

低エネルギー中性子発生用大強度タンデトロンシステム

宮原信幸、濱野毅、大町康、高田真志、今関等、荻生俊昭

放射線医学総合研究所低線量生体影響プロジェクト

〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1

概要

JCO 臨界事故の反省より低エネルギー特に 2MeV 程度の中性子の生物効果に強い関心が寄せられている。しかしながらこのエネルギーの範囲で生物照射を行ない得る大強度中性子照射野は容易には得られない。そのためこのエネルギー範囲での中性子の生物学的な影響に関するデータはほとんどない。保健物理学的な観点から、2MeV 以下のエネルギー中性子の生物効果を研究することは臨界事故のみならず宇宙飛行士、航空機搭乗員の放射線被ばく評価の重要な因子とされているデータを与えることとなる。

放医研において進められている低線量影響プロジェクトのための 4MV (ターミナル電圧 2MV) 大強度 (陽子約 1mA) 低エネルギー中性子生物照射用タンデム型ダイナミトロン (以下タンデトロン) の建設計画ならびにその経過について報告する。

1 施設の概要

低エネルギー中性子発生のための加速器としては High Voltage Engineering Europe (HVEE) 社のタンデトロンを導入する。ターミナル電圧は 2MV であり、4 MeV の p 800 μ A (設計値は 1mA)、d 600 μ A を発生する。加速された荷電粒子はビームラインに沿って生物照射室ならびに SPF 生物照射室に輸送され、ターゲットに衝突して中性子を発生する。

遮蔽が容易であることから中性子発生ビームラインは垂直下方向に偏向され、中性子は地下方向に照射される (図 3)。

2 タンデム型ダイナミトロン (タンデトロン)

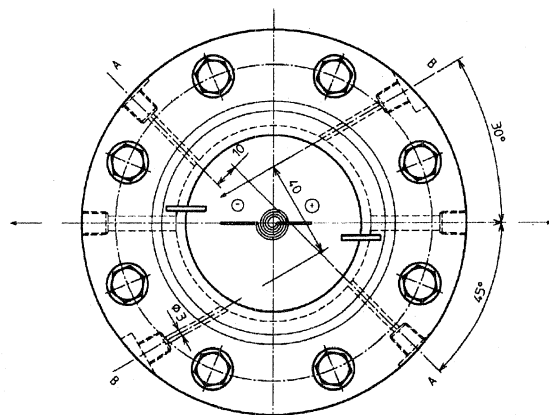
本施設では時間構造の無い高電流ビームが得られることから HVEE 社製のタンデム型ダイナミトロン (B5812 NIRS II)、定格エネルギー 0.5~4MeV 最大定格ビーム電流 p : 800 μ A、d : 600 μ A である。イオン源は新たに開発した大強度イオン源を 1 基備え、短時間でイオン種を切り替え可能である。このタンデトロンは半導体産業等のイオンプレーティングに用いられており、長期にわたるビームの安定性等定評のあるものである。

タンデトロンは現在オランダにて製作中であり、2004 年 3 月中に放医研内低線量影響棟に設置される予定である。

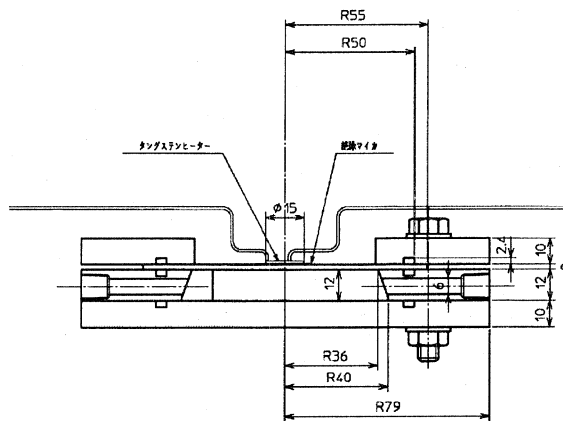
3 中性子発生用ターゲット

中性子発生用ターゲットは約 4kW の熱負荷を受けることとなる。このような熱負荷に対しては通常の固体熱伝導ならびに定常流の流体冷却で対応することは難しい。本研究では Hanley⁽¹⁾ らにより提案されている impingement 冷却方式を採用する (図 1)。この冷却方式は水流の中にさらにジェット水流を導入しターゲット表面に激しい乱流を発生させ、核沸騰あるいは面沸騰による水蒸気を吹き飛ばし数 kW/cm² 程度の冷却能力を得るものである。

2 MeV 中性子発生用としてターゲットの取り扱いの容易さ、中性子発生量の観点から Be ターゲットを採用する予定であり、Be に機械的ならびに熱的に特性に近いアルミ板を用いて冷却試験を行っている。2003 年 12 月には Be ターゲットが完成し各種試験終了後 2004 年 3 月にビームライン終端に取り付けられる予定である。



ターゲット平面図



ターゲット断面図

図 1 : ターゲット概略図

3 照射装置

照射はあらかじめターゲット電流とアイソセンターに設置した電離箱 (Far West Tech IC-18) との校正を行い、ターゲットに蓄積した電荷の測定を行うことにより線量を制御する形式とする。実験によっては被照射物の近傍に電離箱を設置し線量を制御することも可能とする。

約 4 kW の大きなビームパワーを扱うため、当初は小さな電流値でビームセンターをプロファイルモニターで確認し、その後徐々に電流を増加して必要な中性子フラックスを得る手法をとる。大電流を直接コントロールするには、大電流対応のファラデーカップならびにプロファイルモニター、シャッターならびにきわめて信頼性が高く再現性の良いビーム輸送系の開発が必要である。

4 インターロック

インターロックの概略を図 2 に示す。加速器制御系、建屋出入り管理系ならびに照射制御系 (図中のターゲット電流、ならびにカレントインテグレータ) をリンクさせたインターロックとなっている。

ビーム照射準備完了からターゲットにビームが照射されているカレントインテグレータが満了するまでの期間には照射室、加速器の各部屋は入室禁止となり、カレントインテグレータの満了信号がインターロックユニットに送られると照射室加速器室への入室が可能となる。

インターロックの動作状況は加速器操作室に設置してある加速器系インターロック表示計算機で常に操作状況をモニタすることができる。

5 予定されている実験

低線量影響プロジェクトとして予定されている生物実験としては白血病、胎児影響、乳腺腫瘍発生等をエンドポイントとした生物影響研究や種類の細胞を用いた生物実験を行う予定である。

生物を対象とした照射実験は 2004 年 9 月開始を目標としている。生物実験以外の材料損傷、放射化分析への応用も将来の計画に含まれている。

6 まとめ

放射線医学総合研究所において低線量影響プロジェクトのために低エネルギー中性子発生用タンデム型ダイナミトロン (タンデトロン) の導入が進められている。中性子発生用ターゲットの熱負荷は約 4 kW であり、impingement 冷却方式により冷却が行われる。実験照射に際してはターゲット電流値を基準とした線量校正を行い照射線量のコントロールを行う。

インターロックは建屋、加速器制御系、照射系で独立したインターロックを加速器系インターロックで統合し安全を確保する方式としている。

タンデトロンの据付、照射機器の設置ともに 2004 年 3 月を予定している。生物を対象とした照射実験は 2004 年 9 月開始を目標としている。

参考文献

[1] P.R. Hanley, *et al.*, IEEE Tra. Nucl. Sci., June. 933-937, 1967.

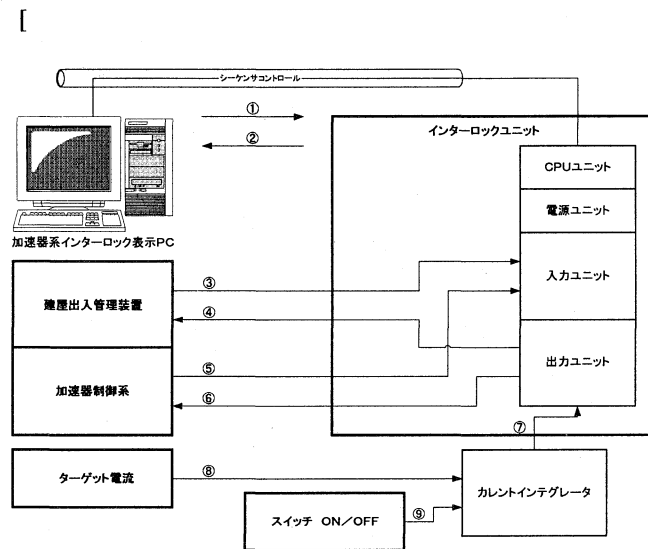


図 2 : インターロック概略図

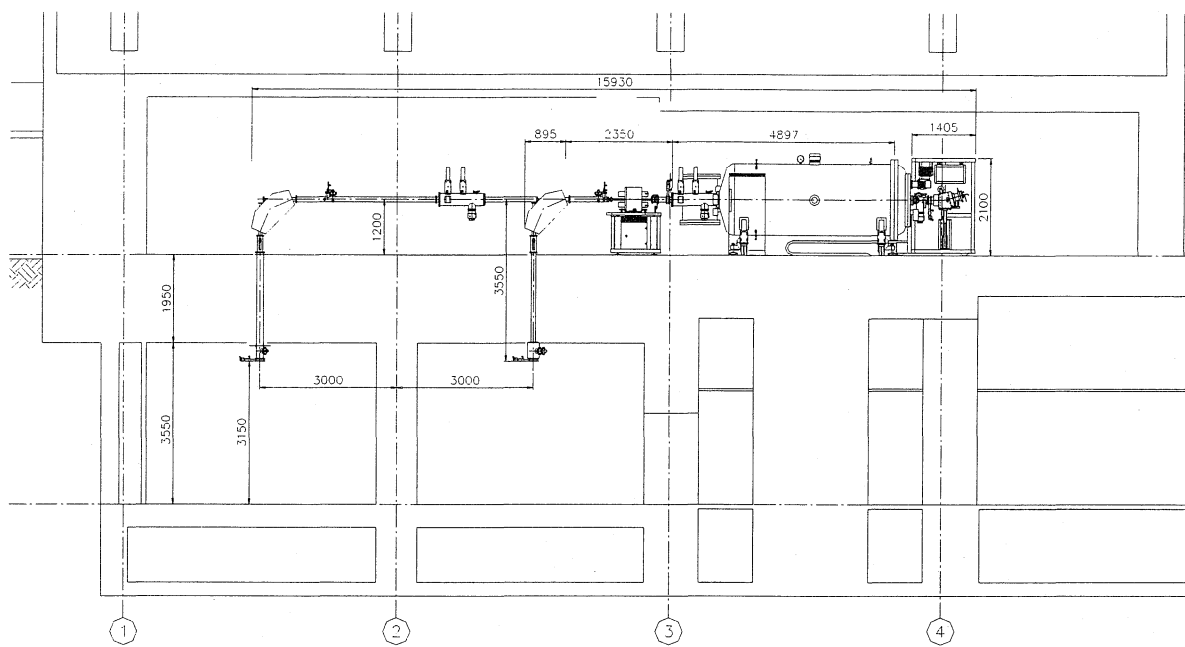


図3：タンデトロンと照射室の概略図