

2. 5 GeV 放射光実験施設入射器の現状

高エネルギー物理学研究所

佐藤 勇

放射光実験施設の建設は、昭和53年度に開始し、昭和56年度に完成する予定である。このプロジェクトの建設進行状況と今後の建設日程についての報告を行う。

§ 1 建物及び施設

放射光実験施設は、2期工事に分割して進められている。その第1期工事は、入射器棟、特高受電設備や冷却用蓄熱設備を収納するエネルギーセンター、入射器制御棟、電子貯蔵リング電源棟である。第1期工事は昭和54年1月に起工した。まず入射器棟トンネル部の地面掘削、引き続き、杭打ち、基礎固定等の作業が始った。長さが約420mのトンネルを1挙に建設することは不可能なので、全長を5区画に分割して、トンネルの中央部から両端に向けて1区画ずつ施工された。そして、今年の3月には、トンネル部が、1ヶ月後には、このトンネル部上屋に建設されたクライストロンギャラリーも出来上がった。又、今年の1月に同時に着工した、入射器制御棟と電子貯蔵リング電源棟も、7月には完工した。

一方入射器の受電設備、純水冷却系、空調設備は、昭和54年6月に発注し、この10月には、ほぼ完成する予定であり、エネルギーセンターと入射器機械室を結ぶ配管因橋梁の完成を待つて、この12月より冷却系及び空調設備の平常運転が開始される予定である。第2期工事は、電子貯蔵リング、主制御室、実験室、入射路を含む光源棟と研究棟の建設である。この工事も、この5月には、基礎杭打ちに着手、昭和56年3月には、竣工の予定である。Fig 1は、完成間近の入射器棟、入射器制御棟、及びエネルギーセンターの写真である。Fig 2には、入射器棟の断面が示されている。

入射器棟トンネルの床面は、地下約3メートルのレベルにあり、当初は、数ヶ所だけなり洩水した。洩水対策として、洩水個所にエポキシ樹脂を圧入した。この方法で、洩水量を少くすることが出来た。又、地下トンネルの壁面温度は、通常は気温より低いので、空調の完備していない現時点では、壁面がひどく蒸散してその対策に、非常に苦慮している。これに対する一時的な処置として、数台の除湿機で室内乾燥を行っている。

Fig 3には入射器棟の一部、及び入射器制御棟の詳細図を示してある

純水冷却系は、放射線汚染の恐れのない系統と、その恐れのある系統に大別しており、設定温度の厳密な加減管の系統に分かれるので、全体としては3系統に分かれている。

。又、どの加速管でも、等温になり、且つ、流量を等しくするために、給水ポンプから加速管までのどの配管長も等しく作られている。従って3本の冷却パイプで配管している。

電力系統は、ノイズの多いラインと、ノイズの少ないラインに分けて給電している。この2系統の給電線は、変圧器も別々に設備されて居り、高圧線(6KV)で分岐されている。

Fig 1 完成間近い入射器棟、入射器制御棟(手前側)。

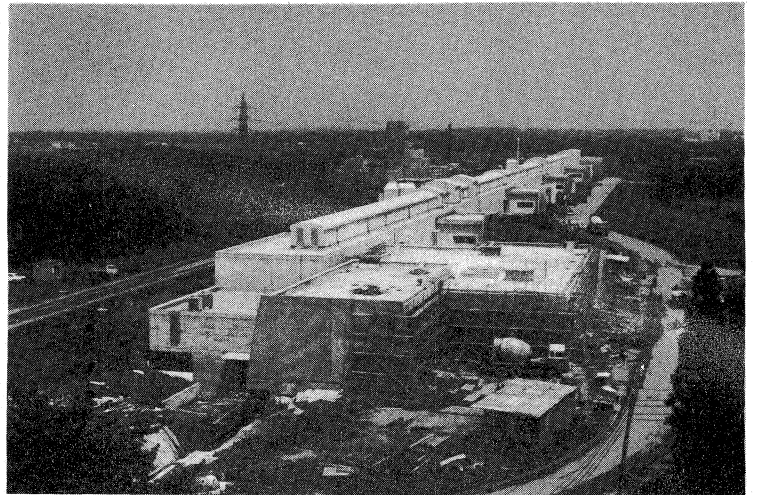
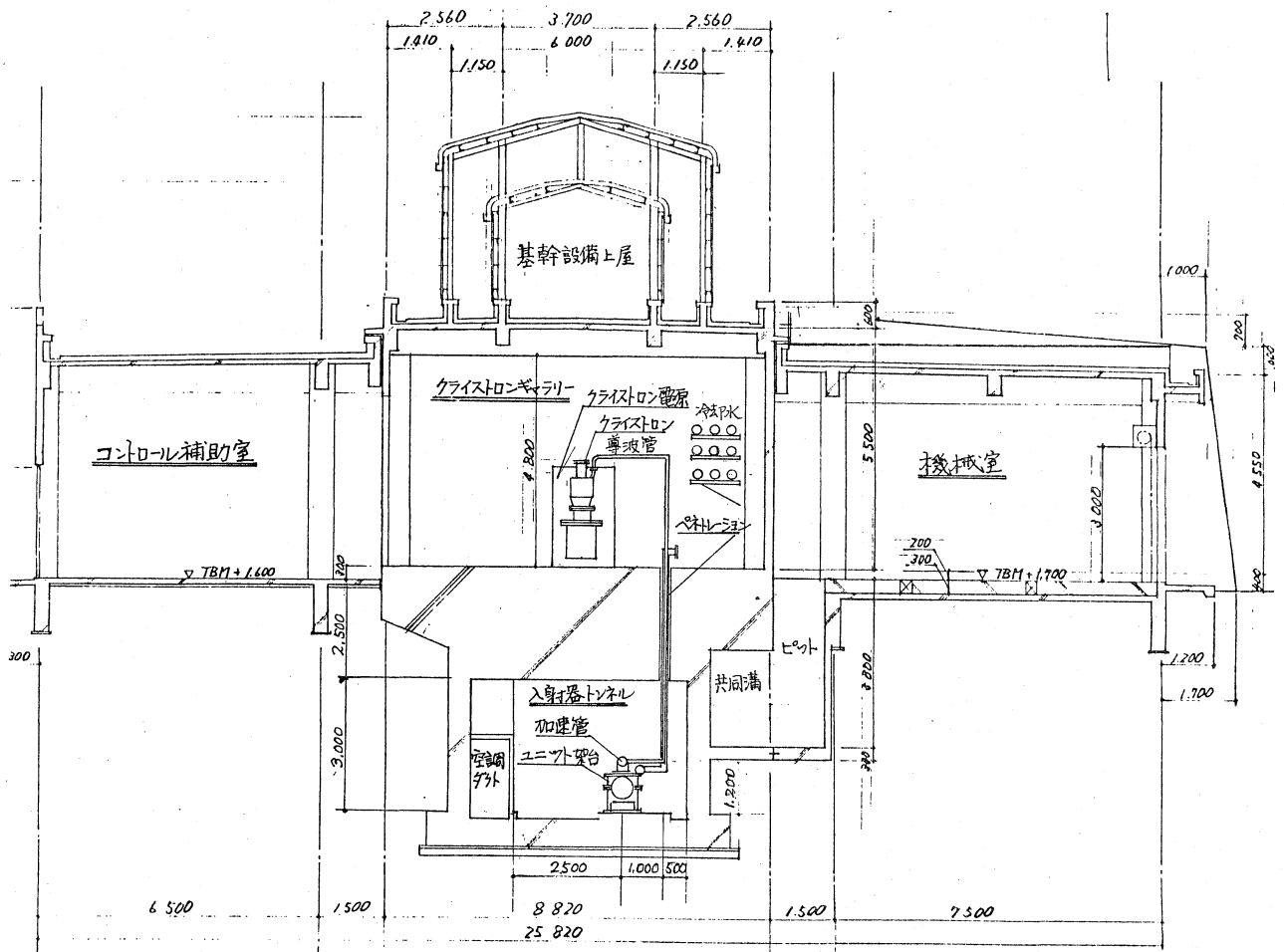
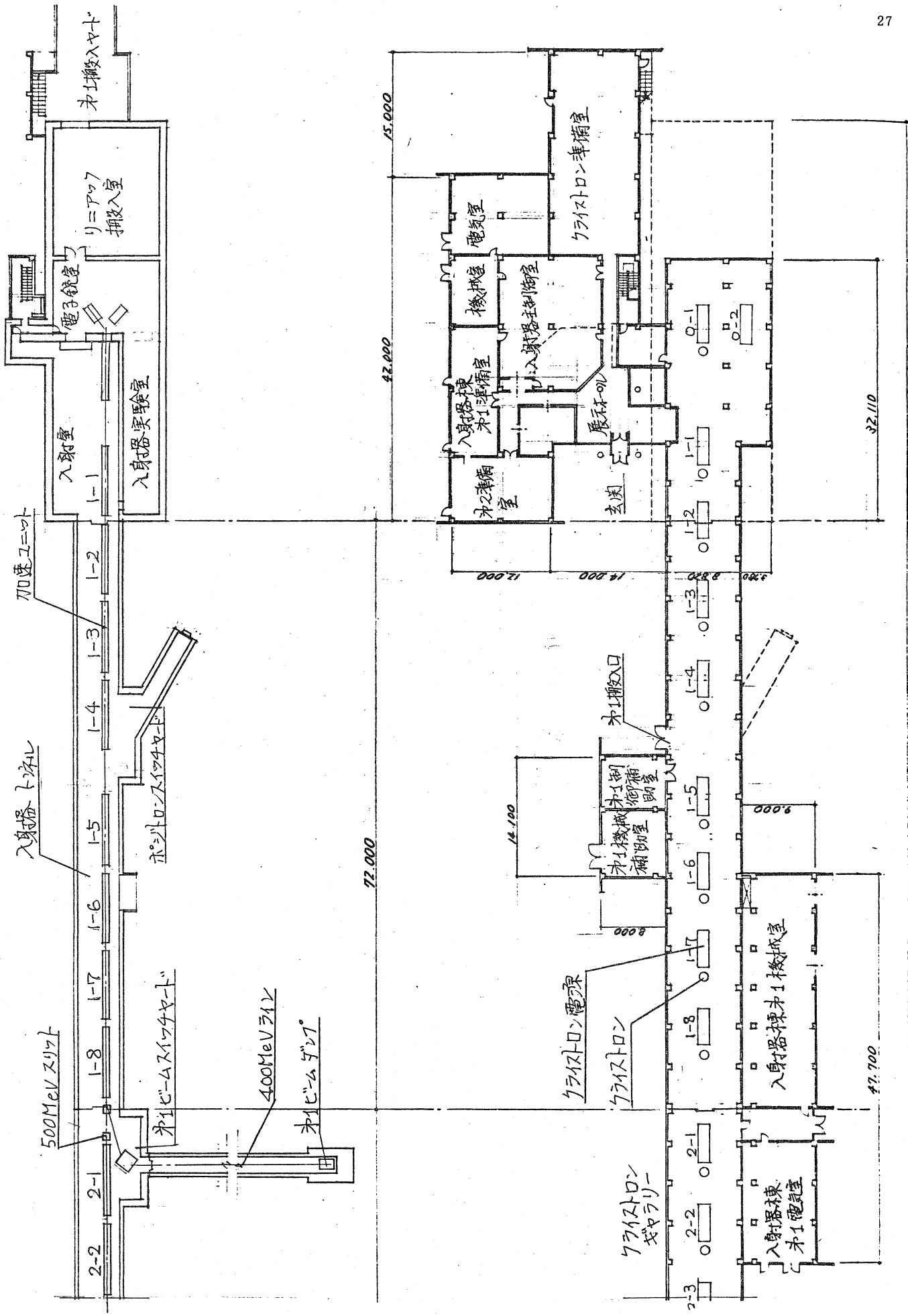


Fig 2 入射棟断面図





§2 加速ユニット

入射器は、約 1.9 m の加速管 160 本から成る電子線形加速器である。又、40 本のクライストロンから 800 MW のマイクロ波電力を供給して、50 mA の電子ビームを、2.5 GeV 加速する様に設計されている。従って 1 本のクライストロンは 4 本の加速管にマイクロ波を等分に供給する形態を取る。我々は、これを加速ユニットと呼んでいる。即ち、加速ユニットは、4 本の加速管を長さ 8.7 m の架台に搭載し、立体回路、真空路、冷却配管等を接合したものである。Fig 4 には、加速ユニットの立体図を示してある。

加速管は、進行波型で $2/3$ π モードの加速空洞を 54 個積み重ねたものである。又、気密性と機械的強度は、その外周を電鍍することで保たれている。その両端には、空洞型結合器を電子ビームで溶接して、1 本の加速管に仕上げている。又、加速管の生産性を上げるために、加速空洞の加工精度を上げることで、空洞のマイクロ波位相の移相量を所定の値に入れ、デツプリングによるチューニングは行っていない。又、加工時に於ける繁雑さを避けるため、加速空洞を形成するデスクの穴径は、75 μ のステップでその径が減少する構造になっている。従って、加速管は完全な定電界型ではない。一方、電鍍に要する時間を縮小するため、高速電鍍法で製造している。このため、加速空洞の外周締付け圧力が上がり各加速管の最適移相量に相当する周波数が約 200 KHz 高い方にずれすが、このずれ方が、各加速管で異なり、偏差値で 53 KHz になっている。

加速管は、総数 160 本を 2 年半で製作する事になっている。その内分けは、昭和 54 年度に 37 本、昭和 55 年度に 89 本、昭和 56 年度の前期に残りの 34 本が製造される予定になっている。現在月産 8 本であるが、これを 10 本に上げる努力をしている。

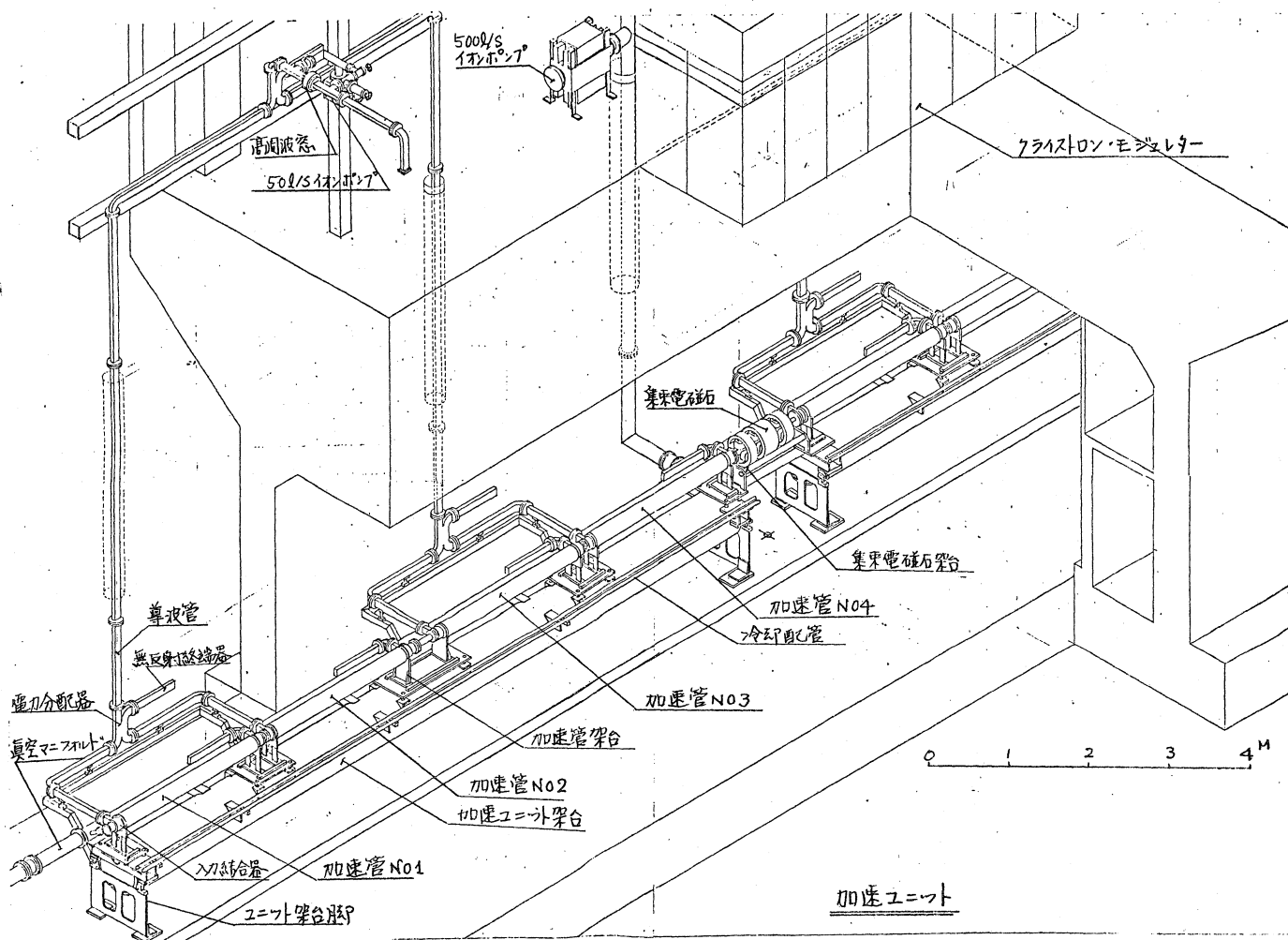
大電力立体回路は、クライストロンの出力マイクロ波電力を 4 本の加速管に効率良く輸送するためのものであり、3 個のバイブリッド電力分配器と多数の導波管で形成されている。しかし、この立体回路には、位相を調整する機構がないので、クライストロンとそれぞれの加速管との間の導波管は位相が正確に合う様に、長さが調整されている。又、立体回路には、クライストロンの交換作業を容易にするため、セラミック窓が入り込んでいる。この窓が、放電で穴が開いた時、又は熱で亀裂が生じた時に、破壊し破片が飛散するのを防ぐためと放電を起り難くするために、その両側は真空にしている。

加速ユニットの架台は、耐震構造になっている。0.5 G 以内の加速度であれば、振動しても、元の位置に戻る様なバネ機構を持っている。

加速ユニットは、昭和54年度に1台、パイロットプラントとして製作され、現在それを現場に据付け作業中である。又、昭和55年度に21台、56年度に残りの18台を製作する予定である。その据付けは、上述の1台に続いて昭和55年度中に3台、昭和56年4月中に4台、同年の6~10月に残り32台の予定であり、56年2月には加速ユニットにパワーを入れるテストを行う予定で作業を進めている。

今年の4月には、加速管の大電カテストを行った。1本の加速管に約30 MWのマイクロ波を供給することに成功した。このテストでは加速管の加速電界は、約23.72 MV/mに達した。

Fig 4 加速ユニット立体図



§3 集束系

入射器の集束系は、電子ビームの発散現象を抑えるために、ベータトロン波長を出来だけ短かくし、且つ、集束される電子ビームが光軸に対して円柱性が良く保てる様にレンズ

系を設計している。即ち、磁場勾配の高い4極電磁石を3台組み合せて集束系である。

昭和54年度には、ボーア半径25mmのトリプレット電磁石と、その電源を試作した。この電源は無接点タップ切換方式で二次側電圧が設定出来る様に設計されたものである。タップ切換時にノイズが発生するのを防止するために、電圧・電流がゼロをクロスするタイミングを選んで切り替えを行っている。

昭和55年度には、トリプレット電磁石を10台、56年度に18台、製作する予定である。

集束電磁石は、加速ユニット間に設置されるが、その架台は、2台の加速ユニット架台間をブリッジする形で設定される。(Fig 4を参照)

§4. 入射系

電子銃は、トライオードタイプを中心に開発を進めている。目下、オキサイドカソードの活性化テストや、エミッタンスの測定が行われている。短パルスの大電流を加速する場合に使用されるサブハーモニックバンチャーの設計、及び、プレバンチャー、バンチャーを含む入射系の詳細設計が進められている。昭和55年度は、プレバンチャー、並びにバンチャーを製作し、昭和56年度の初期に、長いパルスビームでテストを行う予定である。

短パルス用電子銃、及び、そのパルス電源の開発も同時に進められている。特に、電子貯蔵リングの高周波加速バケツトに同期するシングルバレットビームを電子銃から発生させる同期方法が今後の開発的テーマになりつつある。

§5 マイクロ波源

昭和53年度には、クライストロン電源(モジュレーター)の試作、30MWクライストロンの試作、クライストロン用集束磁石の開発が、行われた。

モジュレーターは、最大突頭電力84MW、平均電力14.7KWのライン型のパルス発生器である。PFNの出力インピーダンス6Ω、パルス幅2.0μsであり、0.018μFのコンデンサーと0.67μHのコイルを16セクション連ねたものである。このPFNに供給する最大電圧は50KVで、電圧設定は、チャージングチョークをde-Qingさせて行っている。PFNのスイッチングは、サイラトロン(KU-275C)を用いた出力パルスの最大電流値は、3650Aを得ている。(Fig 5を参照)

クライストロンは、SLACのXK-5をモデルにして製作された。このクライストロンの仕様は、パルス電圧270KV(max)、パービアンス $2.1\mu A/V^{3/2}$ 、出力電

カ30MW, 利得51dB, 効率40%以上で, 集束は永久磁石で行える等である。

この集束磁石は, ソンメルト法で製造されたアルニコ9の棒磁石を円形に配置し, エポキシ樹脂で固めたものである。アルニコ9はB-H積の大きい1方向性の永久磁石である。 Fig 6は, 集束磁石を装置したクライストロンの写真である。

モジュレーターは, 昭和54年度に12台, 製造され, クライストロンギャラリーに据付けられ, 自下, 調整中である。又, 55年度には15台, 56年度には15台製作予定である。 Fig 7は, 12台のモジュレーターが並んでいる写真である。

クライストロンは, 昭和54年度に5本購入し, 55年度に20本, 56年度に20本, 購入予定である。一方, 集束磁石は, 昭和54年度に12台製作し, それにチャージする励磁装置も一式製作し, 現在調整中である。又, 55年度には更に15台, 56年度には, 15台製造する予定になっている。

Fig 5 16 STAGEのPFN

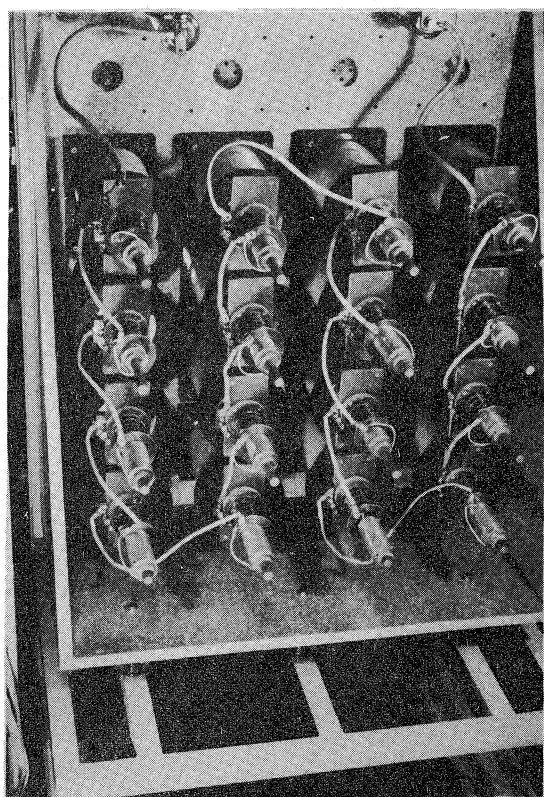


Fig 6
集束磁石を装着した
クライストロン

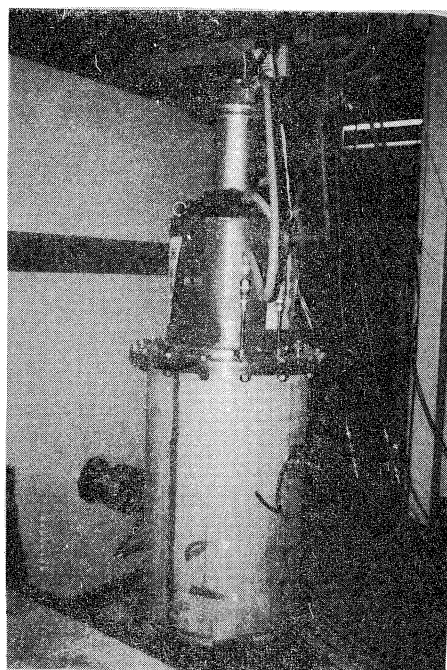
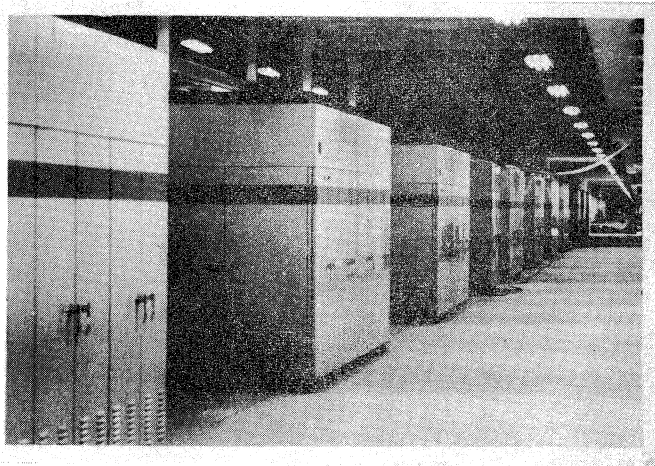


Fig 7 クライストロン・モジュレーター



§6 制御系

入射器は、7台の小型計算器で制御される。これらの計算器は光ファイバーでループ (Loop I) になっている。これらの計算器は、主制御、入射系、第1~5セクターに配置され、マイクロプロセッサでコントロールされる各装置の制御部に光ファイバーを通じて接続され、各装置間はループ (Loop II, Loop III) で結合される。ループの伝送速度は、それぞれ、5 Mbit/S (Loop I), 500 bit/S (Loop II), 48 bit/S (Loop III) である。

昭和54年度には、小型計算器 (MELOM 70 MODEL 30) が7台納入され、システムのチェンジが行われている。

全トリガー系は加算周波数 (2856 MHz) の $1/6$ 周波数 476 MHz に同期している。又、トリガー信号のデジタル遅延回路は、このマスター信号を更に $1/10$ に分周して 47.6 MHz をクロックにしている。

電子ビームとマイクロ波の位相検出システムは、2タイプ製作した。一方は、50 MHz の中間周波数に位相を変換する型、他方は、直接に位相を比較するハイブリッド型である。位相変換型では、位相検出精度が 1° 以内にする事に成功している。

ビームモニターは、ポジションモニターの開発を中心に進められている。これは、ビームが窓隙 (IM 210) の中心からずれて通過したときに、励起されることを利用したものである。テストの結果では、 0.1 mm 以下の分解能を得ている。