

3.9 放射線安全とビームダンプ

3.9.1 放射線遮蔽

3.9.1.1 実験室遮蔽（ビームライン前面）

ERLの実験室前面の遮蔽厚さとビームロス可能量の関係を表3.19に示す。ビームロスの仮定としてロスの半分が曲線部、半分が直線部に落ち、曲線部でのロスの5%が一箇所に落ちるとした。ソースから実験室内の線量評価点までの距離は8 mとし、評価点での空間線量率が $20 \mu\text{Sv/h}$ となるビームロス量を求めた。この距離はPFでの位置関係から推定した。計算方法は線についてはSakanoの式、中性子についてはJenkinsの方法を用いた。

3.9.1.2 天井

ERLの天井の遮蔽厚さとビームロス可能量の関係を表3.20に示す。仮想線源点から敷地境界上の線量評価点までの距離を230 mとし、仮想線源点に全周ビームロスの50%を一点に集めた。そして、年間運転時間を8736時間とし、線量評価点での年間線量が $10 \mu\text{Sv/y}$ となるビームロス量を求めた。表3.20の第2欄には線源から上方向に10 m離れたA点での線量率を示してある。スカイシャイン計算によるとA点での $1 \mu\text{Sv/h}$ は敷地境界での $2.2 \mu\text{Sv/y}$ に相当する。

表 3.19: 実験室前面の遮蔽厚さとビームロス可能量

遮蔽	1Wロスあたりの線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	全周ロス可能量 (W)	10^{-5} ロスの場合の最大電流 (A)
Concrete 1m	4.4e3	4.5e-3	9.0e-8
Concrete 2m	35	0.57	1.1e-5
Concrete 3m	0.28	71	1.4e-3
Concrete 4m	1.8e-2	1100	2.2e-2
Conc. 1m+鉛 0.1m	9.0	2.2	4.4e-5
Conc. 2m+鉛 0.1m	8.2e-2	240	4.8e-3
Conc. 3m+鉛 0.1m	2.2e-3	9300	0.19

表 3.20: 天井の遮蔽厚さとビームロス可能量

遮蔽	1Wロスあたりの線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	全周ロス可能量 (W)	10^{-5} ロスの場合の最大電流 (A)
Concrete 1m	1.0	4.5	9.0e-5
Concrete 1.5m	0.14	32	6.4e-4
Concrete 2m	3.5e-2	130	2.6e-3
Conc. 0.5m+土 1.5m	0.12	38	7.6e-4
Conc. 0.5m+土 2.5m	2.1e-2	210	4.2e-3
Conc. 0.5m+土 3.5m	5.0e-3	900	1.8e-2
Conc. 0.5m+土 4.5m	1.3e-3	3.5K	7.0e-2
Conc. 0.5m+土 5.5m	3.4e-4	13K	0.26

3.9.2 ビームダンプ

3.9.2.1 概念

エネルギー 10 MeV (又は 5 MeV)、電流 100 mA で 1 MW (または 500 kW) のビームダンプを考える。例としてダンプ表面への入射熱量を、約 200 W/cm² にするためには、拡大マグネット、または走査マグネットを用いて、ビームスポット面積を約 4000 cm² に拡大する必要がある。拡大マグネット、走査マグネットのどちらかが一時的に故障したときを考えて、短時間は数倍程度に耐えられるビームダンプの設計が必要である。

銅中の 10 MeV (5 MeV) 電子の飛程は 7 mm 弱 (4 mm 弱) であるので、その程度の厚さの銅の平板、円筒などでビームを受け、銅を水冷する。平板を傾ける、または円錐状にして、ビームの入射面積を広くすることも可能である。但し銅中で 15 % (8 %) の電子ビームのエネルギーは、直接には熱としては吸収されず、制動 X 線に変換される。この X 線によって光核反応が起こるが、このうち銅から中性子が生成するしきいエネルギーは 9.91 MeV であり、中性子の生成量は少ない。ビームダンプ中に直接生成する放射能のうち、⁶⁴Cu は半減期が最長で 12.7 時間である。

3.9.2.2 主要考慮事項

主に以下の項目について検討する必要がある。

- ビームダンプからの除熱を効率的に行うシステムが必要である。
- ビームを拡大・走査するマグネットとビームラインの設計が必要である。
- 特にビームの拡大・走査のためのマグネットは、ビームダンプに近く X 線に曝されるため、放射線損傷、また空気中に生成するオゾン、NO_x による損傷に注意をする必要がある。
- 冷却水の流路の検討が必要である。
- X 線に対する遮へいが必要である。
- 冷却水の放射線分解にも注意が必要である。
- ビームダンプ部の真空の悪化がどの程度になるかの、見積もりも必要である。

伴秀一 (KEK・放射線)

3.9.3 放射線モニター

現在計画が進められている ERL 施設の放射線モニタリングについて、簡単に述べる。

現在考えられている施設の規模から、20 台程度の空間線量率測定用モニターに加えて排気中放射能濃度モニター並びに排水中放射能濃度モニター各 1 台程度が必要と考えられる。空間線量率は、中性子及び光子線を測定対象として、中性子線検出器として従来より用いられている減速剤付き ³He 比例計数管が、また光子線測定用検出器として広いエネルギー範囲で平坦な応答特性を持つ空気電離箱が適切と考えられる。20 程度の測定点のうち、ビームロス等が大きいと予想される箇所にはインターロック機能を有するモニターを配置する。インターロック方式として従来から

の1時間積分方式で問題はないと考えられるが、積分時間に関しては装置の運転時間や形態を考慮して、一考の余地が有ると思われる。排気モニターについては、運転中の加速器室空気を常時排気とするのか或いは閉じ込めとするのかにより、モニターの選択が異なる可能性があるが、現段階では法令の定める濃度限度の1/10まで測定可能な高感度型が適当と考えられる。排水モニターについては、排水中放射能濃度が基準値を超える恐れがないと判断されたり、具体的な放射性排水設備を設定しない場合には、必要がない可能性がある。

これらのモニターのデータを収集・解析するために、STATIONと呼ばれるローカル監視装置をERL制御室等に置く。モニターからの測定データは、一旦STATIONに集められ、データの一時保存や解析表示が行われるとともに、放射線管理棟に設置してあるCENTERと呼ばれる監視装置に送られる。すなわちERL関連のモニター全ては、NORMと呼ばれるKEK全体の放射線モニタリングを一元的に管理する連続集中放射線監視装置のネットワークに組み入れられる。さらにSTATIONにはインターロックを統括する装置が設置され、ここからインターロック信号が制御卓に送られる。この装置では、接続された全インターロックモニターの測定線量や状態が監視され、CENTERに送られるとともに制御卓にも情報として送られ、運転や今後のスケジュールに反映される。

佐々木慎一（KEK・放射線）