

# 放射線リスク・影響評価技術に関する研究

平成19年3月6日

独立行政法人日本原子力研究開発研究機構

原子力基礎工学研究部門

環境放射線工学ユニット 放射線防護研究グループ

# 環境・放射線工学ユニットの役割

## 【原子力機構の中期目標(H17.10～22.3)】

●原子力の研究、開発及び利用に係る共通的科学技術基盤の高度化

### ⊕原子力基礎工学

我が国の原子力の研究、開発及び利用の基盤を形成し、新たな原子力利用技術を創出するため、以下の分野において基礎的研究を実施する。

原子力基礎工学  
研究部門(4ユニ  
ット)で実施

- ⊕核工学研究
- ⊕炉工学研究
- ⊕材料工学研究
- ⊕核燃料・核化学工学
- ⊕環境工学研究
- ⊕放射線防護研究
- ⊕放射線工学研究
- ⊕シミュレーション工学研究
- ⊕核不拡散政策に関する支援活動(一部)
- ⊕高速増殖炉サイクル工学研究

環境・放射線  
工学ユニット



# 重点安全研究計画:放射線影響分野(H17～21年度)

## 【JAEAに期待する安全研究】(原子力安全委員会 安全研究専門部会、H17.6)

軽水炉の高度利用や核燃料サイクル施設の稼働、放射線利用施設の高エネルギー化等に対応するため、原子力安全委員会が利用可能な基盤技術を確立する。

### ●必要とする研究成果

- ✦放射性物質の環境中の挙動に関する研究
- ✦放射線被ばく線量の測定・評価に関する研究 **放射線防護研究グループ**
- ✦放射線防護に係る放射線被ばくによるリスク評価に関する研究

## 【JAEAにおける放射線リスク・影響評価技術に関する研究】

最新の知見を取り入れた放射線被ばく線量評価手法、放射性物質の環境中における挙動の評価手法、放射線被ばくによるリスク評価手法等を開発し、原子力安全委員会が利用可能な基盤技術を確立する。



# 放射線防護研究グループの研究・18年度の進捗

## ● 精密人体線量評価法の研究

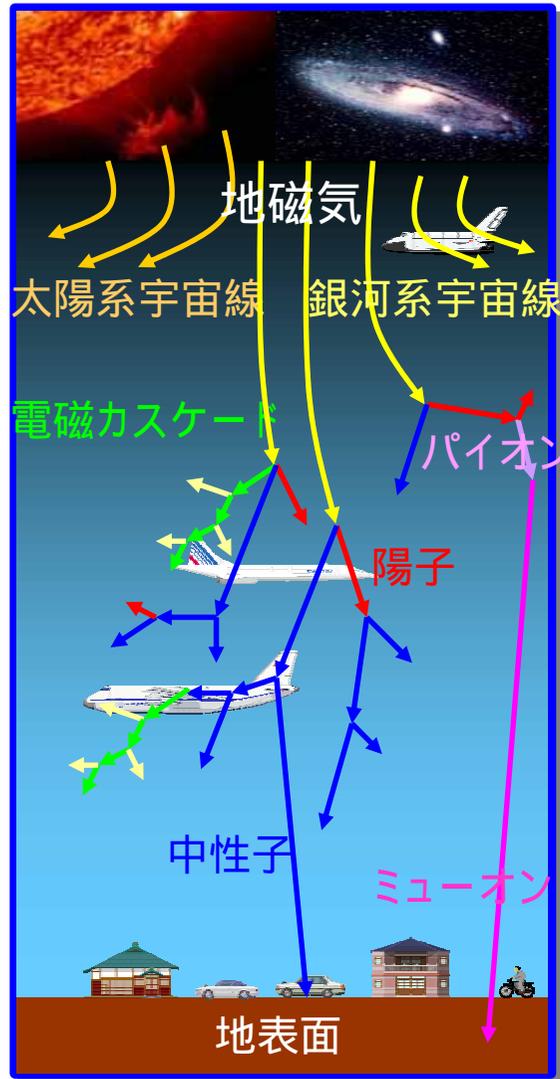
- ⊕ 小動物中性子線量データのヒトへの外挿に関する研究  
マウス精密ボクセルモデルの開発
- ⊕ 臨界事故時線量評価システムの開発  
詳細線量計算システムの開発、迅速線量評価プログラムの完成
- ⊕ ICRP最新モデルに基づく線量評価法の開発  
外部被ばく線量換算係数評価、姿勢による線量変動解析

## ● 高エネルギー放射線線量評価法の開発

- ⊕ 重イオンに対する線量評価法の研究  
大気中宇宙線計算法の開発      本日の発表
- ⊕ 新型放射線モニタの開発  
多粒子対応放射線モニタの開発
- ⊕ 核破砕核種に対する線量評価法の研究  
核破砕ターゲット中のトリチウム、放射性ヨウ素の挙動研究



# 大気中宇宙線計算法の開発と航空機被ばく評価への応用



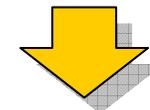
## 航空機巡航高度における宇宙線被ばく

- 12,000m 約 $5\mu\text{Sv/h}$
- 8,000m 約 $3\mu\text{Sv/h}$
- 地上 約 $0.04\mu\text{Sv/h}$

例えば成田 パリの飛行で約 $50\mu\text{Sv}$

## 宇宙線による航空機乗務員の被ばく

- ICRPが1990年勧告で職業被ばくに認定
- 放射線審議会ガイドライン(2006年):航空事業者に対し、乗務員について $5\text{mSv/年}$ の自主管理を要求



大気中宇宙線に対する高精度な  
線量計算法の確立が必要

# 日本における計算評価の現状

## 放医研航路線量計算システム JISCARD

(放医研ホームページより)



### ● 特徴

- ✦ Web上で利用
- ✦ 使いやすいGUI
- ✦ 日本発着便に特化

### ● 線量計算モデル

- ✦ CARI-6(米国)を使用

### 課題

- ✦ 中性子スペクトルの再現性が不十分
- ✦ 放射線荷重係数: 米国NCRP推奨値  
日本と異なる

計算精度の改善、日本の基準に適合した計算法の整備が必要

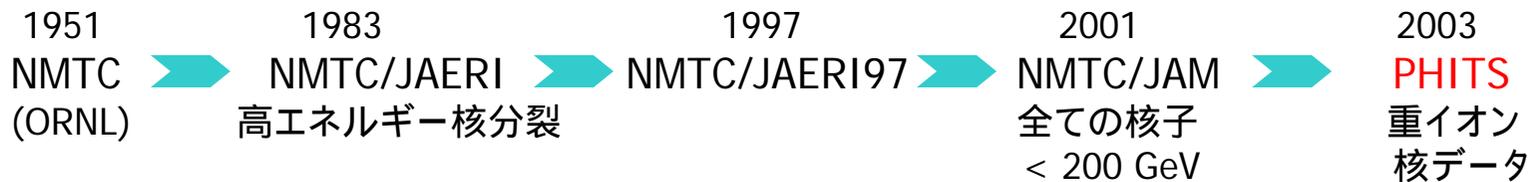


放医研との共同研究として実施

# 改良1:PHITSを用いた3次元輸送計算の適用

**PHITS** (*Particle and Heavy Ion Transport code System*)

## PHITSの開発の歴史



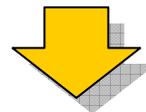
## 扱える物理現象

**幅広いエネルギー範囲の全ての粒子に対する輸送及び核反応**

$10^{-5}\text{eV} \sim 100\text{GeV/n}$

中性子, 陽子,  $\pi$ ,  $\mu$   
光子, 電子, 重イオン

3次元空間 核データライブラリ  
重力, 磁場も考慮 INC, QMD

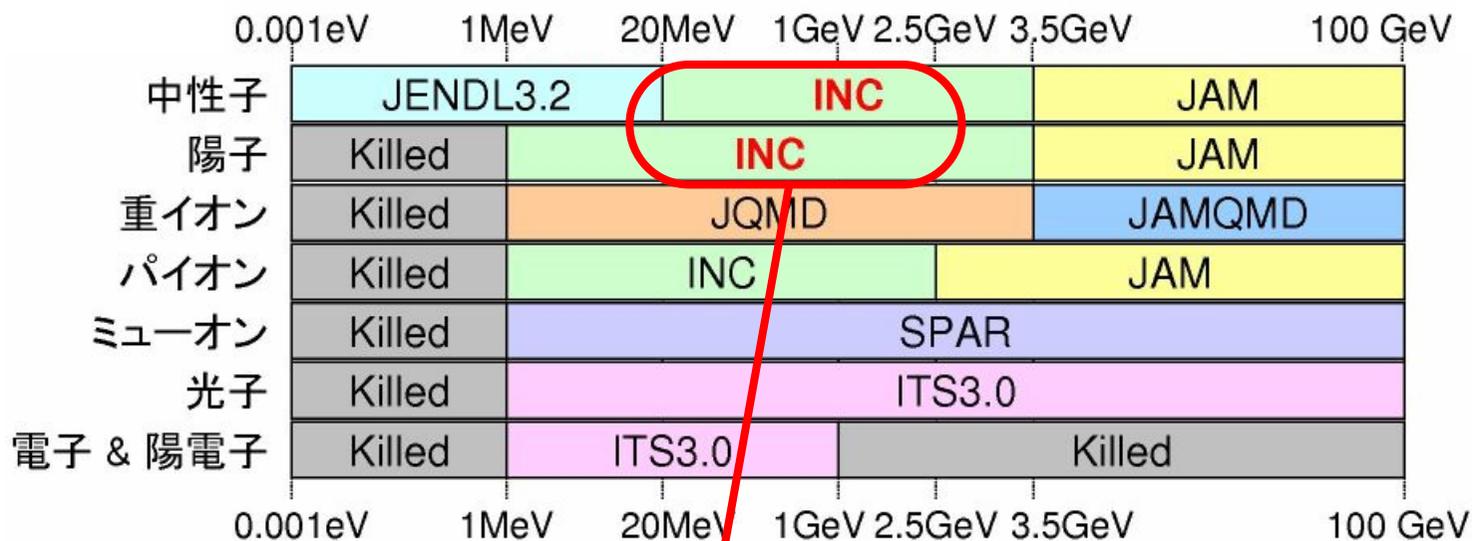


3次元での宇宙線の挙動計算が可能

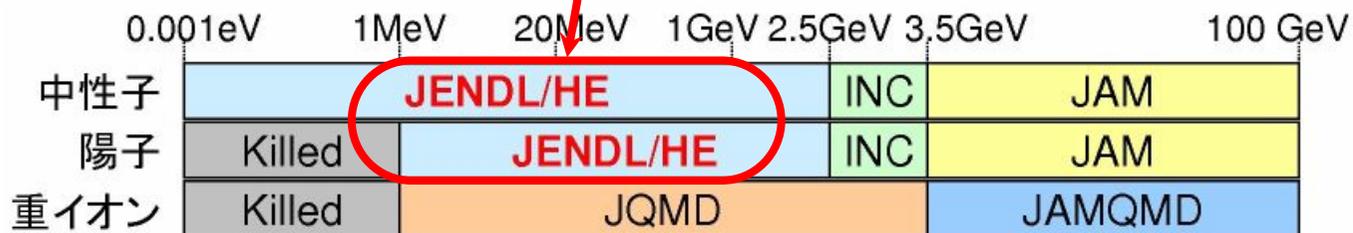


# 改良2: 評価済核データを用いた核反応・輸送計算

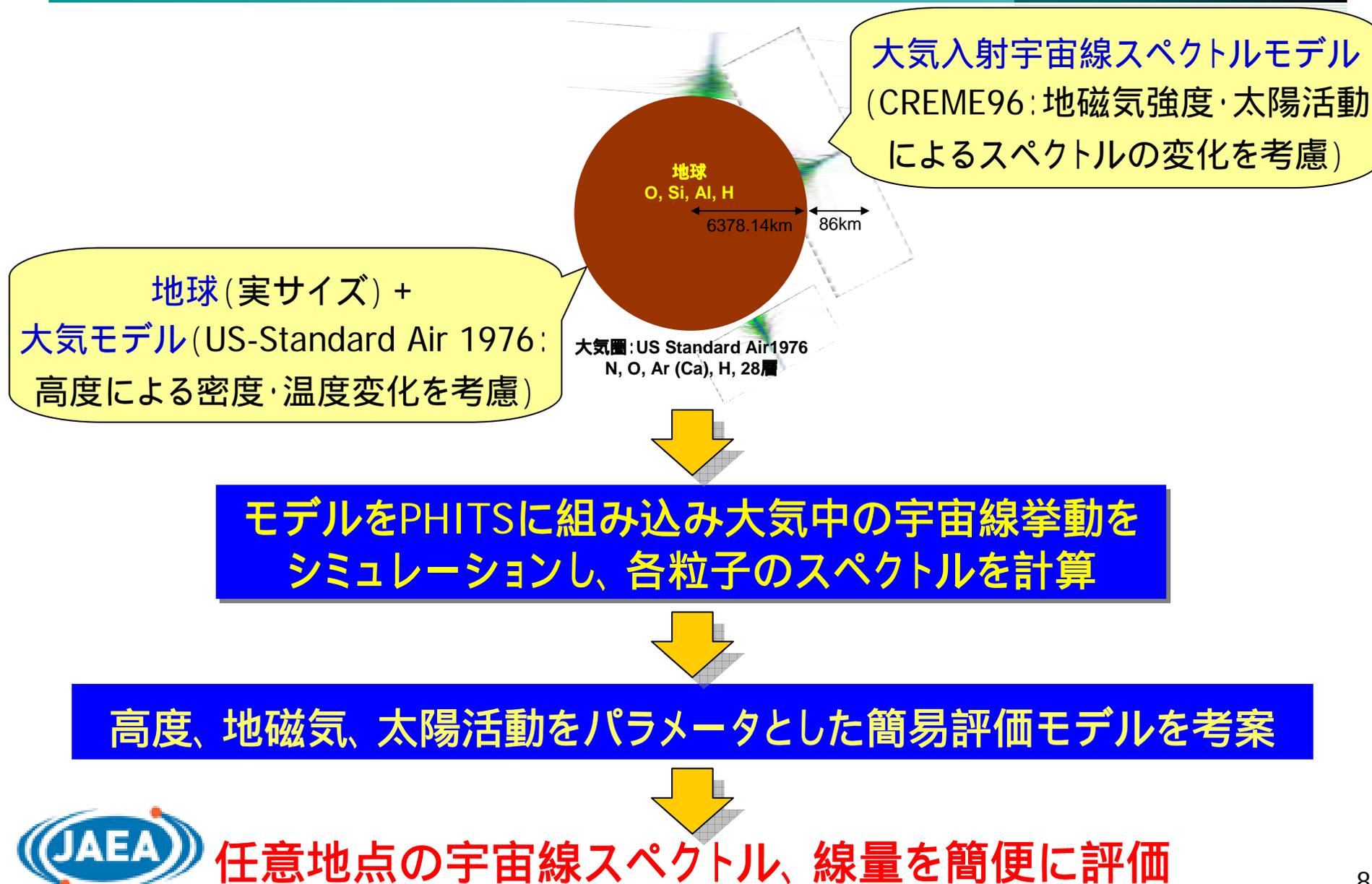
## 核内カスケード(INC)モデルを用いた計算



## JENDL高エネルギーファイル(JENDL/HE)を用いた計算

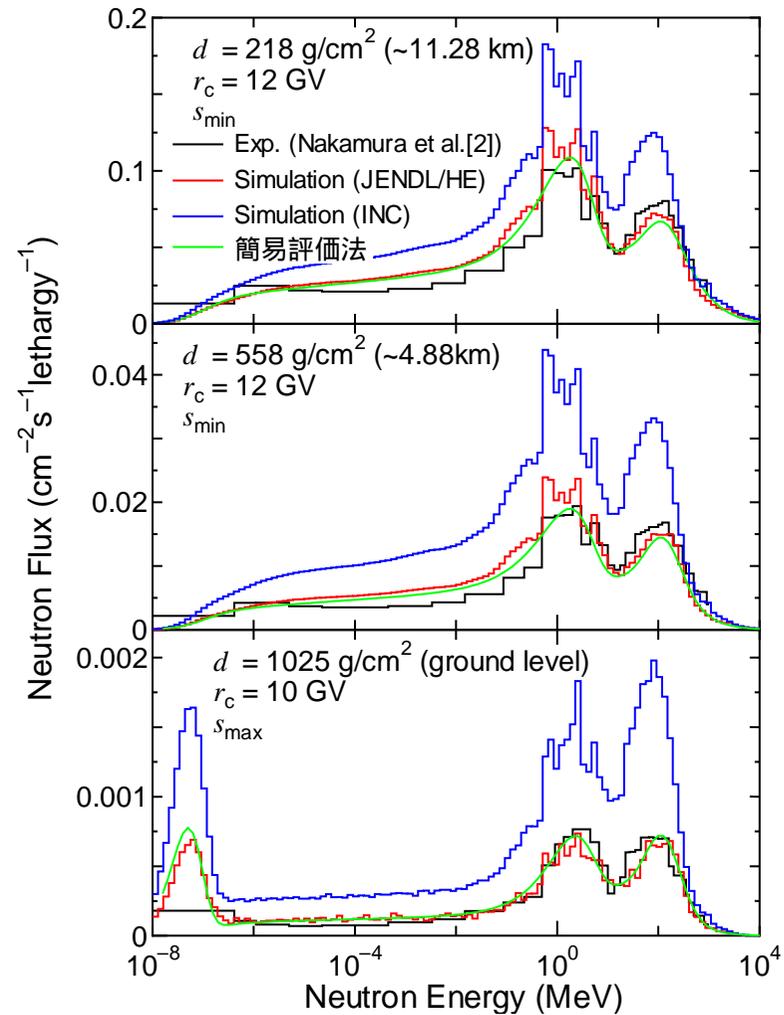
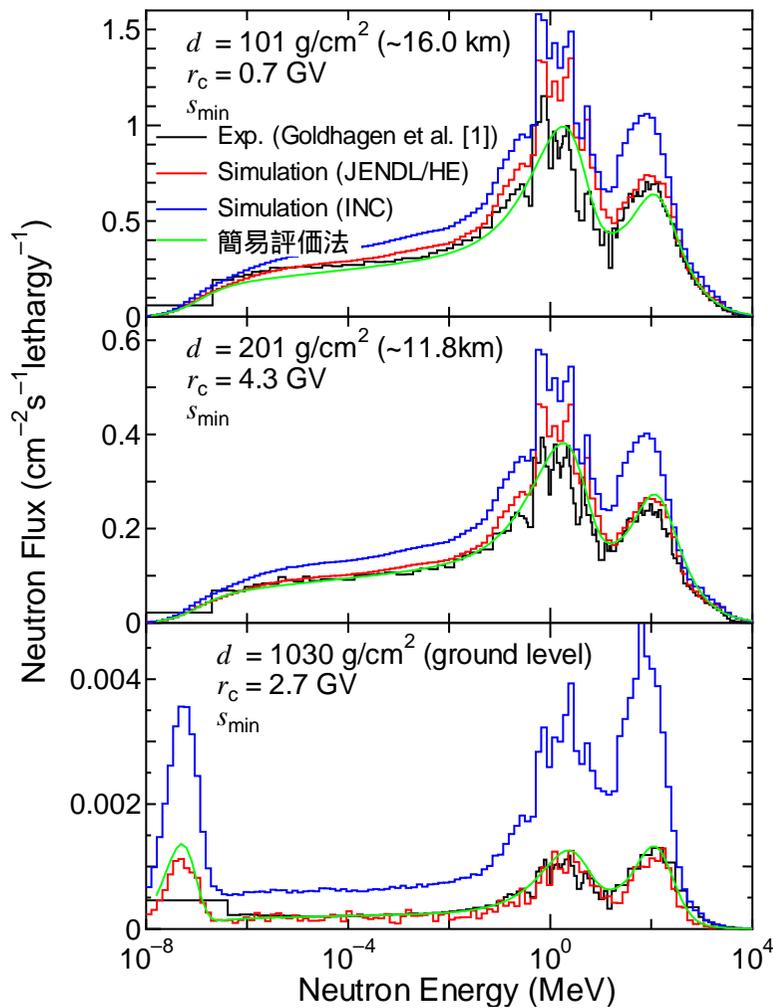


# シミュレーション計算と簡易評価モデルの開発



# シミュレーション、簡易評価法、測定値の比較

$d$ :大気圧、 $r_c$ :地磁気強度、 $s_{min}$ :太陽活動極小、 $s_{max}$ :太陽活動極大



簡易評価法はシミュレーション及び測定値を再現

# まとめ(その1)

## ● 大気中宇宙線輸送計算の開発

- ⊕ PHITSとJENDL/HEを組み合わせたシミュレーションにより、測定値を**精度良く再現する手法を確立**

## ● 大気中宇宙線簡易評価法の開発:EXPACS

- ⊕ シミュレーション結果を解析し、**簡便に予測可能な式**を導出
- ⊕ 地球上任意地点における宇宙線(陽子、中性子、 $\pi$ 粒子、 $\mu$ 粒子、電子・陽電子、光子)による線量を予測可能



JISCARD(線量計算モデル:CARI-6(米国))



**改良版JISCARD**(EXPACS(JAEA))  
計算精度を改善し、かつ日本の基準に適合した  
国産技術によるシステム

2007年放医研から公開され航空事業者に提供  
被ばく線量の自主規制(5mSv/年)に利用



# まとめ(その2):規制への反映の見通し

## ● 精密人体線量評価法の研究

- ⊕ 小動物中性子線量データのヒトへの外挿に関する研究  
中性子に対するリスク評価の高度化に反映
- ⊕ 臨界事故時線量評価システムの開発  
原子力施設等の防災対策(被ばく医療機関への技術支援)に利用
- ⊕ ICRP最新モデルに基づく線量評価法の開発  
ICRPにおける線量評価法の開発に貢献  
国内法令取り入れ時の防護規準策定等に利用

## ● 高エネルギー放射線線量評価法の開発

- ⊕ 重イオンに対する線量評価法の研究
- ⊕ 新型放射線モニタの開発
- ⊕ 核破砕核種に対する線量評価法の研究  
J-PARC等の高エネルギー加速器施設における安全評価・放射線モニタリング、宇宙線被ばく評価等に活用

