

## トリスタン計画について

西川 哲治 (高エネルギー物理学研究所)

### 1. はじめに

高エネルギー研究所で建設中の陽子シンクロトロンは、昭和50年度中に主リングでの陽子ビームの加速に成功し、昭和52年度からは、本格的な共同利用実験が開始される予定である。その到達エネルギーは、当初計画の約1.5倍(12 GeV)近くまで得られる見込みをもち、 $\pi$ ,  $K$ ,  $p$ ,  $\bar{p}$ ,  $\mu$  等の高エネルギー粒子を用いた、素粒子、原子核、その他の関連分野の多彩な実験的研究が行えるようになることを期待されている。

しかし一方、世界の現況にかんがみると、現計画の規模は、欧米等の高エネルギー物理学の研究の規模には遠く及ばず、凡そ之を最近話題を呼んでいる新しい素粒子の発見の研究は、このシンクロトロンのエネルギー領域ではできない。さらに、この数年来の素粒子物理学の新しい発展は、わが国がまだ既存の加速器では到達してないような未知の領域に、種々の新粒子の存在の可能性や新しい物理的体系の存在の可能性を予想させるような、重要な自然の秘密が隠されていることを推測させている。これらの自然の隠された事実を探ることは、物質の究極の構成やそれらを支配する作用を解明する、もっとも重要な研究となると期待される。

そこで、高エネルギー物理学研究所の加速器研究系を中心とした有志グループは、現在建設中の陽子シンクロトロンに接続して、さらにその北方に直径が約その6倍の大リングをつくり、これを用いて、このような未開の領域での種々の素粒子反応の研究を行う計画を建て、トリスタン計画(Tri-Ring Intersecting Storage Accelerators in Nippon)の愛称のもとで、設計研究が進められている。

### 2. 計画の概要

トリスタン計画の基本的な案は、直径約600mのトンネルの内部に少くとも3台(内2台は超伝導電磁石リング、1台は通常電磁石のリング)の互いに交叉する蓄積型加速器を配置し、陽子-陽子、電子-陽子、電子-陽電子、陽子-反陽子等の多種の衝突ビームの実験を行おうとするものである。ひとつのリングでの陽子の最高到達エネルギーは180 GeV、電子は17 GeVと予測され、これらの衝突ビーム実験を行えば、陽子-陽子の場合は70 TeVの通常の陽子シンクロトロン、電子-陽子の場合は6 TeVの電子シンクロトロンと作ったことにも匹敵し、全く未開のエネルギー領域を人工的に開拓することとなる。

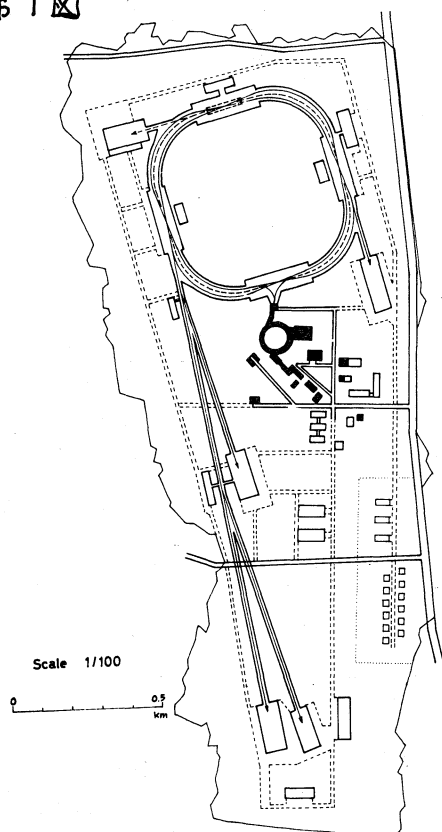
この計画の特色は、可能な技術、敷地、電力、冷却水等の境界条件も考慮して、このような未知の領域を開拓しようとする点にある。実現には、多数の大型超伝導電磁石の製作や超高真空技術、大電力高周波技術等、新しい科学技術の開発を要する問題も多いが、それらの技術的難しさも考慮して、可能性の高い具体的なものとするため、タイムスケジュールや予算を含めた計画が練られてある。また、これらの新しい技術の開発を進めるための準備研究も行われている。

第1図は、高エネルギー-研予定敷地内でのトリスタン計画の予想配置図を示す。黒いぬらんだ部分が現在の計画である。当初案では、平均直径約650mの同一トンネル内に2台の水平に交わる超伝導電磁石リング(実線)と、これらと上下に交わる1台の通常電磁石(点線)をおく。陽子は建設中の12GeVシンクロトロンから、まず通常電磁石のリングに6パルス分トランスファされ、ここで約50GeVまで加速された後に超伝導電磁石リングに蓄積され、十分強いビームを得てから、最高エネルギーまでゆっくり加速される。中間リングを用いることにより、超伝導電磁石の磁化の範囲を狭くし、交流効果を減らす、加速途中に転移エネルギーを通過することを避ける、等の利点がある。通常電磁石の中間リングの磁場は、陽子を逆向きに加速するときには反転することを考えているが、別案として、中間リングを2台にすることも考えている。電子や陽電子は通常電磁石リングが陽子の中間リングとして働いた後、これが加速、蓄積される。

第1表は、トリスタンの陽子-陽子衝突実験のシステムの予備的パラメータを、第2表には、陽子-電子衝突システムのそれらを、与えてある。三つのリングのうち、二台が衝突ビーム実験に用いられているとき、他の第三のリングは、これを通常のシンクロトロンのように用いて、固定標的の実験を行うこともできる。また将来、50GeVの中間リングの陽子を用いて発生させた、反陽子ビームを超伝導リングの一つに蓄積、加速して、陽子-反陽子ビームの衝突実験などを行う可能性も考えられている。期待されるルミノシティは、陽子-陽子衝突で $10^{32} \sim 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 、電子-陽子や電子-陽電子衝突では $10^{30} \sim 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 、陽子-反陽子衝突では $\sim 10^{28} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と予測される。

リングの具体的設計は、種々の可能性をふくめて、パラメータの設定が検討されている。第2

第1図



第1表

PRELIMINARY PARAMETERS OF TRISTAN pp RINGS

Injection Energy	12 ~ 50 GeV
Maximum Final Energy ( Each Ring )	180 GeV
Number of Intersecting Points	4
Average Radius ( Curved Section )	204 m
Long Straight Section Length	150 m
Short Straight Section Length	30 m
Total Circumference ( 6x12 GeV Ring )	2035 m
Maximum Magnetic Field	45 kG
Total Stored Energy	~ 70 MJ
Acceleration Time	~ 150 sec
Number of Betatron Oscillations	22.25
Cell Structure	Separated Function FODO
Number of Cells ( Each Ring )	68
Cell- Length	~ 16.4 m
Full Vacuum Chamber Aperture	6 cm
Crossing Angle	$\leq 77$ mrad
Total Charge ( Each Ring )	$6 \times 10^{14}$
Circulating Current ( Each Ring )	15 A
Luminosity ( 180 GeV )	$7.5 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$
Maximum Luminosity for Collinear Crossing	$10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$

図及び第3図は、ラティスの予備的設計の第1次案である。二台の水平面内で交わるリングは、スーパー・ピリオド2のダイヤモンド型(菱型)ラティスを作り、これを90°まわして重ね、交差させることを考えている。交叉角は小さく、かつ任意に変えられる可能性をもつ。第3図に示したように短い直線部はラティスにマッチさせ、長い直線部は分散をなくし、実験の要求に応じた種々のセット・アップが可能になるように考えてある。このほか、電子リングの高周波加速の方式なども、種々のアイデアが出されて検討されているが、第2表には、入射用リニャックと同じ周波数を用いて捕獲効率をあげる案が示されている。

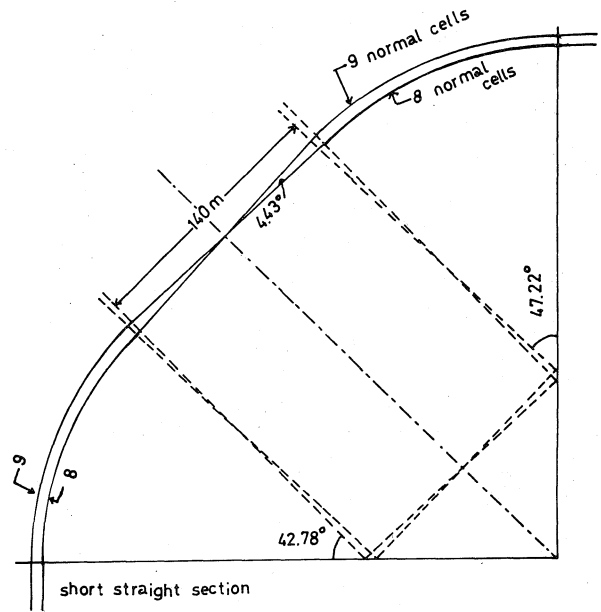
第2表

PRELIMINARY PARAMETERS OF TRISTAN ep RINGS

Maximum Electron Energy	17 GeV
Maximum Proton Energy	18.0 GeV
Length of Interaction Region	150 m
Bending Radius ( Electron )	129 m
Maximum Bending Field ( Electron )	4.1 kG
Total Circumference	2035 m
Center of Mass Energy	110 GeV
Equivalent Energy ( Electron )	6.5 TeV
R.F. Frequency ( Electron )	1200 MHz
Maximum R.F. Voltage ( Electron )	100 MV/turn
Electron Current	30 mA
Power radiated by Electrons	1.5 MW
Maximum Luminosity ( with $\beta_e^* \approx 0.1 \text{ m}$ )	$1.5 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$
Crossing Angle	$\approx 30 \text{ mrad}$
Injector	1 GeV Electron Linac
Injection Field ( Electron )	240 G

第2図

QUADRANT OF TRISTAN pp RINGS

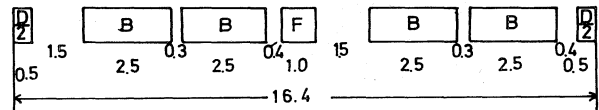


### 3. 計画の進め方

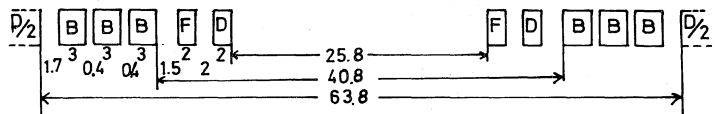
トリスタン計画の総予算額は1000億円近く、10年位の計画と考えている。そこでこれをPhase IとPhase IIに分け、Phase Iではまず通常電磁石のリングを2台作り、陽子50~80 GeV、電子15~17 GeVで実験をし、Phase IIで超伝導電磁石リングにつながる案の具体的な検討なども行われている。

第3図

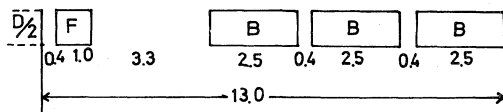
Normal Cell



Short Straight Section



Dispersionless System (in Long Straight Section)



unit = meter