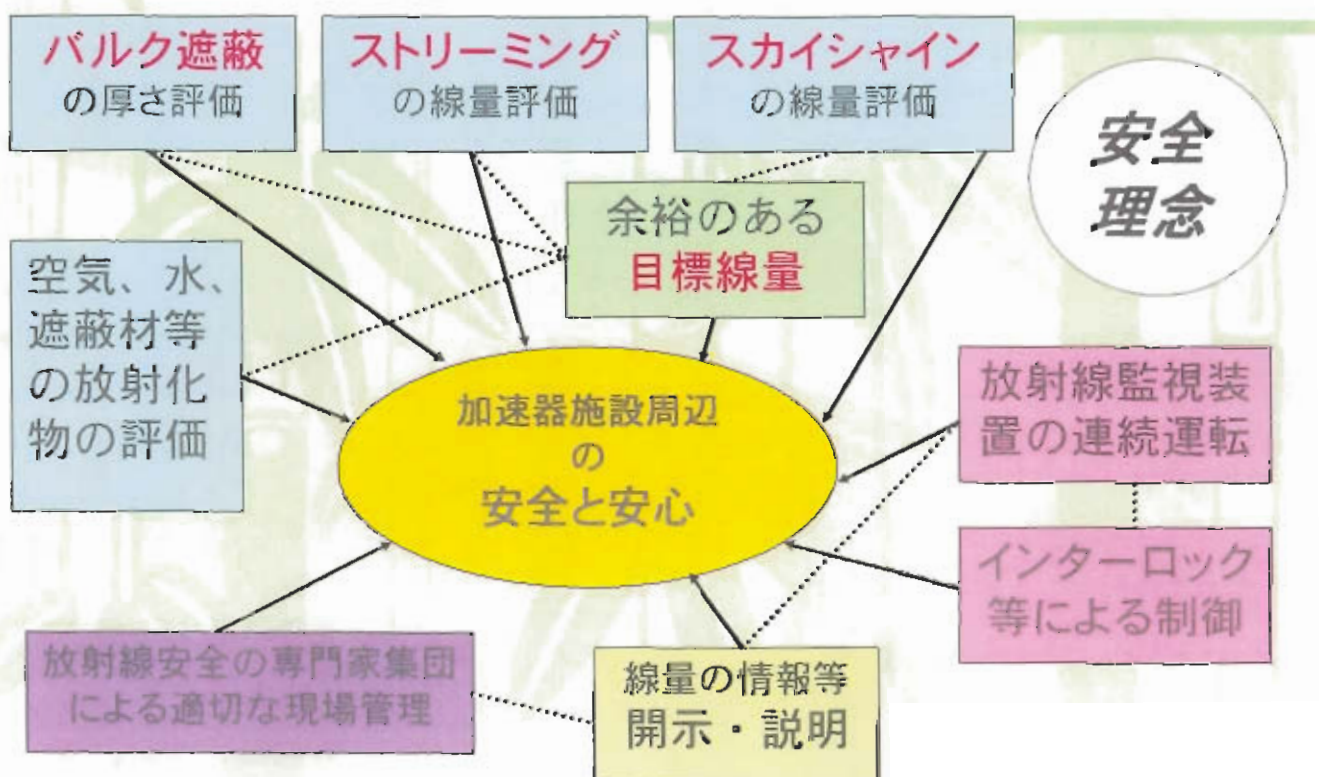


# 高輝度光源施設の放射線安全

原子力研究総合センター

飯本武志 小佐古敏荘 杉浦紳之

## 放射線安全上考慮すべき事項の例



## 5施設の調査

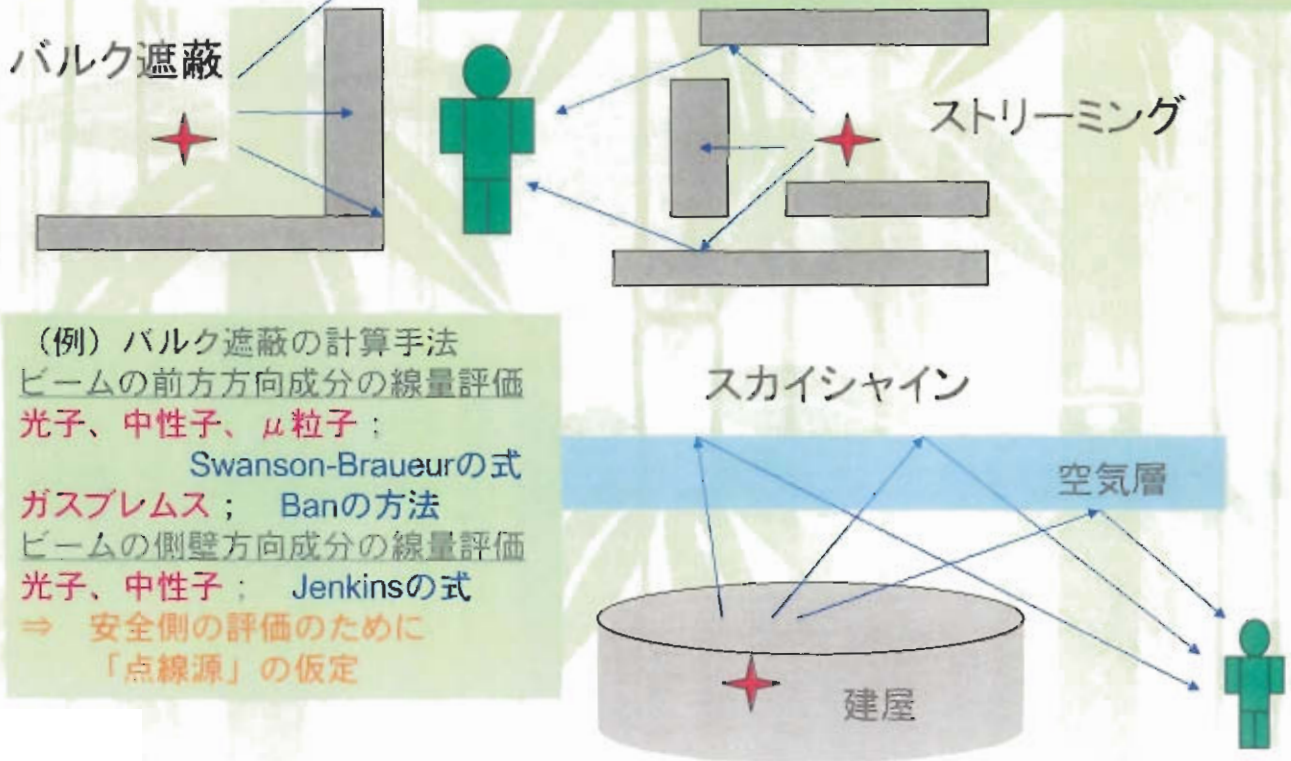
- 調査者：小佐古敏荘、杉浦紳之、飯本武志(東大)
- 調査期間：2001年10月6～21日(約2週間)
- 調査対象施設

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| ELETTRA、トリエステ(イタリア) | 2.4GeV, 160mA |
| LUPE、オルセー(フランス)     | 0.8GeV, 400mA |
| MAX-Lab、ルンド(スウェーデン) | 1.5GeV, 250mA |
| DESY、ハンブルグ(ドイツ)     | 4.5GeV, 139mA |
| BESSY-II、ベルリン(ドイツ)  | 1.9GeV, 400mA |

## 主な調査の項目

- インジェクタ及び蓄積リングの仕様  
(ビームエネルギー、カレント、年間運転時間、  
ビーム入射頻度及び1回当たりに要する時間等)
- **遮蔽設計に関する事項**  
(管理区域等の設定概念、遮蔽目標線量、ビームロス、  
遮蔽厚さ、高線量部の部分遮蔽の手法等)
- 入退室の管理(特にビームライン、ハッチへ)
- 従事者に対する教育訓練の手法
- 放射線モニタリングシステム  
(エリアモニタ、排気・排水モニタ等の種類と  
設置地点の選定概念) 等

# 遮へい設計に関する用語



## 線量限度と設計の目標値(案)

| 対象       | 法律上の線量限度             | 遮蔽設計上の目標線量(案)                     | 備考                                   |
|----------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 常時立入区域境界 | 100mSv/5年<br>50mSv/年 | 10 $\mu$ Sv/時<br>または25 $\mu$ Sv/時 | この線量を超える区域<br>立入時間制限あり               |
| 管理区域境界   | 1.3mSv/3月            | 0.6 $\mu$ Sv/時                    | この線量を超える<br>可能性のある区域<br>管理区域に設定      |
| 敷地境界(公衆) | 1mSv/年               | 50 $\mu$ Sv/年<br>限度の20分の1         | 原子力関連サイト等の<br>建設時によく用いられる<br>目標線量に倣う |

# 放射線安全設計の理念

- ❖ 外部識者を含む**専門家集団**での詳細な検討  
    **周辺住民**(公衆)、敷地内の**一般学生・職員**、**加速器ユーザー**の放射線安全を十分に担保
- ❖ 加速器施設としての**使いやすさ**も重要  
    ⇒ 安全裕度のとり過ぎは無意味
- ❖ 一般的に安全設計に使用される遮蔽計算では安全側の評価結果が得られる  
    (計算値にもいくらかの**裕度**を含むことに留意)

## 遮蔽設計にかかる線量評価の例

### 1.8GeV電子蓄積リングの運転モード(例)

|            |           |                      |
|------------|-----------|----------------------|
| 多バンチ運転(蓄積) | 4000hrs/y | 400mA、1日3回、100%損失    |
| 多バンチ運転(入射) | 320hrs/y  | 400mA、1日3回入射、30%入射効率 |
| 単バンチ運転(蓄積) | 500hrs/y  | 10mA、1日5回、100%損失     |
| 単バンチ運転(入射) | 80hrs/y   | 10mA、1日5回入射、30%入射効率  |
| 立ち上げ・調整    | 150hrs/y  | 10mA、20回/6時間、10%入射効率 |
| 焼きだし運転     | 200hrs/y  | 単位時間あたりの損失は多バンチ運転の2倍 |
| マシンスタディ    | 400hrs/y  | 単位時間あたりの損失は多バンチ運転の2倍 |
| 入射器マシンスタディ | 200hrs/y  | リングのビーム損失なし          |
| 入射器立ち上げ・調整 | 100hrs/y  | リングのビーム損失なし          |
| スタンバイ      | 50hrs/y   | リング・入射器のビーム損失なし      |
| 合計         | 6000hrs/y |                      |

# 遮蔽設計にかかる線量評価の例 (バルク遮蔽、スカイシャイン)

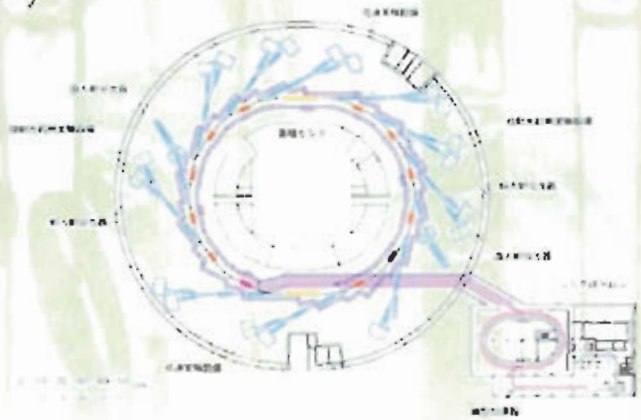
## ❖ ビーム損失の仮定

- 入射点、湾曲部、直線部の別
- 入射(調整)時、蓄積時の別

- ❖トラック型リングを24分割(例;大きな電磁石の数)  
⇒ 点線源扱い(安全側評価へ)

## ❖ 電子蓄積リング遮蔽厚

- リング横壁、天井厚、建物壁  
50cm(OC)
- ビームライン前壁;  
70cm(OC)+20cm(鉛)



# スカイシャイン線量の評価手法

## ❖ Stevenson-Thomasの式

$$H = 3.0 \times 10^{-15} \exp(-r/\lambda) / r^2 \times S \times 3600 \times 2$$

S; 建屋天井表面での全中性子線源強度 (n/sec)

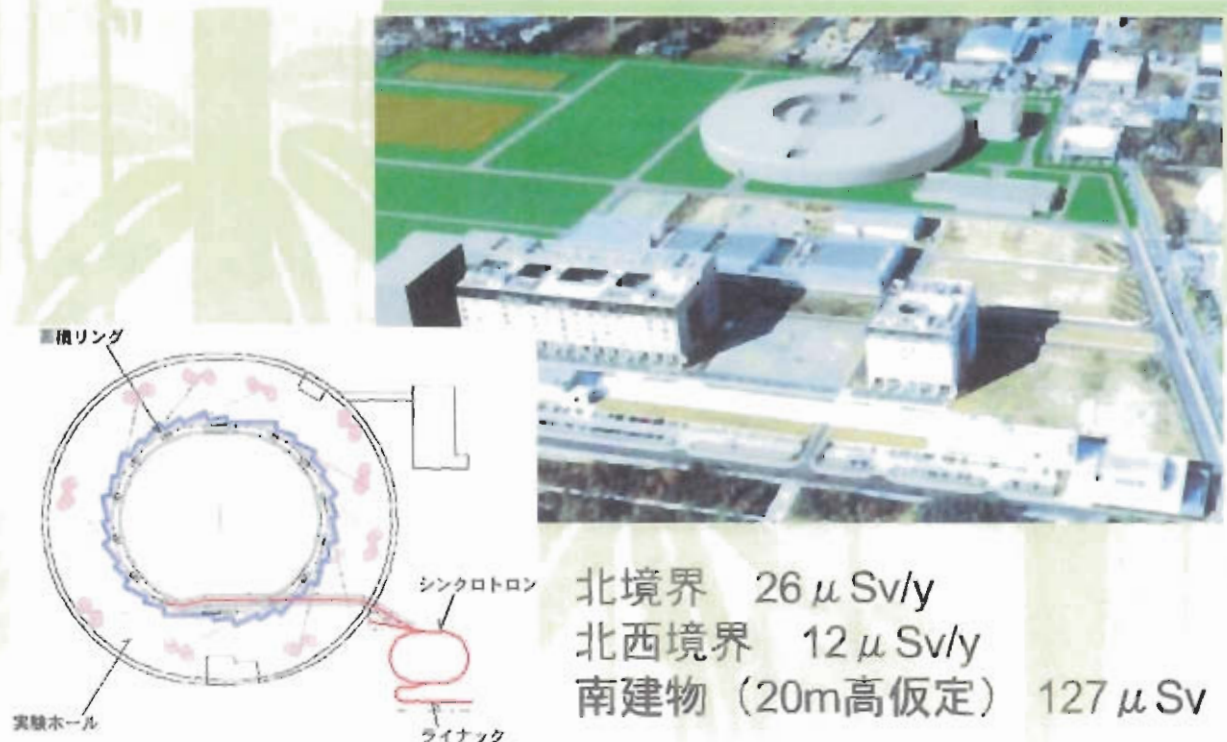
## ❖ 線量計算の手順

- ①バルク遮蔽計算で用いたJenkinsの式  
点線源で代表される区切られた天井表面中性子・光子線量率を計算→この全線量率に相当する中性子束を計算
- ②中性子束と各線源区分の天井表面積の積によりSを計算
- ③Stevenson-Thomasの式によりスカイシャイン線量へ
- ⑤各線源区分毎の評価点までの線量を合算  
→ ①の部分で安全側の仮定が成立

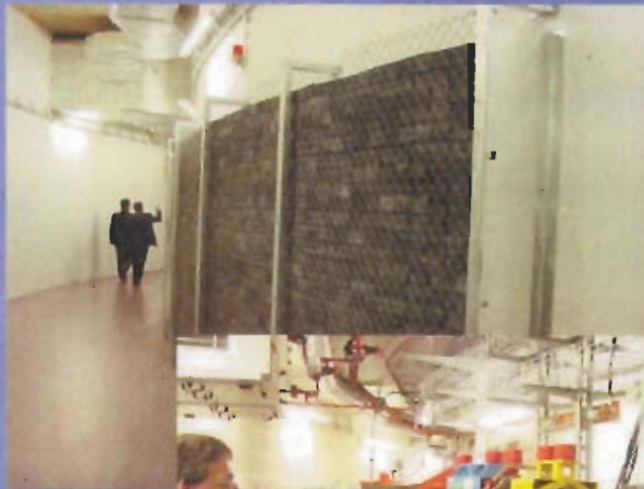
## 放射線量学的に 安全側の仮定となっている根拠

- ❖ SHINE IIコードによれば距離1kmまでの範囲では天井線量が同じであれば中性子の方が光子よりも**過大評価** → 天井からの発生がすべて中性子と仮定
- ❖ 漏洩中性子スペクトルの実測値は  $\Phi(E) = 1/E + 1/E^{1.8}$  で近似される  
中性子線束の計算の際に**1/Eスペクトル**で仮定 → 高エネルギー一部分を相対的に強調

## スカイシャイン等線量の例



# BESSY(独)の例



← 部分的追加遮蔽  
 ビームライン引出口  
 の様子 ↓



## 遮蔽壁厚の比較

|                            | 実験ホール横壁<br>(挿入点等)            | 天井                 |
|----------------------------|------------------------------|--------------------|
| ELETTRA                    | 75cmHC+110cmOC<br>(50cmHC追加) | 50cmOC             |
| LURE (Super<br>ACO,SOLEIL) | 300cmHC<br>(60cmHC追加)        | 100cmHC            |
| MAX-Lab<br>(MAX-II)        | 40cmOC<br>(50cmOC追加)         | 20-30cmOC          |
| DESY<br>(DORISS-III)       | 50cmHC+50cmOC<br>(5cmPb追加)   | 50cmOC             |
| BESSY-II                   | 100cmOC<br>(10cmPb追加)        | 70cmOC<br>(70cmHC) |

# 教育訓練について

(DESYの例)

- PCを用いた訓練システム (再教育で1回30~60分)

- ① 従事者の都合を優先
- ② 訓練業務の低減

- 従事者登録、  
入退室カードとの連動
- 線量の記録との  
共通管理



(まとめ)

## 放射線安全上考慮すべき事項

