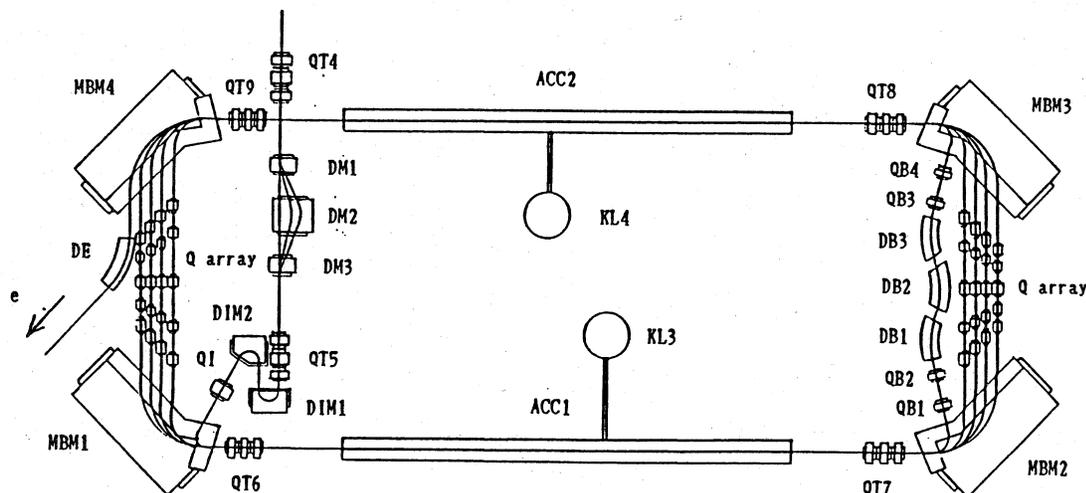
### 1. 概要

日本大学で建設中の35 MeVダブルサイデッドマイクロトロン(DSM)の入射器及び第1周回分についてビーム加速実験を行った。第1周目のビームラインは複雑な電磁石系から構成されているにもかかわらず、ほとんどビームをこぼすことなく加速することができた。加速ビームは100  $\mu$ sec, 50 pps のパルスビームで、入射エネルギーは 4.55 MeV $\pm$ 1% ピーク電流は 10 $\mu$ Aであった。第1周めまでの加速エネルギーとして、およそ 10 MeV をえた。これは設計値 10.02 MeV と一致する。第2周目以降のビームラインは全てのエレメントの製作が完了し、据付を終えて調整中である。

### 2. 加速実験

加速実験はパルス幅 100  $\mu$ sec, 繰り返し 50 ppsのパルスモードで行った。入射器で 4.55 MeVまで加速された電子ビームはエネルギー分析され、 $\pm$ 1% のエネルギー幅のビームが入射ビームラインに送られる。第1図の概略図に示される入射用偏向電磁石DIM1, DIM2を励磁することによってビームをマイクロトロンに入射することができる。入射したビームは最初の主偏向電磁石により 120° 偏向され加速ビームラインにはいり、最初の 4m 加速管 ACC1により約 2.3 MeV加速される。この時、加速管の下流側のモニターの像の様子から加速管内でビームが偏向されていることが明らかとなった。これは地磁気の影響によるものと考えられるので、加速管全体にわたってステアリングコイルを取付けてこれを打ち消すようにした。加速管をでたビームは

次の主偏向電磁石により $107^\circ$  偏向され位相修正系にはいる。位相修正系は、電子のエネルギーが低く速度が遅いため生ずるマイクロ波に対する位相の遅れを回復するための系である。この後ビームは次の主偏向電磁石により再び $107^\circ$  偏向され、加速ビームラインには入り加速管ACC2により3.2 MeV 加速される。最初の加速管に比べて加速エネルギーが高いのは電子の速度が大きくなり、加速管内での位相の遅れが小さくなって加速効率が向上するからである。最後の主偏向電磁石によりビームは $90^\circ$  偏向させられビーム取りだし窓を通して取り出される。ビームの調整は位置及び形状をビームラインに多数おかれた蛍光板モニターによって確認しながら行った。非常に多数のパラメータがあるにもかかわらず比較的短時間でビームを調整することができた。加速されたビームは四台目の主偏向電磁石で $90^\circ$  偏向された後取り出され、ファラデーカップに入射する。この時の軌道半径から最終加速エネルギー 10 MeV が確認された。これは設計値 10.02 MeV に一致する。加速電流はピーク値で  $10 \mu\text{A}$  で、この値は入射ビームライン直進部で測定した値からほとんど減少しておらず加速中にほとんどビームをこぼしていないことが明らかとなった。マイクロトロンは全系にわたってほぼ予定通りの性能を有している。



第1図 DSM本体部概略図。

### 3. 第2～5周ビームラインの製作

ビーム軌道のシミュレーションに基づいて、第2～5周ビームラインのショートストレートセクション及びビーム取りだし部分を製作した。取りだし用電磁石の置かれる側の配置を第2図に示す。ショートストレートセクションは第5周までに8箇所ある。ここではビームがエネルギー分散をもっているため、この前後の主偏向電磁石で $180^\circ$  偏向したときに無分散となり、かつ加速管中央でウエストができるように対称に四極電磁石を5台配置することにした。また、近軸軌道近似による軌道計算において二次の成分の寄与が特に低エネルギー周回部分で大きいため、ビームの中心軌道が四極電磁石の中心から大きくずれた時（ビームパルスの立ち上がり時にこのようなことが起きる）その後の加速においてビームの断面が大きくなり、しかも加速管の中心を通らなくなる。これを避けるために低エネルギー周回部分に六極電磁石を置くことにした。

マイクロトロンからのビームの取り出しは、9番目のショートストレートセクションに相当す

る分散軌道において、ビームを $45^\circ$  外側へ偏向させることにより行う。

調整時にビームの位置と大きさをモニターできるように、各ショートストレートセクションの入口と出口に蛍光板ビームモニタを付けた。

これらの部品及びビームダクトは製作、磁場測定を終え据付も完了している。

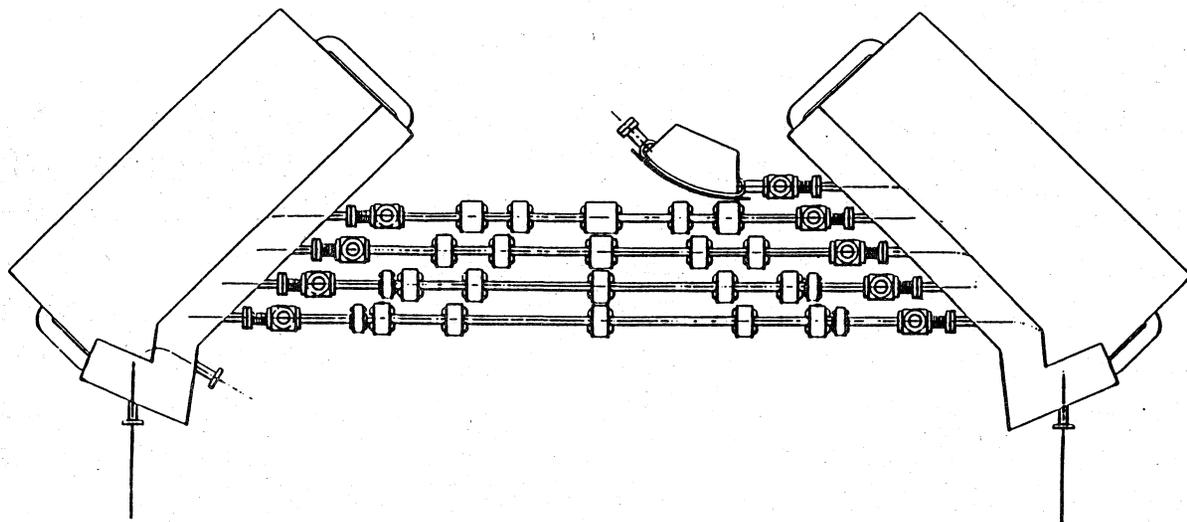
### 3. 1 四極及び六極電磁石

四極電磁石の設計にあっては幾つかの考慮すべき事柄があった。すなわち、ショートストレートセクションでは隣あう軌道の間隔が 110 mm 程度と狭いため四極電磁石の外径はこれより小さくなくてはならない。しかし口径は大きければ大きいほどよい。また、数が非常に多くなるためコイルの冷却を水冷でおこなうのは避けたい等である。

これらの互いに相矛盾するような要請の妥協点として、外径 104mm、口径 28mm、磁極の幅を 20mm、コイルの線材を  $2\text{mm}^2$  90ターンに統一し、必要な焦点距離に基づき、磁極長 50mm, 70mm, 100mm のものをそれぞれ 30台、8台、2台の合計 40台製作した。得られる磁場勾配の最大値はすべての電磁石について、1100G/cm 以上あり、冷却はすべて自然空冷あるいは強制空冷で行う。六極電磁石は外径 90mm、口径 28mm、磁極長 30mm、コイルの巻数は 8ターンとした。

### 3. 2 取り出し用偏向電磁石

取り出すビームのエネルギーは約 35MeV である。主偏向電磁石の空間的な配置による制限のため、ビーム取り出しの軌道半径をあまり大きくすることはできず、また偏向角は大きいことが望ましい。そのため、強い磁場で大きくビームを偏向させるように設計した。すなわち、偏向角を  $45^\circ$ 、軌道半径を 400mm とし、磁場の強さ 3500G 以上で、磁極間隔を 20mm、磁極幅を 60mm とした。ただし、このままではコイルが大きくなりはみ出し、1周前の軌道の電磁石に当たってしまうため、コイルを巻く部分の磁極幅を磁極面より狭く 40mm とし、線材にはホローコンダクターを用いて水冷を行い、3500G 以上の磁場を得られるようにした。また漏洩磁場が隣のビームラインに影響を与えないように磁気シールドを設けた。



第2図 ビーム取りだし側ショートストレートセクション。