

研究開発成果報告 – 最近のトピックス –

世界標準被ばく線量評価 データベースの開発

平成25年11月26日

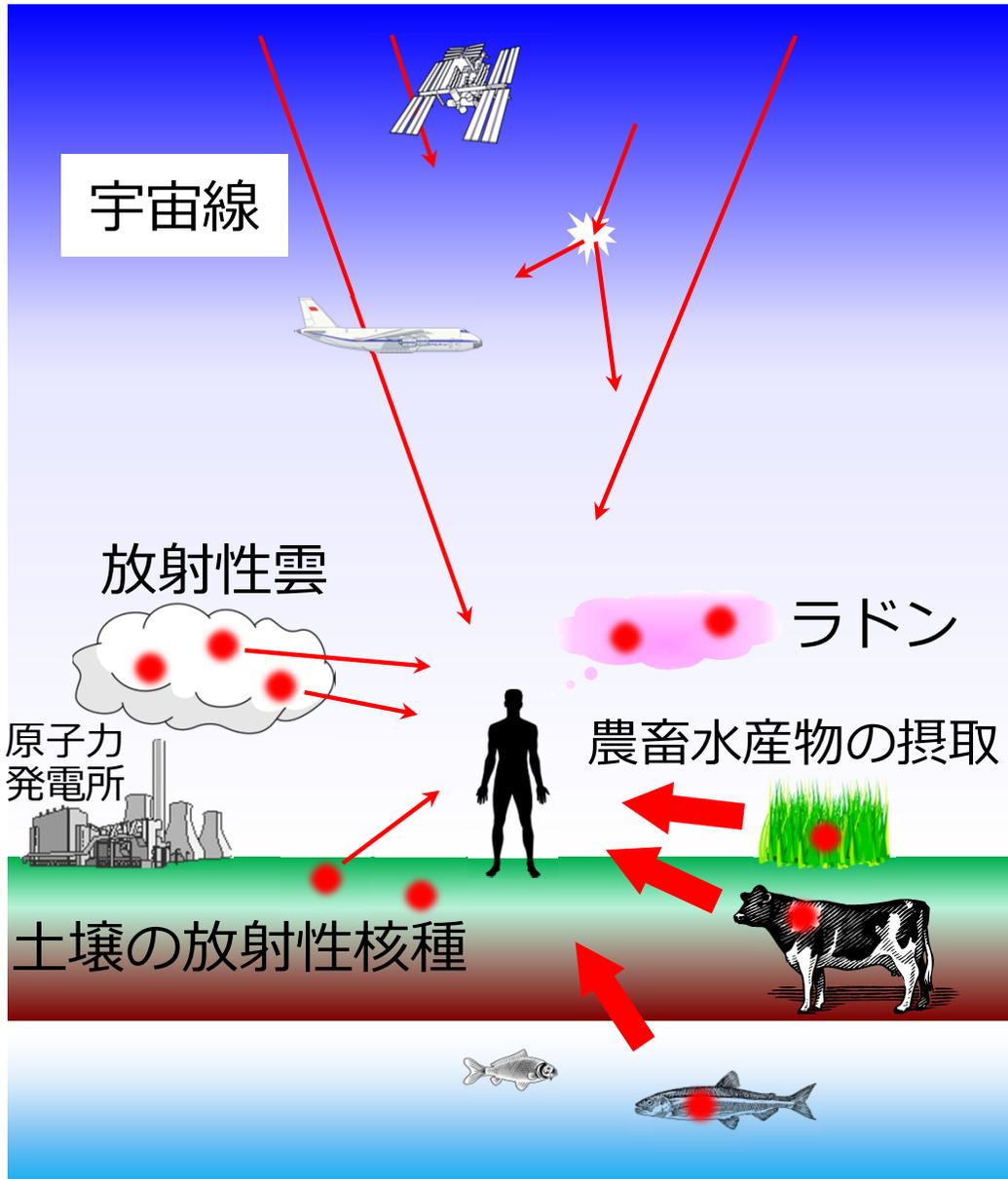
独立行政法人日本原子力研究開発機構

原子力基礎工学研究部門

環境・放射線科学ユニット長 遠藤 章

ご報告内容

1. 開発したデータベースについて
2. 開発の背景・課題・内容
3. 成果の普及・利用
4. 今後の取り組み



測定や計算で得られる

- 空間を飛び交う放射線の強さ
- 空気、飲食物中の放射性核種の濃度
- 体内に摂取した放射性核種の量

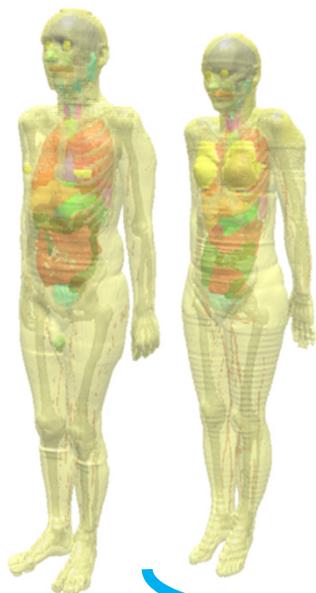
線量係数を用いて換算

人体の線量を評価

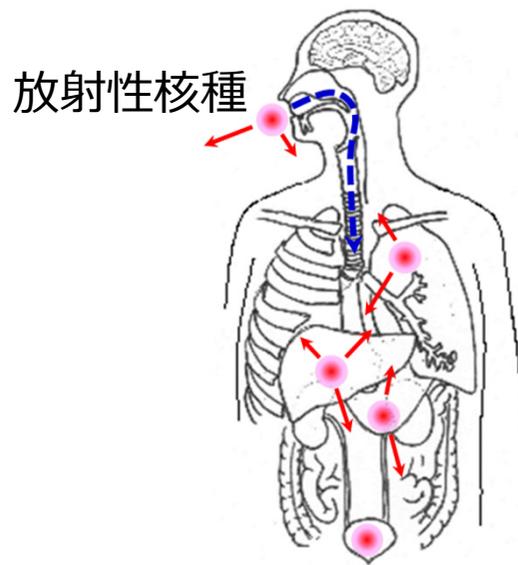
線量評価を支える“線量係数”

放射線・放射能の強さから人体の被ばく線量を評価

人体モデル
被ばくの対象となる
人体を正確に再現

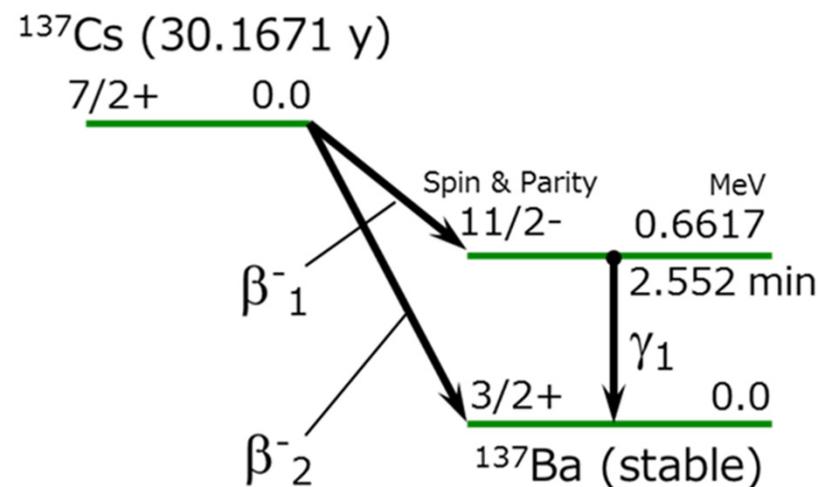


体内動態モデル
体内に摂取した
核種の動きを表現



放射性核種データ

核種固有の半減期、放射線
エネルギー・強度のデータ



計算シミュレーションにより、人体が受ける線量を計算

- **外部被ばく線量係数** (Sv cm^2) : 空間の放射線の強度から線量を評価
- **内部被ばく線量係数** (Sv Bq^{-1}) : 体内に摂取した放射能から線量を評価

世界で共通のデータを利用



線量評価の世界標準データを開発する ICRP と SNMMI

国際放射線防護委員会

ICRP : International Commission on Radiological Protection

1928年 国際X線・ラジウム防護委員会として設立

1950年 国際放射線防護委員会 (ICRP) へ改称

- 放射線防護に関する勧告、線量評価データを提供
 - ➔ IAEA の国際基本安全基準、各国の放射線防護法令等の基礎

米国核医学・分子イメージング学会

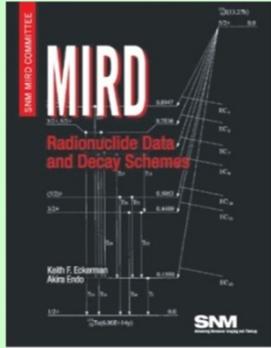
SNMMI : Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging

1954年設立

- 世界最大の核医学学会で、核医学の研究・技術の進展を先導
- 放射性医薬品に対する線量評価法・データを開発
 - ➔ 診断・治療の臨床及び研究で国際的に普及



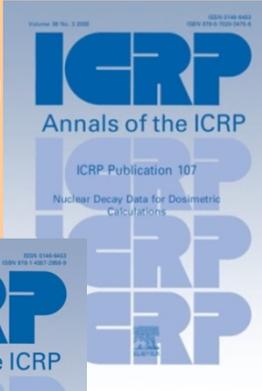
開発した世界標準データベース (DB)



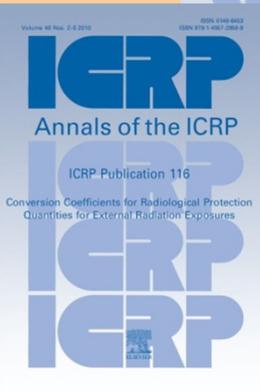
- SNMMI の放射性核種 DB
MIRD: Radionuclide Data and Decay Schemes, 2nd Edition

核医学検査・治療*の安全評価の基盤となるデータ

* 全世界で3,300万件/年、日本では170万件/年 実施



- ICRP の放射性核種 DB
ICRP Publication 107:
Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations



- ICRP の外部被ばく線量係数 DB
ICRP Publication 116:
Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures

原子力エネルギー・放射線の利用、環境放射線(能)に対する公衆、放射線作業者の防護に必須のデータ

SNMMI, ICRPの
許諾を得て掲載

従来欧米で開発されたDBを、初めて日本の成果を中心に開発

ご報告内容

1. 開発したデータベースについて
2. 開発の背景・課題・内容
3. 成果の普及・利用
4. 今後の取り組み



DB 開発に係る原子力機構における研究

・・・1995・・・2000・・・2005・・・2010・・・2013年

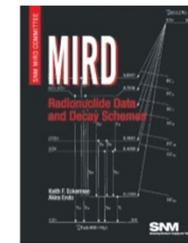
原子力エネルギー、放射線利用のための

- 放射線防護研究 (被ばく線量評価法、データベースの開発)
- 放射線科学研究 (放射線挙動解析法の研究)
- 原子核工学研究 (原子核の壊変・反応に関するデータの評価)

様々な研究を統合した世界最高水準の技術を
DB の開発に活用

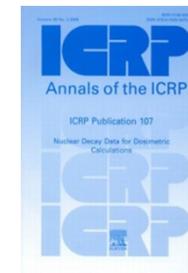
SNMMIとの協力

核医学用放射性核種 DB

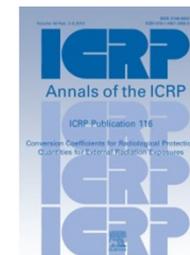


ICRPとの協力

放射線防護用放射性核種 DB



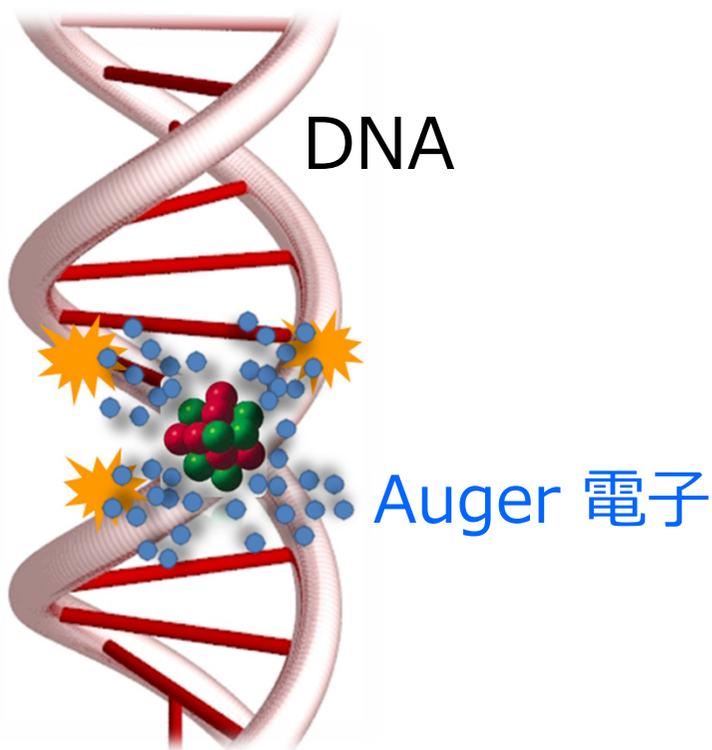
外部被ばく線量係数 DB



Auger 電子

原子核の周りの軌道電子の状態変化に伴い発生し、人体内で nm~ μ m の微小空間にエネルギーを集中する

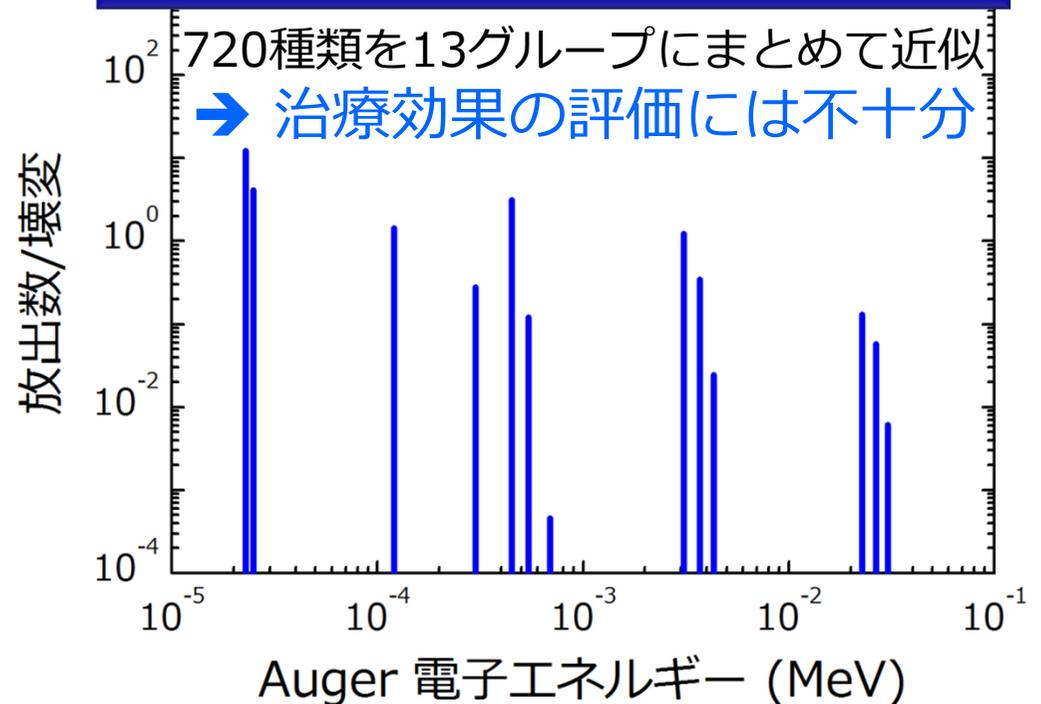
→ がん細胞を標的とした照射治療法への応用



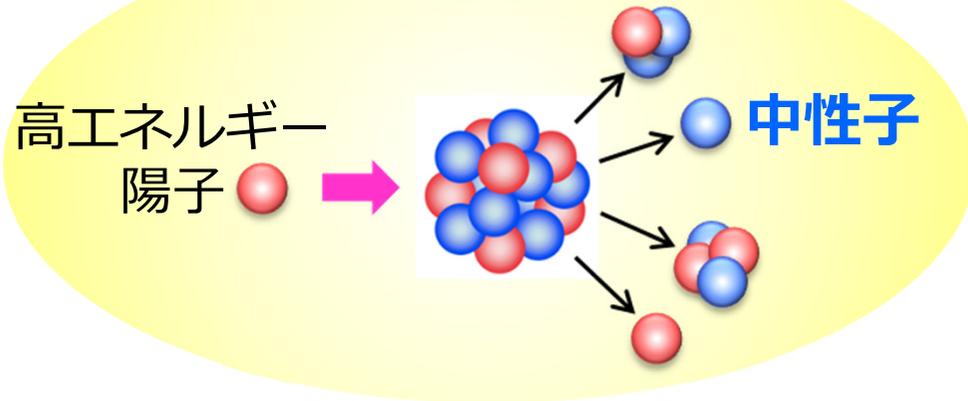
課題

- 治療効果を評価する DNA レベルの線量分布計算に従来データは不十分
- 核種ごとに異なる数千種類に及ぶ Auger 電子データが必要

I-125 Auger 電子の従来データ



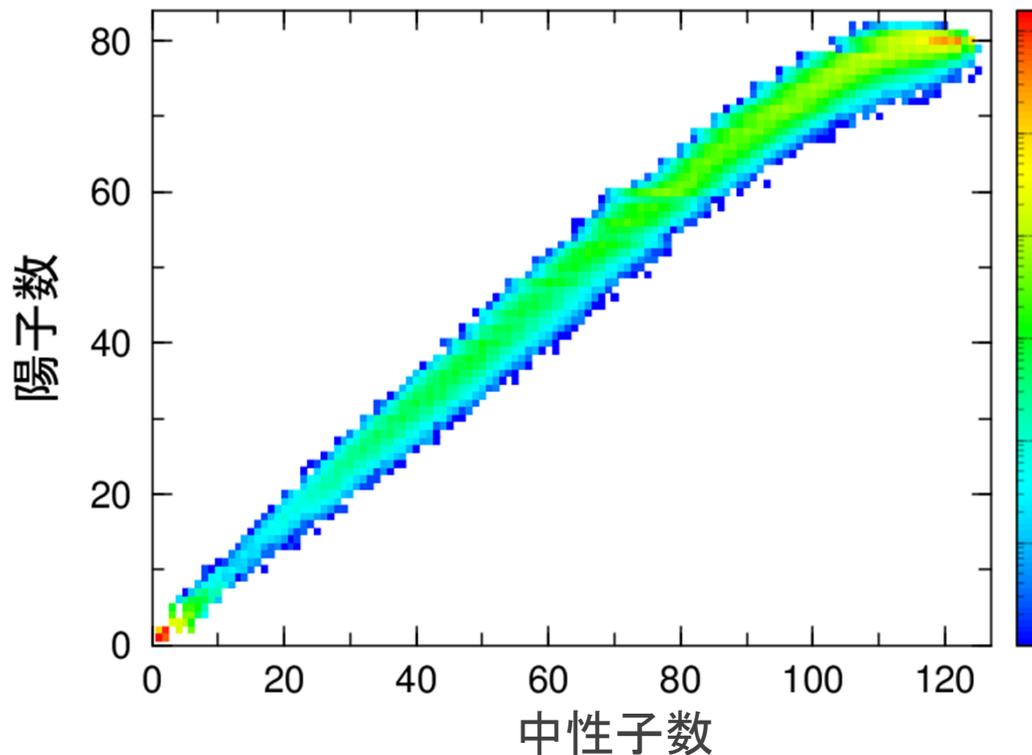
多様な核種を生成する核破砕反応



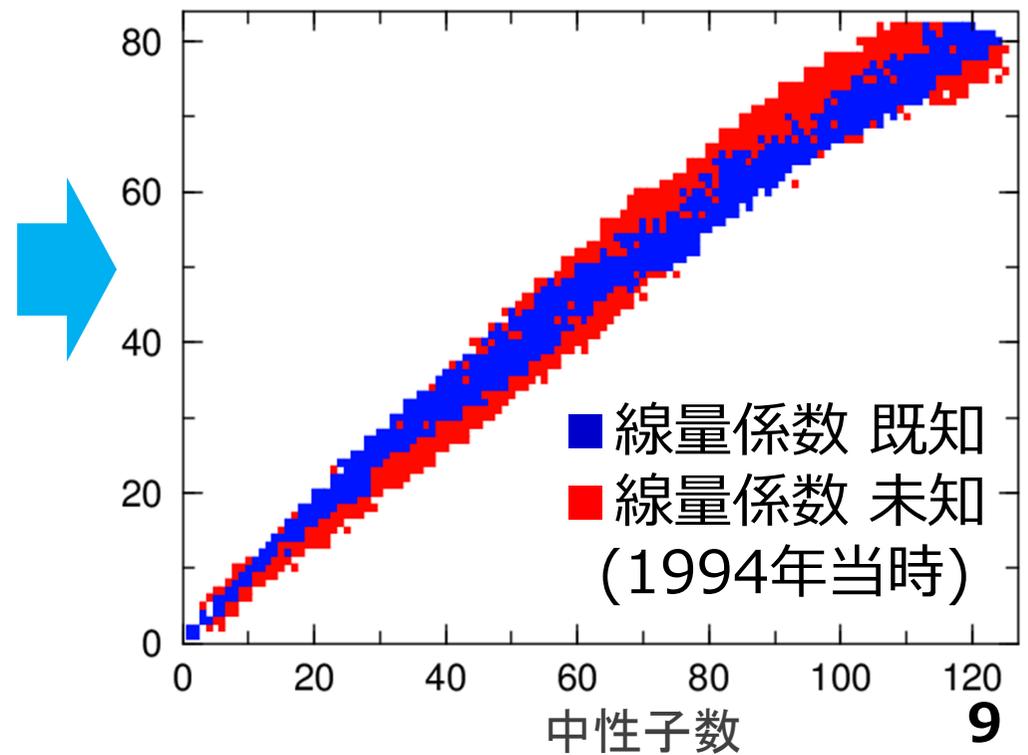
課題

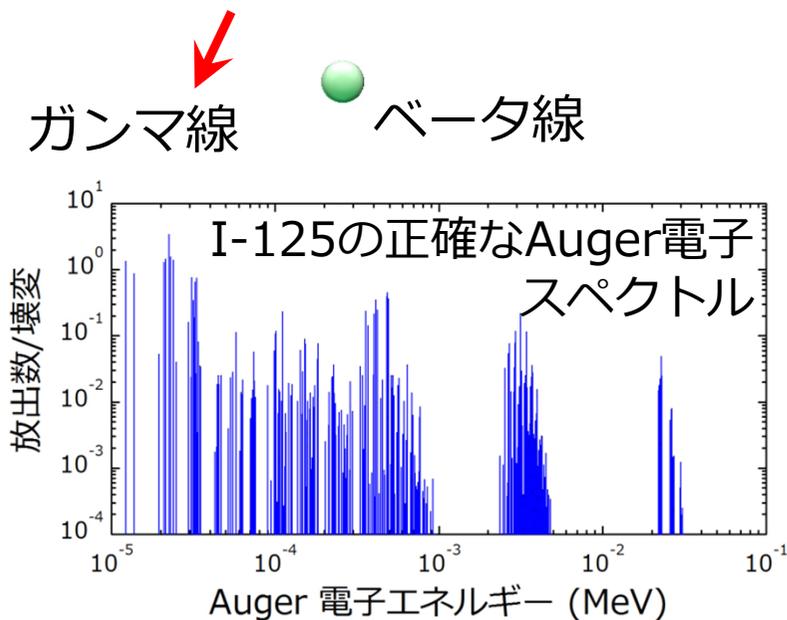
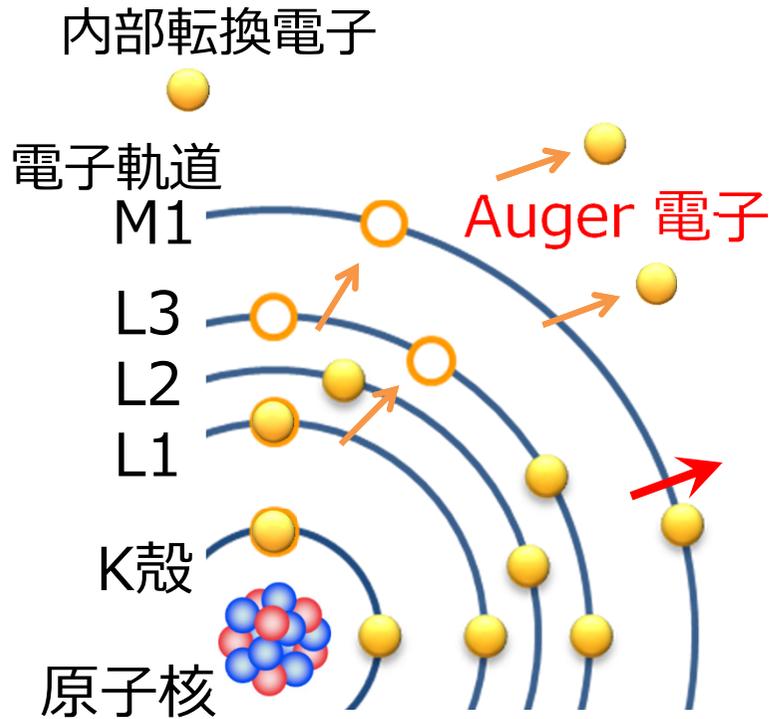
- 核破砕反応により生成される核種には、線量係数がない核種が存在
- ➔ 放射性核種DBの拡充、線量係数の評価が必要

3GeV 陽子照射 Hg ターゲットの生成核種



生成核種の線量係数有無の分類





ステップ1

ENSDF* を用い、原子核の壊変で放出される放射線を計算

*Evaluated Nuclear Structure Data File



原子力機構が協力する国際核データネットワークが開発する原子核構造の基礎データ

ステップ2

ステップ1で生じる電子軌道空孔分布を計算



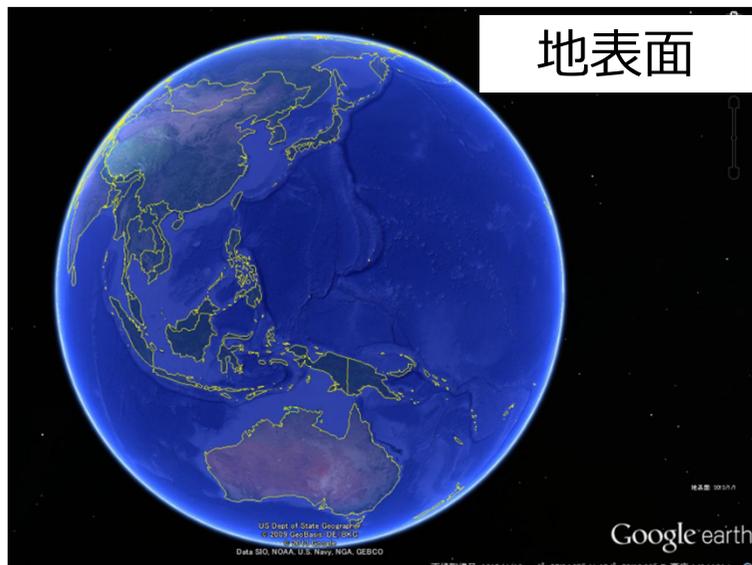
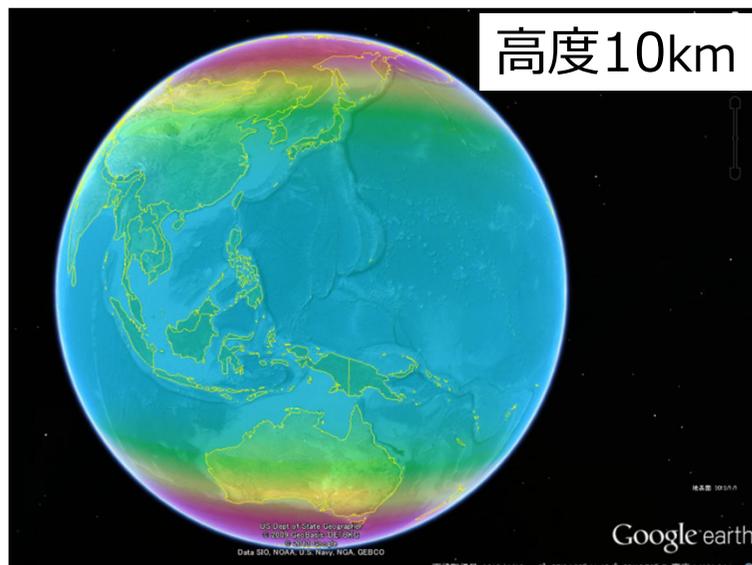
ステップ3

Auger 電子放出パターンを全て計算

● 核種に応じて最大3,000種類

あらゆる核種に対し、Auger電子を含む全ての放射線を詳細に計算する手法を確立

原子力機構開発 EXPACS-V で 計算した宇宙線の線量率分布



($\mu\text{Sv/h}$)



加速器施設、航空機の飛行高度には、
様々な高エネルギー放射線が存在

- 航空機飛行高度 (10 km) の宇宙線の
線量率は、地表面の約100倍

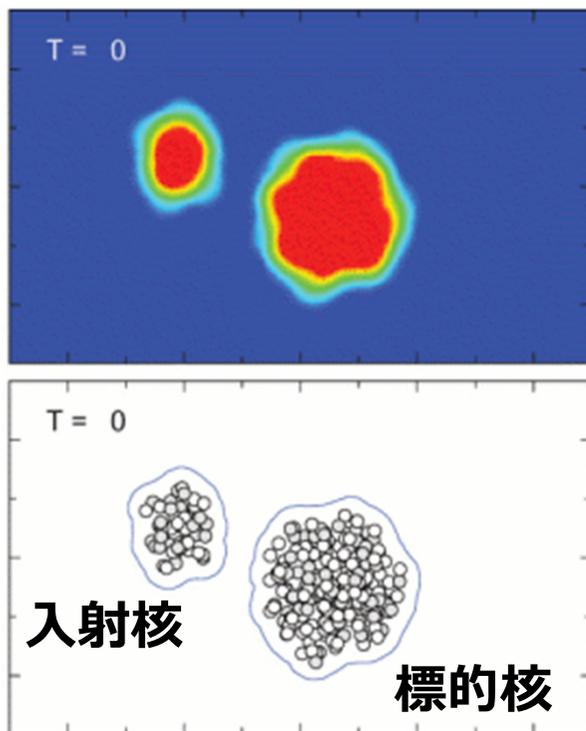
課題

- 陽子、ミュー粒子、荷電パイ粒子、
高エネルギー中性子の線量係数は未
整備
- ➔ 高エネルギー放射線の挙動を解析する
手法の開発、外部被ばく線量係数
の評価が必要

粒子・重イオン輸送計算コード **PHITS**

原子力機構等が開発するあらゆる物質中における様々な放射線の挙動を、幅広いエネルギーにわたり核反応モデル・核データを用いて再現する計算プログラム

PHITS による原子核反応のシミュレーション



精密人体モデル

中性子

陽子

様々な放射線を照射

放射線の特徴に応じた線量分布を計算

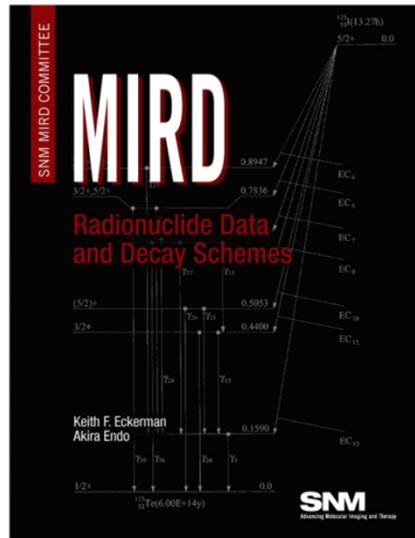
中性子

陽子



ご報告内容

1. 開発したデータベースについて
2. 開発の背景・課題・内容
3. 成果の普及・利用
4. 今後の取り組み

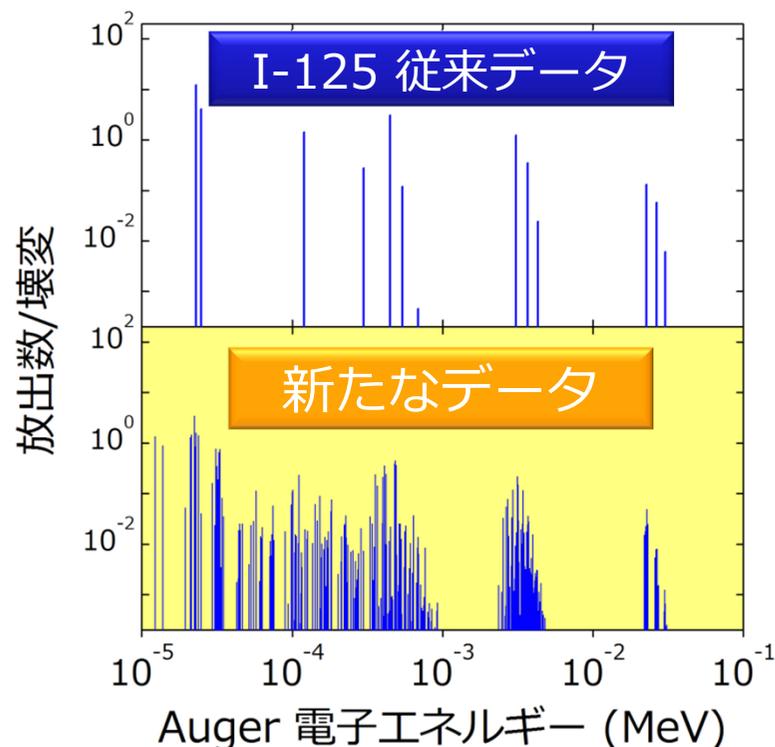


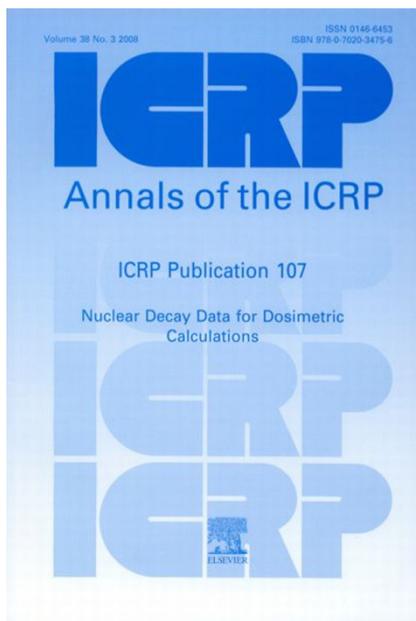
特徴 (100%原子力機構のデータで構成)

- 核医学の臨床から研究までの最新ニーズに対応した333核種を収録
- DNA レベルの線量分布評価を可能にする詳細な Auger 電子スペクトルを提供

利用

- SNMMI の被ばく評価手順書の改訂 → 核医学分野の標準的手法として普及
- Auger 電子を利用した治療法の研究
- 新薬開発の“マイクロドーズ臨床試験”における利用 (平成20年厚生労働省ガイダンス)





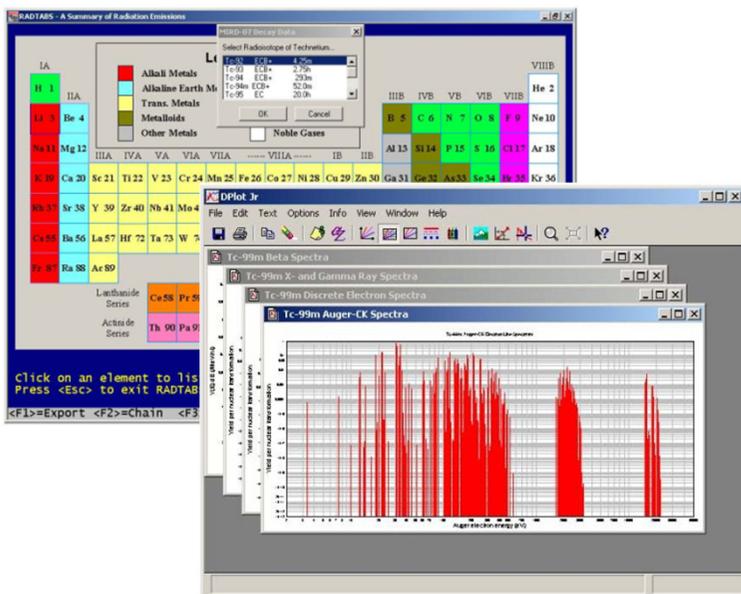
特徴 (100%原子力機構のデータで構成)

- 放射線防護の幅広い用途に対応する1,252核種を収録
- 原子炉、加速器施設の放射線防護
- 環境放射能による公衆の被ばく評価等

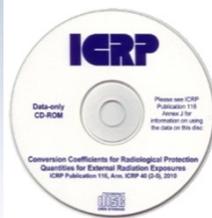
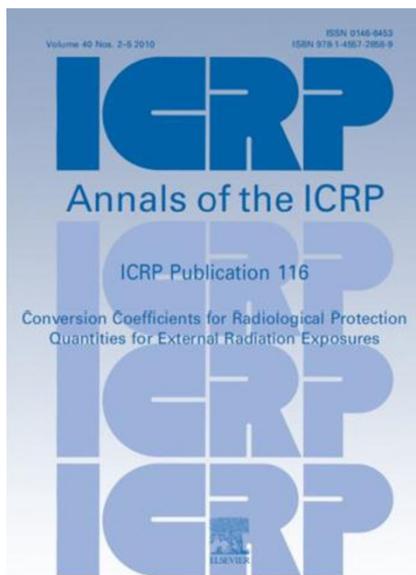
利用

- 線量係数の計算 → 10冊のICRP 刊行物として、順次出版
- 米国エネルギー省放射線施設安全基準書、米国環境保護庁連邦指針報告書の整備
- 米国食品医薬品局推奨の線量計算プログラム等への導入
- アイソトープ手帳¹、遮蔽データ集²で利用

DB プログラム "DECADATA"



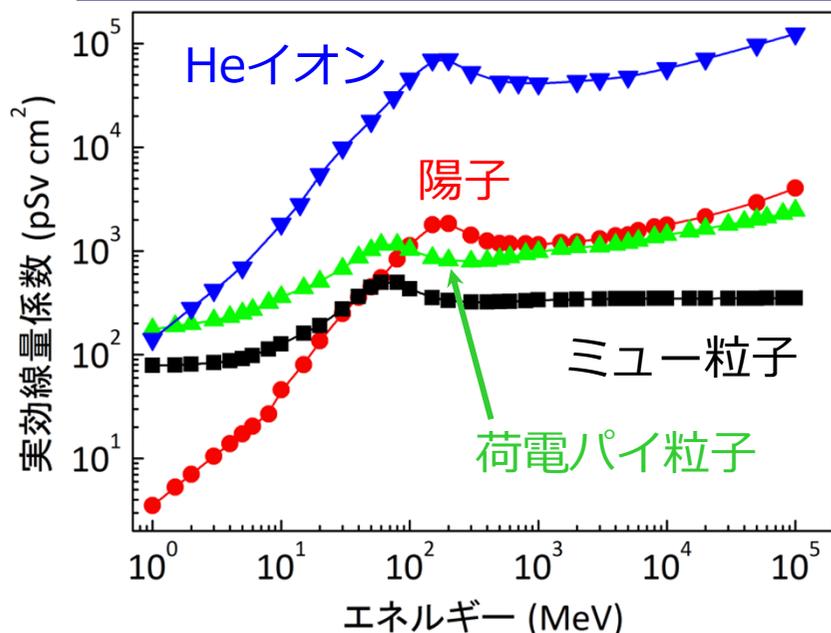
1 日本アイソトープ協会、2 原子力安全技術センター刊行



特徴 (60%原子力機構のデータで構成)

- 放射線の種類、エネルギー範囲を拡大し、外部被ばく線量評価の幅広い用途に対応
- 光子、電子、中性子、陽子、ミュー粒子、荷電パイ粒子、Heイオン (赤：新たに提供)
- エネルギー上限は 100GeV

宇宙線の外部被ばく線量係数



利用

- 宇宙線による被ばく線量評価に利用：EXPACS (原子力機構)、JISCARD (放射線医学総合研究所) 等の計算プログラムに導入
- 放射線施設等の安全評価、遮へい計算、環境放射線に対する線量評価等、今後幅広く利用

ご報告内容

1. 開発したデータベースについて
2. 開発の背景・課題・内容
3. 成果の普及・利用
4. 今後の取り組み



ICRP 2007年勧告取り入れへの取り組み

ICRP 2007年勧告

- 放射線防護の基本となる考え方をまとめた最新の勧告
- 開発した DB は ICRP 2007年勧告を支える基本データ

IAEA の国際基本安全基準 (International Basic Safety Standards)、各国の放射線防護体系への取り入れに向けた検討が進行中



取り入れに伴う安全基準、法令、指針等の改訂を支援し、**世界共通の放射線防護システムとして定着するよう貢献**



住民の方々の帰還に向けた取り組み

東京電力福島第一原発事故により避難されている方々の帰還にあたっては、的確な放射線防護対策の実施が必要

- 個人の生活状況を反映した線量の予測
- モニタリングによる個人線量の把握

これまでに開発した線量評価技術を最大限に活用し、

- 環境中の核種に対する線量評価データの整備
 - 土壌中核種に対する年齢ごとの外部被ばく線量係数を評価
- 家屋等の線量低減効果の評価*
 - 建屋内滞在時の線量低減を3次元モデルで評価

など、対策に必要なデータを提供し、

住民の方々の帰還に向けた取り組みに貢献

*本報告会「環境汚染への対応に係る研究開発」において紹介いたします。

以上ご報告したデータベースの開発と普及は、我が国の科学技術の振興発展に顕著な貢献と認められ、

“核医学及び放射線防護線量評価用 世界標準データベースの開発”

として、平成25年度科学技術分野の文部科学大臣表彰(開発部門)を受賞いたしました(平成25年4月16日)。



ご清聴ありがとうございました