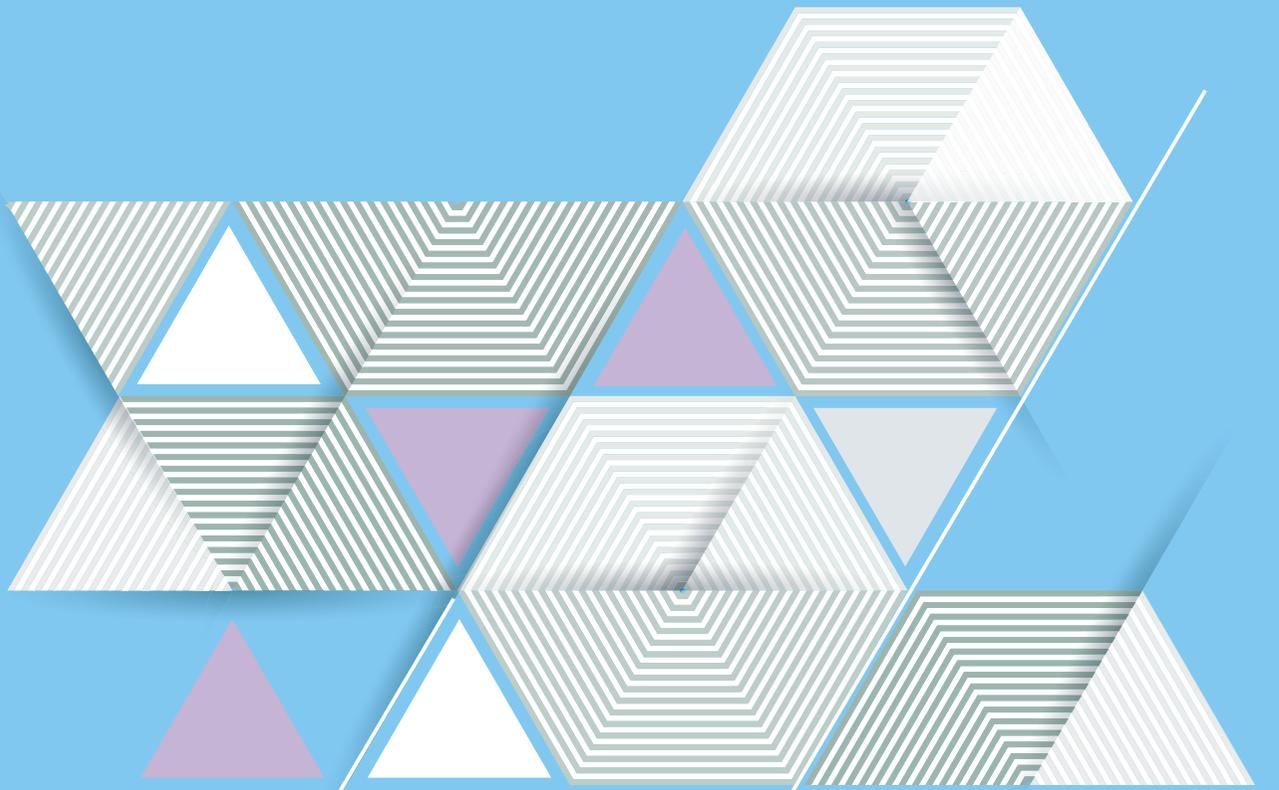


ICRP

Publication 107

線量計算のための 核壊変データ



線量計算のための 核壊変データ

2007年10月 第2専門委員会により承認

ICRP

Publication 107

Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations

Editor

J. VALENTIN

Copyright © 2022 Nuclear Regulation Authority, Japan. All rights reserved.
Authorized translation from the English language edition published for
The International Commission on Radiological Protection by Elsevier Ltd.
Copyright © 2008 The International Commission on Radiological Protection
Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means electronic, electrostatic, magnetic tape, mechanical photocopying, recording or otherwise or republished in any form, without permission in writing from the copyright owner.



Japanese Translation Series of ICRP Publications
Publication 107
Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations

This translation was undertaken by the following colleagues.

Supervised by

Tatsuhiko SATO

Translated by

Satoru ENDO

Editorial Board

The Japanese Translation Committee of ICRP Publications
Translation Project of ICRP Publications,
Nuclear Regulation Authority, Japan

working in close collaboration with Japanese ICRP & ICRU members.

◆ Committee members ◆

Gen SUZUKI (Chair)

Michiya SASAKI (Vice-chair)

Keiji ODA

Nobuyuki KINOUCHI

Yasuhito SASAKI*

Michiaki KAI¹⁾ (Vice-chair)

Kazuko OHNO

Isao KAWAGUCHI

Sachiko SAKODA¹⁾

Hiroshi YASUDA

◆ Supervisors ◆

Michiaki KAI (ICRP, MC)

Kotaro OZASA (ICRP, C1)

Kazuo SAKAI* (ICRP, C1)

Makoto HOSONO (ICRP, C3)

Hiroko YOSHIDA (ICRP, C4)²⁾

Norio SAITO (ICRU)

Ohtsura NIWA* (ICRP, MC)

Yoshiya SHIMADA (ICRP, C1)²⁾

Tatsuhiko SATO (ICRP, C2)

Yoshiharu YONEKURA* (ICRP, C3)

Toshimitsu HOMMA* (ICRP, C4)

* Former ICRP member.

¹⁾ From June 2021, ²⁾ From September 2021.

邦訳版への序

本書は、ICRP の第 2 専門委員会で 2007 年 10 月に承認され 2008 年 6 月に刊行された、線量計算のための核壊変データについての報告書

Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations
(Publication 107. *Annals of the ICRP*, Vol.38, No.3 (2008))

を ICRP の承諾のもとに翻訳したものである。

本書の翻訳は、広島大学大学院先進理工系科学研究科教授の遠藤暁氏によって行われた。この翻訳稿をもとに、ICRP 刊行物翻訳委員会において推敲を重ねるとともに、ICRP 第 2 専門委員会の佐藤達彦氏の監修をいただいて、最終稿を決定した。原文の記述への疑問は原著関係者に直接確認して訂正し、また原文の意味を正しく伝えるために必要と思われた場合は、多少の加筆や修正、訳注を付した。

本書は、1252 種の放射性核種の壊変に伴い放出される放射線エネルギーとその強度をまとめたデータベースとその解説からなっており、*Publication 38* に代わるものである。これらのデータは、放射性物質の内部被ばくの線量を計算する際、あるいは環境中や職場に存在する放射性物質からの被ばく線量を計算する際に基本となるデータである。そして ICRP *Publication 107* の大きな特徴は、本書で解説されている核壊変データの全てが電子データベースとして提供されていることである。日本語翻訳版には電子データを納めた CD は付属していないが、SAGE 出版社の *Annals of the ICRP* のホームページからダウンロードできる。手順を示しておこう。

Annals of the ICRP - Volume 38, Number 3, Jun 01
(https://journals.sagepub.com/doi/suppl/10.1177/ANIB_38_3)

にアクセスし、その頁の Supplemental Material Files in this Data Supplement の下に記されている P107JAICRP_38_3_Nuclear_Decay_Data_suppl_data.zip をクリックすると、電子データベースのダウンロードができる。ZIP ファイルを展開し、setup を実行し指示に従ってインストールすると、筆者の Windows PC の場合には、ドキュメン

トに ICRP DECDATA というフォルダーが自動的に追加され、フォルダー中の DECDATA ショートカットをダブルクリックするとプログラムを動かすことができる。是非、試して欲しい。

多くの日本人読者にとって、日本アイソトープ協会が出版してきた「アイソトープ手帳」が手頃な核物理のデータ集になってきた。そこに描かれている放射性壊変系列の図や主な放射性同位元素の壊変図式は、筆者にとって核壊変を理解する上で分かり易く大変参考になった。本書には詳細な壊変のデータが記載されているものの、図を使った説明はなされていないことをお断りしておく。本書は、初心者が核壊変について学ぶ読み物としても使えると同時に、ICRP DECDATA を使いこなすためのガイドンスになっている。是非、一読されることをお勧めする。

翻訳の進行と編集を担当した事務局の原子力安全研究協会（～令和元年度）および日本エヌ・ユー・エス株式会社のスタッフ、とりわけ迫田幸子さん*には大変お世話になった。ICRP 出版物の訳語の一貫性や理系の研究者だけでは気がつかない言葉遣いの検討など、事務局の努力なしでは、完成度の高い翻訳版はできなかったであろう。この紙面を借りて、ICRP 刊行物翻訳委員会を代表してすべての事務局スタッフにお礼を申し上げたい。

*令和3年度より当委員会委員

当翻訳事業の成果は、すべて ICRP のウェブサイトにて PDF 版にて公開される。また、原子力規制委員会も、令和2年度から当翻訳事業で翻訳した ICRP の出版物を以下の URL で公開している (https://www.nsr.go.jp/activity/kokusai/honyaku_04.html)。この翻訳が、我が国の放射線防護に資することを、完成までの過程に携わったすべての方々とともに心より願うものである。

2022（令和4）年1月

ICRP 刊行物翻訳委員会
委員長 鈴木 元

原子力規制庁
国内規制に係る国際放射線防護委員会刊行物の調査事業
ICRP 刊行物翻訳委員会

委員長 鈴木 元 (国際医療福祉大学クリニック)
副委員長 甲斐 倫明¹⁾ (日本文理大学)
佐々木道也 ((一財)電力中央研究所)
委員 大野 和子 (京都医療科学大学)
小田 啓二 ((一財)電子科学研究所)
川口 勇生 ((国研)量子科学技術研究開発機構)
木内 伸幸 ((国研)日本原子力研究開発機構)
迫田 幸子¹⁾ ((公社)日本アイソトープ協会)
佐々木康人 (湘南鎌倉総合病院附属臨床研究センター)
保田 浩志 (広島大学原爆放射線医科学研究所)

監 修 者

甲斐 倫明 (ICRP 主委員会, 日本文理大学)
丹羽 太貫 (前 ICRP 主委員会, (公財)放射線影響研究所)
小笹晃太郎 (ICRP 第 1 専門委員会, (公財)放射線影響研究所)
島田 義也²⁾ (ICRP 第 1 専門委員会, (公財)環境科学技術研究所)
酒井 一夫 (前 ICRP 第 1 専門委員会, 東京医療保健大学)
佐藤 達彦 (ICRP 第 2 専門委員会, (国研)日本原子力研究開発機構)
細野 眞 (ICRP 第 3 専門委員会, 近畿大学)
米倉 義晴 (前 ICRP 第 3 専門委員会, 大阪大学)
吉田 浩子²⁾ (ICRP 第 4 専門委員会, 東北大学)
本間 俊充 (前 ICRP 第 4 専門委員会, 原子力規制庁)
齋藤 則生 (ICRU 委員, (国研)産業技術総合研究所)

¹⁾ 2021 年 6 月から, ²⁾ 2021 年 9 月から

抄 録

本報告書において、委員会は、放射性核種に固有の防護量や実用量の計算に必要な物理データの電子データベースを提供する。本データベースは、*Publication 38* (ICRP, 1983) のデータに代わるものであり、職場や環境における放射性核種の摂取や被ばくに対して線量係数に関する ICRP の今後の刊行物の中で使用されることになる。

このデータベースには、半減期、壊変系列、97 元素の 1252 種の放射性核種の核変換から出てくる放射線の放出率やエネルギーに関する情報が含まれる。付属の CD には、放出される放射線に関するすべての表に電子的にアクセスできる機能がついており、 β 線や中性子線スペクトルも含まれる。本データベースは、ユーザが開発したソフトウェアが、対象となる放射性核種の計算に必要なデータを抽出することができるように作成されている。Windows ベースのアプリケーションが提供されており、それを使用すると、ユーザが指定した放射性核種の概要や、データベースに含まれる核種の一般的な特徴を表示させることができる。さらにこのアプリケーションを使えば、ユーザは、指定した放射性核種からの放射データを、以後の計算のために抽出することができる。

キーワード：放射性核変換，半減期， β 線スペクトル，核分裂中性子スペクトル，
オージェ電子スペクトル

目 次

	頁	(項)
抄 録	v	
招待論説	ix	
序 文	xiii	
要 点	xv	
用語解説	xvii	
1. はじめに	1	(1)
2. 核壊変データの編集に用いた方法	3	(2)
2.1 一般事項	3	(2)
2.2 α 壊変	3	(5)
2.3 β 壊変	4	(6)
2.4 軌道電子捕獲	6	(12)
2.5 核異性体転移と γ 線の内部転換	6	(14)
2.6 X線とオージェ電子の放出率とエネルギー	7	(16)
2.7 自発核分裂	9	(20)
3. 付属 CD の内容とデータファイル	11	(22)
3.1 CD の内容	11	(22)
3.2 原子核データファイル	12	(24)
3.2.1 インデックスファイル：ICRP-07.NDX	12	(29)
3.2.2 放射線ファイル：ICRP-07.RAD	15	(33)
3.2.3 β 線スペクトルファイル：ICRP-07.BET	16	(36)
3.2.4 オージェ-CK 電子スペクトルファイル：ICRP-07.ACK	16	(37)
3.2.5 中性子スペクトルファイル：ICRP-07.NSF	17	(38)

参考文献 19

付 属 書 A ICRP-07 コレクションの放射性核種 21 (A1)

* ICRP CD と DECDATA ソフトウェアのユーザーガイド (本書未記載。原著を参照のこと)

招待論説

「人生という本には、うしろのほうに答えが書いてあるわけじゃない」*

——チャーリー・ブラウン（チャールズ・シュルツによるコミック「ピーナッツ」のキャラクター）

本刊行物は、1252種の放射性核種の自発核変換（壊変）で放出される放射線のエネルギーと強度をまとめており、*Publication 38* (ICRP, 1983) に代わるものである。*Publication 38* では表を紙に印刷していたが、本刊行物では付属のCDにまとめて「核壊変データ」の名称で電子データとして提供している。*Publication 38* が特大サイズであったのに対し、*Annals of the ICRP* のこの号は、他の号とともに本棚に収めることができよう。

過去30年間、ICRPが発行したすべての核種ごとの線量関連量は、*Publication 38* の核壊変データに基づいていた。*Publication 38* は、*Publication 30* (ICRP, 1979, 1980, 1981) の作成時に第2専門委員会を補助する目的で1974年6月に立ち上げられた線量計算タスクグループ (DOCAL) により作成された。その際DOCALは、代謝データを調べ、放射性核種の核変換により放出される放射線を評価し、年摂取限度 (ALI) の計算手法を用いた。ALIは*Publication 30* に記載されている。*Publication 38* は、DOCALがALIの計算に使用した核壊変データを記載したものであった。

放射性核種の物理学的特性（半減期、壊変様式、放出された放射線のエネルギーや強度など）の信頼性の高い情報は、職場や環境中に存在する放射性核種の放射線医学的重要性を評価する上で、出発点となるものである。放射線によって組織内に届く範囲が異なるため、離散的エネルギーの放射線（ α 粒子、 γ 線、内部転換電子、オージェ電子、特性X線）や連続エネルギースペクトルを持つ β 粒子に与える壊変エネルギーの割合を考慮することが極めて重要である。そのような詳細を考慮することは、特殊な専門技術を必要とし、手間のかかる作業である。そのため、米国核医学会の内部被ばく線量委員会 (MIRD) は、生物学的に分布した放射性核種の吸収線量の計算スキームの一部として、線量評価の専門家が必要とする物理学的データの編集作業を始めた。1970年代初頭、Dillmanは、核医学で興味のある放射性核種の壊変スキームと原子核パラメータに関する、一連のMIRDパンフレットを作成した (Dillman, 1969, 1970; Dillman と von der Lage, 1975)。Dillmanは、DOCALのメンバーの一人として、評価済核構造

*訳注 セリフは谷川俊太郎氏の翻訳による。

データファイル (ENSDF) に含まれる情報を必要なデータに変換する EDISTR ソフトウェアを開発した (Dillman, 1980)。このコンピュータベースのファイルは、ブルックヘブン国立研究所の米国核データセンター (Tuli, 2001) が維持・管理している。本刊行物に付属する CD に収められたデータを抽出するために、EDISTR ソフトウェアの改訂版を用いている。改訂版の特徴については、本刊行物において簡単に触れているほか、CD の技術報告書で詳述している。

1974年に立ち上げられた DOCAL タスクグループは、オークリッジ国立研究所 (ORNL) に本拠を置き、*Publication 30* の完成と *Publication 38* の発行をもって解散する予定であった。しかし第2専門委員会は、それまで ORNL が *Publication 2* (ICRP, 1959) や他の刊行物で中心的役割を果たしてきた計算上のサポートについて、一つだけの組織に頼ることに不安を覚え、DOCAL を国際的メンバーに広げることがを要請した。そして、摂取した放射性核種の線量計算に関して第2専門委員会が必要であると考え、複数の組織によって実施することができるようになった。これは、英国健康保護庁 (以前の英国放射線防護庁)、ドイツ連邦放射線防護庁 (BfS)、ウクライナ放射線防護研究所からのメンバーを含めることで可能になった。このような組織構成の DOCAL は、委員会の 1990 年勧告 (ICRP, 1991) の発行に続いて、公衆を対象とした年齢別線量係数の策定 (ICRP, 1989, 1993, 1995a, 1995b, 1996, 2004) および作業員の線量係数の決定 (ICRP, 1994) において、第2専門委員会の要求に応じてきた。その過程で DOCAL は、J. Stather (1994 ~ 2007 年) と J. Harrison (2007 年以降) を委員長とする内部線量評価に関するタスクグループ (INDOS) と密接に連携した。2000 年、DOCAL はさらに組織改編し、外部放射線場に関連した計算による線量評価にも責任を持つこととなった。DOCAL は、その発足以降、W.S. Snyder (1974 ~ 1977 年)、M.R. Ford (1977 ~ 1984 年)、K.F. Eckerman (1984 ~ 2004 年)、W.E. Bolch (2004 年以降) が委員長を務めている。

Publication 103 の委員会勧告 (ICRP, 2007) の発行に伴い、DOCAL は現在、新勧告で実効線量を定義し、職場で放射性核種に被ばくする場合の線量係数を計算する作業を始めている。本刊行物はこの作業のための核壊変データを示し、DOCAL の最初の刊行物である 1983 年発行の *Publication 38* と置き換えられる。本刊行物では、職業被ばく、環境被ばく、医療被ばくにおける線量計算のための包括的な核壊変データを与える。このデータは、放射線防護用機器およびスペクトロメータの校正や試験で使用する放射性核種の性質を理解する上でも有用である。*Publication 38* に記載した 820 種の放射性核種の壊変図式や、放射性核種から放出される放射線の表の紙媒体形式を好む読者もいるかもしれない。しかし本刊行物の 1252 種の放射性核種を扱う上で、紙媒体という形態は不適切であることに留意すべきである。紙媒体を好む読者のため、核医学で関心のある 333 種の放射性核種のデータと壊変図が、核医学会が発行した「MIRD: 放射性核種のデータと壊変図 (MIRD: Radionuclide Data and Decay Schemes)」

(Eckerman と Endo, 2008) にまとめられている。さらに、付属 CD で配布されたソフトウェアは、放射性核種の壊変特性に関する情報をユーザに提供することや、ユーザが指定する放射性核種に関する概要と詳細情報を表にまとめることを目的に開発されている。

本刊行物は、核医学、放射線防護、医学物理学、保健物理学の分野で仕事や研究に従事している人のために不可欠な情報源である。チャーリー・ブラウンの「人生という本」とは逆に、答えは付属 CD に含まれている。

KEITH F. ECKERMAN

HANS-G. MENZEL

参考文献

- Dillman, L.T., 1969. Radionuclide decay schemes and nuclear parameters for use in radiation-dose estimation. *J. Nucl. Med.* **10** (Suppl. 2), 5–32.
- Dillman, L.T., 1970. Radionuclide decay schemes and nuclear parameters for use in radiation-dose estimation, Part 2. *J. Nucl. Med.* **11** (Suppl. 4), 5–32.
- Dillman, L.T., von der Lage, F.C., 1975. Radionuclide Decay Schemes and Nuclear Parameters for Use in Radiation-Dose Estimation. MIRD Pamphlet 10. Society of Nuclear Medicine, Reston, VA.
- Dillman, L.T., 1980. EDISTR: a Computer Program to Obtain a Nuclear Decay Data Base for Radiation Dosimetry. ORNL/TM-6689. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.
- Eckerman, K.F., Endo, A., 2008. MIRD: Radionuclide Data and Decay Scheme. Society of Nuclear Medicine, Reston, VA.
- ICRP, 1959. Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation. *ICRP Publication 2*. Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1979. Limits for intakes of radionuclides by workers. ICRP Publication 30, Part 1. *Ann. ICRP* **2**(3/4).
- ICRP, 1980. Limits for intakes of radionuclides by workers. ICRP Publication 30, Part 2. *Ann. ICRP* **4**(3/4).
- ICRP, 1981. Limits for intakes of radionuclides by workers. ICRP Publication 30, Part 3. *Ann. ICRP* **6**(2/3).
- ICRP, 1983. Radionuclide transformations: energy and intensity of emissions. ICRP Publication 38. *Ann. ICRP* **11–13**.
- ICRP, 1989. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 1. ICRP Publication 56. *Ann. ICRP* **20**(2).
- ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann. ICRP* **21**(1–3).
- ICRP, 1993. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 2. Ingestion dose coefficients. ICRP Publication 67. *Ann. ICRP* **23**(3/4).
- ICRP, 1994. Dose coefficients for intake of radionuclides by workers. ICRP Publication 68. *Ann. ICRP* **24**(4).
- ICRP, 1995a. Age-dependent doses to members of the public from intakes of radionuclides: Part 2. Ingestion dose coefficients. ICRP Publication 69. *Ann. ICRP* **25**(1).
- ICRP, 1995b. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 4. Inhalation dose coefficients. ICRP Publication 71. *Ann. ICRP* **25**(3/4).
- ICRP, 1996. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 5. Compilation of ingestion and inhalation dose coefficients. ICRP Publication 72. *Ann. ICRP* **26**(1).
- ICRP, 2004. Doses to infants from ingestion of radionuclides in mothers' milk. ICRP Publication 95. *Ann. ICRP* **34**(3/4).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* **37**(2–4).
- Tuli, J.K., 2001. Evaluated Nuclear Structure Data File: a Manual for Preparation of Data Sets. BNLNCS-51655-01/02-Rev. Brookhaven National Laboratory, Upton, NY.

序 文

国際放射線防護委員会（ICRP）の第2専門委員会は、職業上の放射性核種の摂取や公衆が環境中の放射性核種を摂取することによる被ばくに対し、線量係数を定める責任を有している。過去30年間にわたり、線量計算のタスクグループ（1974年6月に立ち上げ）が計算した線量係数は、*Publication 38*（ICRP, 1983）の表に記載された核変換から放出される放射線の放出率とエネルギーに基づいて決められてきた。*Publication 38*は、*Publication 30*（ICRP, 1979）で取り上げた放射性核種に加え、核医学で関心が持たれているいくつかの放射性核種についてもデータを提供している。*Publication 30*およびその後の委員会の刊行物は、10分を超える半減期の放射性核種の摂取のみを扱っていたが、それらの壊変系列における親核種の線量係数を計算するには、壊変系列で短時間だけ存在する核種からの放射線も考慮に入れなければならない。そのため*Publication 38*では、764種の10分を超える半減期を持つ核種、56種の10分以下の半減期を持つ核種を含む820種の放射性核種のデータを記載した。いずれも10分を超える半減期を持つ放射性核種の壊変系列に含まれる核種か、あるいは核医学で潜在的に関心のある核種である。

本刊行物は、1252種の放射性核種の核壊変データを包括的にまとめたデータベースを提供するものである。このデータベースは、人体の臓器や組織の中の吸収線量の計算や、局所的な深部線量分布の評価に必要な物理データを与える。データベースには、核構造の情報が放射線に関して有意義な評価を行うのに十分であると判断された、半減期が1分よりも長いすべての核種が含まれている。10分を超える半減期の922種の放射性核種、10分以下の半減期の330種の放射性核種のデータが与えられている。本刊行物は、*Publication 38*の発行形態から離れ、裏表紙の内側のポケットに入れられたCDに電子データの形で提供されている。電子データにすることで、壁を有する臓器や皮膚における深部線量分布の計算に必要な β 線放出の連続エネルギー分布も網羅することができる。同様に、自発核分裂に伴う中性子のスペクトルもCDに含まれている。紙媒体の表を用いる場合は、記載できる放射線の数に制約があるが、電子フォーマットにすることで、その制約無しに、放出放射線に関する記述が可能となった。

K. Eckerman と A. Endo は核壊変データの作業部会の主要なメンバーとして、本刊行物の作成に貢献した。

作業部会の作業は、T. Tamura と K. Umeda による重要な技術的貢献により、多大な助力を得た。

報告書の準備期間中の、線量計算のタスクグループのメンバーは以下の通りである。

W. Bolch (委員長)

D. Noßke (副委員長, 内部線量担当)

N. Petoussi-Henß (副委員長, 外部線量担当)

V. Berkovski

J. Hunt

M. Pelliccioni

K. Eckerman

A. Endo

N. Hertel

E. Blanchardon

M. Zankl

通信メンバーは以下の通りである。

L. Bertelli

T.P. Fell

J.G. Hunt

L. Johansson

R.W. Leggett

I.A. Likhtarev

G. Miller

M. Stabin

A. Ulanovsky

G. Xu

R. Richardson

報告書の準備期間 (2005 ~ 2009 年) 中の、第 2 専門委員会のメンバーは以下の通りである。

C. Streffer (委員長, 2007 年まで)

H-G. Menzel (委員長, 2007 年以降)

M. Balonov

V. Berkovski

W.E. Bolch

A. Bouville

K.F. Eckerman

J.D. Harrison

N. Ishigure

J.L. Lipsztein

G. Dietze

Y. Zhou

F. Paquet

H. Paretzke

A.S. Pradhan

J.W. Stather

要 点

- 核種ごとに防護量や実用量の計算に使用するため、1252種の放射性核種の核変換で放出される放射線の放出率とエネルギーをまとめた。
- 本刊行物は、1983年に発行された *Publication 38* に置き換わるものであり、第2専門委員会の線量計算のタスクグループが行う今後の計算に使用される。
- 1分を超える半減期を持つ核種、あるいは、選択した放射性核種の核変換で生成される核種を対象とした。過去の経緯から ^{16}N (半減期 7.13 秒) を含めた。もちろん、基本的な核物理に関する情報が、放出される放射線の放出率とエネルギーを意味のある形で計算することに適したものである必要がある。
- データは、10分を超える半減期を持つ922種の放射性核種と10分以下の半減期を持つ330種の放射性核種に対してまとめられており、これらを5つのデータファイルに収めている。
- *Publication 38* の表では放射線の数に制約を設ける必要があったが、本刊行物に付属するCDに収められたデータファイルでは、放射線の数に制約はない。放射性核種から放出される放射線を表や図で表示させることができるWindowsベースのアプリケーションも提供されている。計算でこのデータを利用したい人のために、データに電子的にアクセスする機能もある。

用語解説

見出し語は五十音順で配列。
原著の配列順による見出し語訳は本項末尾を参照。

α 壊変 [Alpha decay]

α 壊変では、原子番号 Z 、質量数 A の原子の原子核が 1 個の α 粒子 (${}^4\text{He}$ の原子核) を放出し、原子番号 $Z-2$ 、質量数 $A-4$ の原子になる。

X 線 [X ray]

電子捕獲などにより生じた原子の内部電子殻の空孔を埋める際、X 線光子が放出されることがある。

オージェ遷移 [Auger transition]

電子捕獲などにより生じた原子の内部電子殻の空孔を埋める際、外殻から電子 (オージェ電子) を放出する。

核異性体 [Isomers]

同じ原子番号 Z 、質量数 A を持つが、エネルギー状態や物理学的半減期が異なる原子核。基底状態よりも高いエネルギーを持つ核異性体は、質量数に m , n , p , q のいずれかをつけて区別する。

核異性体転移 [Isomeric transition decay]

原子番号 Z 、質量数 A の原子の励起エネルギー状態にある原子核は、 γ 線の放出や余剰エネルギーを持った軌道電子の放出により、低エネルギー状態に遷移できる。原子番号や質量数は変化しない。親核種と娘核種*は核異性体である。基底状態よりも高いエネルギーを持つ核異性体は、質量数に m , n , p , q のいずれかをつけて区別する。

核変換 [Nuclear transformation]

核変換は、原子を一つの状態から別の状態に自発的に変換する壊変過程が生じることを表す。「壊変」と呼ばれることも多く、SI 単位はベクレルである。

γ 線 [Gamma ray]

γ 線は、原子核が高エネルギー状態から低エネルギー状態に遷移する際に放出される電磁放射線 (光子) である。

*訳注 娘核種は、現在では子孫核種ということが多い。

軌道電子捕獲 [Electron-capture decay]

軌道電子捕獲では、原子番号 Z 、質量数 A の原子の原子核が 1 個の原子内軌道電子を捕獲して 1 個のニュートリノ (ν) を放出し、原子番号 $Z-1$ 、質量数 A の原子になる。

禁制度 [Forbiddenness]

β 遷移は、遷移に関係する原子核状態のスピンやパリティに基づいて、許容遷移や禁制遷移に分類される。禁制度は、その遷移がどれほど速く起こるかを表している。

空気カーマ率定数 (Γ_δ) [Air-kerma rate constant (Γ_δ)]

この定数は、放射性核種の特徴の一つであり、理想的な点線源に対して $\Gamma_\delta = I^2 \dot{K}_\delta / A$ と定義される。ここで \dot{K}_δ は、放射能 A の放射性核種の点線源から真空中で距離 l における、 δ を超えるエネルギーを持つ光子 (γ 線および X 線) による空気カーマ率である。

コスター-クロニツヒ (CK) 遷移 [Coster-Kronig (CK) transition]

CK 遷移は、原子殻の空孔が、同じ殻のより高い副殻の電子によって埋められるオージェ遷移である。

自発核分裂 [Spontaneous fission]

自発核分裂は、原子核が中性子を放出して「核分裂片」と呼ばれるより軽い原子核に分裂する壊変機構である。

消滅光子 [Annihilation photons]

陽電子-電子対が消滅する際に放出する電磁放射 (光子)。消滅は、陽電子が初期運動エネルギーを吸収する媒質で失った後に発生し、電子の静止質量 ($m_0 c^2 = 0.511 \text{ MeV}$) に等しいエネルギーを持った 2 つの光子が反対方向に生成される。消滅光子の数は、 β^+ 壊変から出てくる陽電子の数の 2 倍である。

転移 (遷移) [Transition]

原子核が自発的に別のエネルギー状態に移行する個々の過程。

内部制動放射線 [Inner bremsstrahlung]

内部制動放射線は、 β^+ 、 β^- 壊変、電子捕獲による核電荷の急な変化で生成される連続電磁放射である。この放射は低エネルギーかつ低放出率であることから、ここには含めない。

内部転換電子 [Internal conversion electron]

内部転換電子は、原子核の状態間のエネルギー差が原子に束縛された電子に直接渡された結果、原子から放出される軌道電子である。この過程は、核異性体壊変の一形態である。

半減期 ($T_{1/2}$) [Half-life ($T_{1/2}$)]

放射性核種の半減期は、放射能が初期値の半分に減少するまでの期間である。半減期と壊変定数 λ の関係は $T_{1/2} = \ln(2)/\lambda$ であり、平均寿命 τ との関係は $\tau = T_{1/2}/\ln(2)$ で表される。

分岐比 [Branching fraction]

分岐比は、特定の娘核種を形成する放射性核種の核変換の比率である。

 β^+ 壊変 [Beta-plus decay]

β^+ 壊変では、原子番号 Z 、質量数 A の原子の原子核が1個の陽電子 (β^+) と1個のニュートリノ (ν) を放出し、原子番号 $Z-1$ 、質量数 A の原子になる。

 β^- 壊変 [Beta-minus Decay]

β^- 壊変では、原子番号 Z 、質量数 A の原子の原子核が1個の陰電子 (β^-) と1個の反ニュートリノ ($\bar{\nu}$) を放出し、原子番号 $Z+1$ 、質量数 A の原子になる。

用語解説の見出し語

〈原著配列順〉

Alpha decay α 壊変	Electron-capture decay 軌道電子捕獲
Air-kerma rate constant (Γ_δ) 空気カーマ率定数 (Γ_δ)	Forbiddenness 禁制度
Annihilation photons 消滅光子	Half-life ($T_{1/2}$) 半減期 ($T_{1/2}$)
Auger transition オージェ遷移	Gamma ray γ 線
Beta-minus decay β^- 壊変	Isomeric transition decay 核異性体転移
Beta-plus decay β^+ 壊変	Isomers 核異性体
Branching fraction 分岐比	Internal conversion electron 内部転換電子
Coster-Kronig (CK) transition コスターークロニッヒ (CK) 遷移	Nuclear transformation 核変換
Inner bremsstrahlung 内部制動放射線	Spontaneous fission 自発核分裂
	Transition 転移 (遷移)
	X ray X 線

1. はじめに

(1) 本出版物は、半減期、壊変系列、核変換やその後の過程で放出される放射線のエネルギーと放出率を提供する。これらは放射性核種の内部被ばくや外部被ばくによる放射線量の計算に必要である。このデータは *Publication 38* (ICRP, 1983) のデータに置き換わるものである。原子番号 101 未満の 97 元素、1252 種の放射性核種のデータが提供されている (図 1 および表 A.1 参照)。 *Publication 38* ではデータが印刷物としての表であったのに対し、ここでは電子データベースとして与えている。Eckerman と Endo (2008) は、核医学で関心が持たれている 333 種の放射性核種に対し、表と壊変図を印刷した論文を発表している。ここに提供する電子データベースは、NUCDECAY データベース (Eckerman ら, 1994) に類似しており、 β 線や中性子のスペクトルを含む放射線を網羅したリストを提供している。これらのデータは、EDISTR04 コード (Endo ら, 2005) の出力から集めたものである。EDISTR04 は、*Publication 38* を作成する際に使用した EDISTR (Dillman, 1980) の改訂版である。EDISTR04 は、基本的核構造データファイル [評価済核構造データファイル (ENSDF)] (Tuli, 2001) を入力として使用する。EDISTR の改訂と品質保証の成果について、Endo ら (2005) が詳しく議論している。以下では、EDISTR04 の方法論を簡潔に解説し、電子データベースの詳しい説明を行う。電子データベースとソフトウェアパッケージ DECDATA, また Dillman (1980), Endo ら (2005), Endo と Eckerman (2007) の報告を含む追加資料が本刊行物に付属する CD に収録されているほか、補足データとして <http://www.icrp.info> のオンラインレポートに収められている。

2 1. はじめに

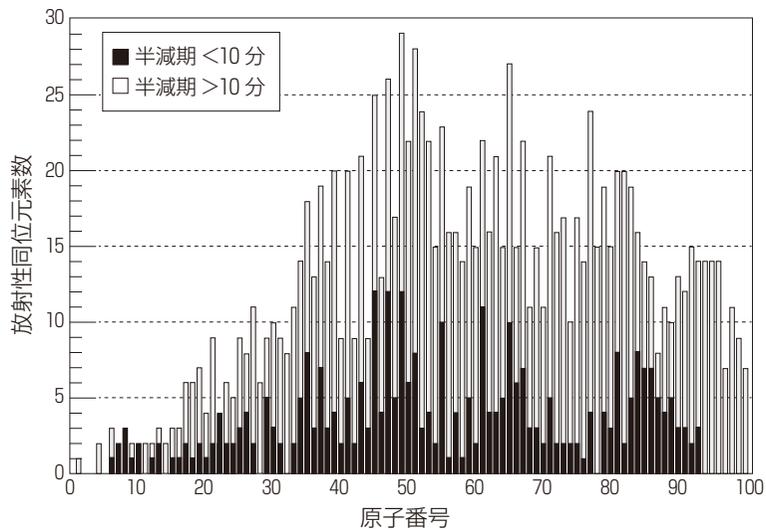


図 1 本刊行物に編集した元素の放射性同位元素の数

2. 核壊変データの編集に用いた方法

2.1 一般事項

(2) コンピュータコード EDISTR04 (Endo ら, 2005) を用いて核変換やその後の原子過程で放出される放射線のエネルギーと放出率を計算した。このコードは、 β^- や β^+ 放出のエネルギースペクトルを計算し、 α 遷移の場合は、 α 粒子や反跳核に固有のエネルギーと放出率を計算する。電子捕獲や γ 線の内部転換の結果として生じるさまざまな X 線やオージェ電子群のエネルギーと放出率も計算する。自発核分裂 (SF) が生じる数少ないケース (全体の中で 28 種の放射性核種) では、SF に付随する放射線 (核分裂片, 中性子, 即発 γ 線, 遅発 γ 線, 遅発 β 線) の放出率も計算する。

(3) ENSDF に含まれる情報は EDISTR04 への入力データとして使用される。ENSDF データは、ブルックヘブン国立研究所の国立核データセンターのコンピュータデータベースの一部であり、そのうち放射性壊変のデータは、定期的に「Nuclear Data Sheets」(Academic Press, New York) で刊行されている。ENSDF では、最新の核パラメータとの整合性の観点から、計算した放射線のエネルギーを全壊変エネルギーと比較し、見直しが行われた。全壊変エネルギー (Q 値), 分岐比, 核異性体の励起エネルギー, 物理学的半減期, 始状態と終状態のスピンとパリティなど, ENSDF の基本的壊変特性は、必要に応じて NUBASE2003 (Audi ら, 2003) や AME2003 (Wapstra ら, 2003) に更新されてきた。更新された ENSDF は、 α 粒子, β 粒子, γ 線, さらには消滅光子, 内部転換電子, X 線, オージェ電子, コスターークロニツヒ (CK) 電子のエネルギー E (MeV) と放出率 Y ($\text{Bq}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) を計算するため, EDISTR04 によりさらに加工された。SF を起こす核種について, 核分裂片, 即発中性子, 即発 γ 線, 遅発 γ 線, 遅発 β 粒子の平均エネルギーと放出率も計算されている。

(4) EDISTR と EDISTR04 のコードで採用された理論手法や計算手法に関する包括的説明は、別に出版されている (Dillman, 1980; Endo ら, 2005)。これらの報告は、付属の CD に含まれている。また、これらの手法に関して簡潔な概要を以下に示す。

2.2 α 壊変

(5) α 粒子を放出することで, 原子番号 Z , 質量数 A の親原子核は, 原子番号 $Z-2$, 質量数 $A-4$ の娘原子核に壊変する。これは記号を用いて次のように表される。



ここで、XとYはそれぞれ親元素と娘元素を表し、 γ は娘原子核の励起状態から終状態への遷移に伴う γ 線を表す。 α 粒子と反跳核は、利用可能な運動エネルギーを分け合う。入力データは、基底状態のQ値（基底状態から基底状態への遷移の反応エネルギー）、 α 遷移の終点である娘原子核の励起エネルギーレベルおよび対応する放出率、親原子核の励起エネルギー（核異性体レベルの親からの壊変を除いて、ゼロ）から構成される。これらのデータから、 α 粒子およびそれに付随する反跳核の運動エネルギーは、エネルギーと運動量の保存則を使って計算される。対応する絶対放出率は、ENSDFから直接得られる規格化データを用いて、相対放出率から計算される。

2.3 β 壊 変

(6) β 壊変は3体過程であり、このため β 粒子のエネルギースペクトルは連続となる。線量評価の観点からは、このスペクトルの平均エネルギーで十分なことが多いが、気道や消化管の壁など、組織深部での線量の計算には、エネルギースペクトルを考慮する必要がある。 β 壊変で放出されるニュートリノは、得られるエネルギーの一部を持ち去ってしまうが、ニュートリノと物質との相互作用は無視できる程度なので、そのエネルギーは線量には寄与しない。 β 粒子の平均運動エネルギー \bar{E} は、スペクトルから次のように決まる。

$$\bar{E} = \int_0^{E_0} P(E)E dE / \int_0^{E_0} P(E)dE \quad (2)$$

ここで $P(E)$ は、 β 粒子が E から $E+dE$ の間の運動エネルギーを持って放出される確率に比例する。 E_0 は、 β 遷移で生じうる最大運動エネルギーであり、終端エネルギーと呼ばれる。最大運動エネルギー E_0 は、エネルギー保存則から次式により決まる。

$$E_0(\beta^-) = Q + E_P - E_L$$

および

$$E_0(\beta^+) = Q + E_P - E_L - 2m_0c^2 \quad (3)$$

(7) これらの式で、 $E_0(\beta^-)$ と $E_0(\beta^+)$ は、それぞれ β^- 粒子と β^+ 粒子の最大運動エネルギーである。 Q は親原子核と娘原子核の基底状態間のエネルギー差であり、 E_P は親原子核の励起エネルギー（核異性体レベルの親核種を除いて、 $E_P=0.0$ ）、 E_L は遷移終了時の娘原子核の励起エネルギーレベル、 m_0c^2 は電子の静止質量エネルギー（0.511 MeV）である。 Q 、 E_P 、 E_L の値は、すべてENSDFに含まれている。

表 2.1 β 遷移の分類

遷移の種類	禁制度	スピンの変化	パリティの変化
超許容遷移		0	無
許容遷移		$0, \pm 1$	無
特異禁制遷移	第1	± 2	有
	第2	± 3	無
	第3	± 4	有
	第4	± 5	無
非特異禁制遷移	第1	$0, \pm 1$	有
	第2	± 2	無
	第3	± 3	有
	第4	± 4	無

(8) 負に帯電した β 粒子 (β^- あるいは陰電子) が原子核から放出されると、原子番号 Z 、質量数 A の親原子核 X は、原子番号 $Z+1$ 、質量数 A の娘原子核 Y に変わる。娘原子核は、親の放射性核種と比べて陽子が1つ多く、中性子が1つ少ない。記号では、 β^- 壊変は次のように表せる。



ここで $\bar{\nu}$ は反ニュートリノ、 γ は娘原子核の励起状態から終状態への遷移に伴う γ 線放射を表す。正に帯電した β 粒子 (β^+ あるいは陽電子) が原子核から放出されると、原子番号 Z 、質量数 A の親原子核 X が、原子番号 $Z-1$ 、質量数 A の娘原子核 Y に変わる。娘原子核は、親の放射性核種と比べて陽子が1つ少なく、中性子が1つ多い。 β^+ 壊変は次のように表せる。



ここで ν はニュートリノである。

(9) 親原子核と娘原子核のエネルギー準位間で生じるスピンの変化とパリティの変化によって、 β 線スペクトルをさまざまな禁制度に分類する。禁制度の分類を表 2.1 に示す。

(10) $P(E)$ の数学的表式は、禁制遷移特有のスペクトルの場合には長くなるため、簡略のためここでは示さない。許容遷移の場合でも、クーロン (電荷) 遮蔽や原子核が有限の大きさを持つことによる理論的な補正などは、単純な形の $P(E)$ の表式を煩雑にしてしまう。興味のある読者は、詳細については Dillman (1980) を、また、EDISTR04 で計算する β 線スペクトルと他の出版論文との比較については Endo ら (2005) を参照されたい。

(11) 陽電子は物質中で不安定であり、吸収する媒質の電子と対消滅して2つの消滅光子を生み出す。よく見かけることだが、 β^+ 粒子が静止した後に消滅したとすると、それぞれの

消滅光子のエネルギーは、電子の静止エネルギー 0.511 MeV である。データベースでは、消滅光子の放出率を β^+ の放出率の 2 倍としている。

2.4 軌道電子捕獲

(12) 電子捕獲は β 壊変の一形態であり、娘原子の副殻に空孔ができる。空孔は、エネルギー的に可能であれば K 殻に生じる可能性が最も高い。原子の殻および副殻の主な空孔の分布は、初期空孔から生じる X 線やオーージェ電子の相対放出率に関係しているため、計算する必要がある。具体的な軌道電子捕獲に対して基本的計算を行うべきものは、K/L/M... の捕獲率である。電子捕獲は次のように表される。



ここで、すべての変数は既に定義してある。

(13) EDISTR04 は、Firestone ら (1996) と Bambynek ら (1977) の包括的な表を用いて、K から O₈ までの 24 個の副殻からの捕獲率を計算する。電子の結合エネルギーは、Perkins ら (1991) の評価済原子データライブラリ (EADL) の値を利用している。EADL は、Z=1 ~ 100* に対する原子データを提供し、K から Q₁ までの 29 個の副殻の理論的結合エネルギーを示している。親原子核と娘原子核の間の遷移エネルギーが電子の静止質量エネルギーの 2 倍 (1.022 MeV) よりも大きいと、陽電子の放出が電子捕獲と競合する。この競合は、陽電子の放出が可能な場合、遷移エネルギーが陽電子とニュートリノの間で分け合われるため、線量評価と密接に関係する。ニュートリノは、遷移エネルギーの約 3 分の 2 を持って原子核を飛び出す。一般に、陽電子放出と比較して電子捕獲の確率は、遷移エネルギーの減少や原子番号の増加とともに上昇する。陽電子放出に必要な 1.022 MeV の閾値エネルギーよりも遷移エネルギーが低い場合には、電子捕獲のみが発生しうる。

2.5 核異性体転移と γ 線の内部転換

(14) γ 線や内部転換電子の放出により一時的に (ナノ秒以上) 存在する原子核状態の脱励起は、核異性体転移と呼ばれる。他の壊変様式に関するこれまでの議論では、 α 壊変や β 壊変によって生成された励起状態の原子核から γ 線が放出されることを示したが、核異性体転移という言葉は、より長く残る準安定な状態の壊変を表すものである。この壊変ではエネルギー損失が原子核中の変化のみである。核異性体転移で壊変する放射性核種は、^{99m}Tc のように、

* EDISTR04 は、メンデレビウム (Md) より重い元素には使用できない。Publication 38 では、Md の 2 つの同位体が扱われている。

質量数の直後に m をつけて表す[†]。記号で表すならば、この壊変様式は次のように書ける。



(15) 原子核の脱励起のもう1つの方法が内部転換である。内部転換は、 γ 線のエネルギーに等しいエネルギーが軌道電子に受け渡されて、その電子が原子から飛び出るという過程である。原子の殻 (K, L, ...) の1つから出てくる内部転換電子のエネルギーは、対応する γ 線のエネルギーから飛び出た軌道電子の結合エネルギーを引いた値に等しい。電子捕獲と同様に、さまざまな電子殻に空孔が生じ、結果として生じるX線やオージェ電子の放出率を決めるために、空孔の分布を計算しなければならない。一遷移あたりに放出される内部転換電子の数と γ 線放射の数の比を、内部転換係数と呼ぶ。各遷移の係数は、遷移エネルギー、原子核の原子番号、遷移の多重極度によって異なる。多重極度は、全角運動量や、遷移に関係する原子核レベルの間のパリティの変化によって異なる。通常、1つの殻や副殻に対する内部転換係数は、遷移エネルギーの減少、原子番号の増加や多重極度の増加とともに、増大する。

2.6 X線とオージェ電子の放出率とエネルギー

(16) 内殻の1つに空孔を作り励起した原子は、X線やオージェ電子の放出あるいはCK遷移によって、脱励起を起こす。その結果起こる原子事象のカスケードは、非常に単純な壊変図式でも、無数のX線やオージェ電子の放出につながる。X線放出過程では、外殻Yの電子が内殻Xの空孔に遷移して光子が放出される。放出されるX線のエネルギーは、殻Xの電子の結合エネルギー E_x から殻Yの電子の結合エネルギー E_y を引いた値に等しい。殻Xにもともとあった空孔は殻Yに移動し、それも最終的には埋められる。

(17) オージェ電子放出では、外殻Yの電子が内殻Xの空孔に遷移して、外殻Y'の電子が原子から放出される。Y'殻はY殻と同じでも異なってもよい。放出された電子(オージェ電子)のエネルギーは、近似的に $E_x - E_y - E_{y'}$ に等しい。この過程により、X殻に1つの空孔があった状態から、Y殻とY'殻の両方に空孔ができた状態になる。XがK殻、YがL₁副殻、Y'がL₂副殻の場合、電子はKL₁L₂オージェ電子と呼ばれる。KLLオージェ電子は、Y殻とY'殻が3つのL副殻のいずれかである場合を指す。

(18) CK遷移は、同じ主殻の2つの副殻間での電子遷移を伴う非放射過程である。たとえば、空孔がL₁副殻からL₂副殻に移動し、副殻間のわずかなエネルギー差が一番外側の電子の1つに渡されて電子が原子から飛び出す場合、この遷移をCK遷移という。CK遷移とオージェ遷移の本質的な違いは、CK遷移では最終的な空孔の1つが最初の空孔と同じ主殻にあるのに

[†] 核異性体は、励起エネルギーが増える順に、質量数Aにm, n, pなどを付けて表す。

表 2.2 表におけるオージェ電子とコスター-クロニツヒ (CK) 電子の対応付け

表 記	定 義
オージェ KLL	2つの新たな空孔がL殻に生じるK殻オージェ遷移
オージェ KLX	2つの新たな空孔のうちの1つがL殻に生じるK殻オージェ遷移
オージェ KXY	2つの新たな空孔のどちらもL殻に生じないK殻オージェ遷移
CK LLX	すべてのL殻CK遷移
オージェ LMM	2つの新たな空孔がM殻に生じるL殻オージェ遷移
オージェ LMX	2つの新たな空孔のうちの1つがM殻に生じるL殻オージェ遷移
オージェ LX Y	2つの新たな空孔のどちらもM殻に生じないL殻オージェ遷移
CK MMX	すべてのM殻CK遷移
オージェ MNN	2つの新たな空孔がN殻に生じるM殻オージェ遷移
オージェ MNX	2つの新たな空孔のうちの1つがN殻に生じるM殻オージェ遷移
オージェ MXY	2つの新たな空孔のどちらもN殻に生じないM殻オージェ遷移
CK NNX	すべてN殻CK遷移
オージェ NXY	すべてのN殻オージェ遷移
CK OOX	すべてのO殻CK遷移
オージェ OXY	すべてのO殻オージェ遷移

表 2.3 X線に対する国際純正・応用化学連合 (IUPAC) と Siegbahn 記法 (Jenkins ら, 1991)

K殻X線シリーズ			
Siegbahn	IUPAC	Siegbahn	IUPAC
K_{α_2}	K-L ₂	$K_{\beta_5}^I$	K-M ₅
K_{α_1}	K-L ₃	$K_{\beta_2}^{II}$	K-N ₂
K_{β_3}	K-M ₂	$K_{\beta_2}^I$	K-N ₃
K_{β_1}	K-M ₃	$K_{\beta_1}^{II}, K_{\beta_{i\lambda}}$	K-N ₄
$K_{\beta_5}^{II}$	K-M ₄	$K_{\beta_4}^I$	K-N ₅
L殻X線シリーズ			
Siegbahn	IUPAC	Siegbahn	IUPAC
L_{β_4}	L ₁ -M ₂	$L\gamma_6$	L ₂ -O ₄
L_{β_3}	L ₁ -M ₃	$L\ell$	L ₃ -M ₁
$L_{\beta_{10}}$	L ₁ -M ₄	L_t	L ₃ -M ₂
L_{β_9}	L ₁ -M ₅	$L\delta$	L ₃ -M ₃
$L\gamma_2$	L ₁ -N ₂	$L\alpha_2$	L ₃ -M ₄
$L\gamma_3$	L ₁ -N ₃	$L\alpha_1$	L ₃ -M ₅
$L\gamma_4$	L ₁ -O ₂	$L\beta_6$	L ₃ -N ₁
$L\gamma_4$	L ₁ -O ₃	$L\beta_{15}$	L ₃ -N ₄
$L\eta$	L ₂ -M ₁	$L\beta_2$	L ₃ -N ₅
$L\beta_{17}$	L ₂ -M ₃	$L\beta_7^I, L_u$	L ₃ -N ₆
$L\beta_1$	L ₂ -M ₄	$L\beta_7^{II}, L_u$	L ₃ -N ₇
$L\gamma_5$	L ₂ -N ₁	$L\beta_7$	L ₃ -O ₁
$L\gamma_1$	L ₂ -N ₄	$L\beta_5$	L ₃ -O ₄
$L\gamma_8, L\nu$	L ₂ -N ₆	$L\beta_5$	L ₃ -O ₅
$L\gamma_8$	L ₂ -O ₁		

対し、オージェ遷移では最終的な空孔の両方が最初の空孔とは異なる主殻にあるという点である。

(19) 外殻からの遷移を扱うため、Cullen (1992) のコンピュータコード RELAX に基づいた詳細な原子放射線計算法が EDISTR04 に導入された。X 線、オージェ電子、CK 電子のエネルギーと放出率がそれぞれの遷移に対して計算される。オージェ電子や CK 電子の放射は、3000 種類を超える。データ表を適度な大きさにするため、これらの放射は、15 のグループにまとめている。オージェ電子と CK 電子の各グループを表 2.2 に示す。これらのグループに属さないオージェ電子と CK 電子（たとえば KL_1L_2 , $M_1M_2M_5$ ）のデータは、一部の放射性核種に対して付属 CD に示す。データ表では、国際純正・応用化学連合 (IUPAC) の X 線の記法を採用した (Jenkins ら, 1991)。K シリーズや L シリーズに対するこの記法と通常の Siegbahn 記法との関係を表 2.3 に示す。たとえば $K\alpha_2$ X 線の Siegbahn 記法は、IUPAC 記法では $K-L_2$ と書く。

2.7 自発核分裂

(20) SF は、粒子やエネルギーを原子核に与えることなく起こる核分裂である。線量評価の観点からは、SF は相当量のエネルギーが核分裂に関係しているため、非常に重要である。さらに核分裂は、核分裂片、中性子、 β 粒子、即発 γ 線、遅発 γ 線を含むさまざまな放射線を生成する。Dillman と Jones (1975) は、これらの放射線のエネルギーと放出率を計算する一連の経験式を作り EDISTR で使用した。EDISTR04 の経験式は、Endo ら (2005) により議論され、更新されている。経験式は、放射線の放出率とエネルギーを、核分裂収率 BF_{SF} 、親核種の質量数 A と原子番号 Z 、核分裂 1 回あたりに放出される中性子の平均の数 $\bar{\nu}$ で表している。関連する式を表 2.4 にまとめた。

(21) 中性子のスペクトルの形は、ワットスペクトルでうまく表されており、近似式を EDISTR04 に取り込んである。スペクトルは次式で表される。

$$N(E) = BF_{SF} \bar{\nu} e^{-\frac{E}{a}} \sinh(\sqrt{bE}) \quad (8)$$

ここで、SF の分岐比とパラメータ a と b は、表 2.5 に示されている。

表 2.4 自発核分裂に伴う放射線のエネルギーと放出率

放射線の種別	平均エネルギー (MeV)	放出率 ($\text{Bq}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)
中性子	$0.25a^2b + 1.5a^*$	$BF_{SF}\bar{\nu}$
核分裂片	$0.05945 \frac{Z^2}{A^{1/3}} + 3.65$	$2BF_{SF}$
即発 γ 線	$-1.33 + 119.6 \frac{Z^{1/3}}{A}$	$\frac{(2.51 - 1.13 \times 10^{-5} Z^2 A^{1/2})\bar{\nu} + 4}{\bar{E}_{p\gamma}}$
遅発 γ 線	0.9578	$0.2102 \left(5.98 + \frac{92}{236} A - Z \right)^2 BF_{SF}$
遅発 β 粒子	$0.2058 \left(5.98 + \frac{92}{236} A - Z \right)$	$\left(5.98 + \frac{92}{236} A - Z \right) BF_{SF}$

* a と b は、中性子スペクトルのワット近似のパラメータである。

表 2.5 自発核分裂のワットスペクトルのパラメータ

核種	BF_{SF}	$\bar{\nu}$	ワットパラメータ	
			a	b
U-238	5.450E-07*	2.010	0.648318	6.81057
Pu-236	1.370E-09	2.130	0.988270	3.10386
Pu-238	1.850E-09	2.220	0.847833	4.16933
Pu-240	5.750E-08	2.160	0.794930	4.68927
Pu-242	5.540E-06	2.150	0.819150	4.36668
Pu-244	1.210E-03	2.300	0.694716	6.00370
Cm-240	3.900E-08	2.390	1.071680	2.69829
Cm-242	6.370E-08	2.520	0.887353	3.89176
Cm-244	1.371E-06	2.690	0.902523	3.72033
Cm-245	6.100E-09	2.870	0.911919	3.62393
Cm-246	2.630E-04	3.180	0.878224	3.88585
Cm-246	2.630E-04	3.180	0.878224	3.88585
Cm-248	8.390E-02	3.110	0.808387	4.53623
Cm-250	7.400E-01	3.310	0.734482	5.43559
Cf-246	2.500E-06	3.100	1.02600	2.93000
Cf-248	2.900E-05	3.340	1.02772	2.93228
Cf-249	5.020E-09	3.410	1.02600	2.93000
Cf-250	7.700E-04	3.530	1.02600	2.93000
Cf-252	3.092E-02	3.765	1.02500	2.92600
Cf-254	9.969E-01	3.890	1.02600	2.93000
Es-253	8.900E-08	3.930	0.82000	4.60000
Es-254	3.000E-08	3.950	0.82000	4.60000
Es-254m	4.500E-04	3.950	0.82000	4.60000
Es-255	4.500E-05	3.970	0.82000	4.60000
Fm-252	2.300E-05	3.900	0.82000	4.60000
Fm-255	2.300E-07	3.730	0.82000	4.60000
Fm-256	9.190E-01	4.010	0.82000	4.60000
Fm-257	2.100E-03	3.850	0.82000	4.60000

* 訳注 5.450E-07 は 5.450×10^{-7} を表す。

3. 付属 CD の内容とデータファイル

3.1 CD の内容

(22) 本刊行物の裏表紙の内側のポケットに入った CD には、ICRP コレクションのうち 97 元素、1252 種の放射性核種に関する全原子核壊変データの電子ファイルが収められている。付属書 A の表 A.1 には、CD で取り上げられた放射性核種をリストアップしている。CD の内容は以下の通りである。

- README.TXT：本刊行物の作成後の情報を含むファイル
- CONTENT.PDF：CD の内容物を説明するファイル
- LICENSE.TXT：ライセンスの同意および責任に関する記載を含むファイル
- USERGUIDE.PDF：DECADATA ソフトウェアのユーザーズガイド
- 原子核壊変データファイル：
 - ICRP-07.NDX
 - ICRP-07.RAD
 - ICRP-07.BET
 - ICRP-07.NSF
 - ICRP-07.ACK
- SETUP.EXE：DECADATA ソフトウェアをインストールする実行ファイル
- アーカイブフォルダ：
 - INPUT フォルダ：ICRP-07 コレクションの核種に対する EDISTR04 の入力ファイル
 - OUTPUT フォルダ：ICRP-07 コレクションの核種に対する EDISTR04 の出力ファイル
 - SOURCE フォルダ：DECADATA のソースコード

(23) ソフトウェアパッケージ DECADATA[‡]では、ユーザが求める放射性核種に対し、原子核壊変データへのアクセスを提供しており、以後の計算で使用するため、放出される放射線のエネルギーと放出率を ASCII ファイルに読み出すことができる。DECADATA では、ユーザが Windows PC 上で壊変データを表や図の形で見るることができる。ただし、5つのデータファイルは、ユーザが開発したソフトウェアでデータに直接アクセスできるように作成されている。この点に関する説明は、DECADATA のユーザーズガイドに記載されている。

[‡] Portions © 2002 Perfect Sync, Inc.

3.2 原子核データファイル

(24) 原子核の壊変データは、直接アクセス可能な5つのファイル（ASCII エディタで閲覧可能なフォーマットで書かれている）にまとめられており、いずれもルート名 ICRP-07 がつけられている。ファイル ICRP-07.RAD は、ICRP-07 コレクションの核種から放出される放射線の絶対放出率、平均エネルギー[§]、離散エネルギーに関するデータを含んでいる。このファイルには、放出されるすべての放射線のデータが含まれる。すなわち、データファイルを作成する際に放射線の数に制限は設けていない。

(25) ファイル ICRP-07.BET には、このコレクションのすべての β 線放出核種の β 線スペクトルが含まれる。EDISTR04 は、平均 β 線エネルギーを決定するため、それぞれの β 遷移のスペクトルを計算し、放射性核種のすべての β 遷移の合成スペクトルを表にまとめている。合成スペクトルはこのファイルに含まれている。

(26) ファイル ICRP-07.ACK には、136種の放射性核種のオージェ電子やCK電子の詳しいスペクトルが含まれている。RAD ファイルでは、これらの離散的放射が壊変様式ごとに15以下のグループにまとめられ、各グループの平均のエネルギーと放出率が示されている（表 2.2 参照）。

(27) SF の際に放出される中性子のスペクトルは、ファイル ICRP-07.NSF に含まれている。ICRP-07 コレクションでは、28種の放射性核種がSFにより壊変を行う。

(28) これらのファイルのデータへのアクセスを容易にするため、もう1つのファイル（ICRP-07.NDX）が作成されている。これら5つのファイルのそれぞれについて、以下に簡単に説明する。便宜上、ファイルはそれぞれの拡張子（NDX, RAD, BET, ACK, NSF）で呼ぶことにする。

3.2.1 インデックスファイル：ICRP-07.NDX

(29) NDX ファイルは、放射線ファイル（RAD）とスペクトルデータファイル（BET, ACK, NSF）への入り口の役割を果たす。NDX ファイルには、コレクションの核種1つに対し1つのレコードが収められている。核種レコードのフィールドでは、RAD, BET, ACK, NSF の各ファイルの核種レコードの位置（ポインタ）が示されている。これらのポインタに加え、レコードには核種の物理学的半減期、壊変様式（たとえば α か β か）、子孫核種の別（娘核種）、それぞれの娘核種を生む核変換の比率（分岐比）、 α 線、電子、光子の放射により放出

[§] 平均値は、 β 遷移、オージェやCKの電子群、SFの際に放出される放射線（核分裂片、中性子、遅発 β 放射）について示されている。

表 3.1 ICRP-07.NDX ファイルのレコード構造

フィールド	形式*	説明
レコード 1		
最初	I4	最初のデータレコードのレコード番号
最後	I4	最後のデータレコードのレコード番号
データレコード (最初, ..., 最後)		
核種	A7	核種 (親) の名前 (たとえば Am-241, Tc-99m)
半減期	A8	核種の半減期
単位	A2	半減期の単位 (μ s : マイクロ秒, ms : ミリ秒, s : 秒, m : 分, d : 日, y : 年)
壊変様式	A8	A : アルファ, B ⁻ : ベータマイナス, B ⁺ : ベータプラス, EC : 電子捕獲, IT : 核異性体転移, SF : 自発核分裂
ポインター 1	I7	ICRP-07.RAD ファイルの核種の位置
ポインター 2	I7	ICRP-07.BET ファイルの核種の位置
ポインター 3	I7	ICRP-07.ACK ファイルの核種の位置
ポインター 4	I6	ICRP-07.NSF ファイルの核種の位置
3つのフィールドからなる次のブロックは、放射性娘核種 i ($i = 1 \sim 4$) に対して繰り返される。		
娘 i	A7	娘核種 i の名前
ポインター i	I6	ICRP-07.NDX ファイルの娘 i の位置
分岐 i	E11.0	娘 i への分岐比
E-アルファ	E7.0	α 放射のエネルギー (核変換 1 回あたり, MeV)
E-電子	E8.0	β 線を含む, 電子のエネルギー (核変換 1 回あたり, MeV)
E-光子	E8.0	光子放射のエネルギー (核変換 1 回あたり, MeV)
ナンバー 1	I4	10 keV 未満のエネルギーを持つ光子の数
ナンバー 2	I4	10 keV を超えるエネルギーを持つ光子の数
ナンバー 3	I4	β 遷移の数
ナンバー 4	I5	単一エネルギー電子の数
ナンバー 5	I4	α 遷移の数
AMU	E11.0	放射性核種の原子質量 (Audi ら, 2003)
Γ_{10}	E10.0	空気衝突カーマ率定数 ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)
K_{air}	A9	点線源空気衝突カーマ係数 ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

* 形式は、FORTRAN の記法で書かれている。たとえば、A8 は長さ 8 の英数字フィールド、I5 は長さ 5 の整数フィールド、E11.0 は長さ 11 の実数フィールドを表す。

される全エネルギー (SF に伴う電子と光子も含む)、またその他の補助データが含まれる。NDX レコード形式の説明を表 3.1 に示す。

(30) インデックスファイルのレコードは、核種の名前のフィールドで並べられている。これにより、ユーザが開発したソフトウェアが二分探索法 (バイナリサーチ) により目当ての放射性核種のレコードを見つけることができる。NDX ファイルの目的は、他のデータファイ

ルへの入り口を提供することにあるが、それ自体が非常に役に立つものである。たとえば、NDX ファイルの中の情報から、ある放射性核種で見出しされた壊変系列は、その系列の終端の安定な原子核の識別まで行われる。Hf-180m の β 壊変で生成される Ta-180m は、非常に長い半減期を持つことから、NUBASE2003 (Audi ら, 2003) と同様に、ここでは安定なものとして扱われている。

(31) NDX ファイルの核種レコードには、空気カーマ率定数のフィールドがある。この定数は放射性核種の特徴の一つであり、理想的な点線源で定義されている。国際放射線単位測定委員会 (ICRU) はこの定数を $\Gamma_\delta = l^2 \dot{K}_\delta / A$ と定義している。ここで \dot{K}_δ は、放射能 A の放射性核種の点線源から真空中で距離 l における、 δ を超えるエネルギーを持つ光子による空気カーマ率である (ICRU, 1998)。この光子には、 γ 線、特性 X 線、および内部制動放射線が含まれるが、後者はここでは扱わない。また、RAD ファイルに含まれる消滅光子も扱わないことに注意する必要がある。有限な大きさを持つ線源では、吸収と散乱が生じ、外部制動放射線が生まれる。さらに、線源と観測点の間の媒質が、吸収、散乱、外部制動放射線や消滅光子の生成を起こすであろう。多くの場合、これらの過程は、観測されるカーマ率に大きな影響を与える。この定数は、定義により次式で与えられる。

$$\Gamma_\delta = \frac{1}{4\pi} \sum_i (\mu_k / \rho)_i Y_i E_i \quad (9)$$

ここで $(\mu_k / \rho)_i$ は、放出率 Y_i の核種が放出するエネルギー E_i の光子の空気に対する質量エネルギー転移係数である。この計算では、 δ の値として 10 keV を使用している。

点線源空気カーマ係数

(32) 陽電子放出に関連する消滅光子や SF に伴う中性子や光子を扱うため、仮定した点線源に対する空気カーマ係数 $K_{air, \delta}$ は次のように定義する。

$$K_{air, \delta} = \frac{1}{4\pi} \left[\sum_i (\mu_k / \rho)_i Y_i E_i + \sum_i Y(E_i, E_{i+1}) \bar{k}(E_i, E_{i+1}) \right] \quad (10)$$

これは NDX ファイルの核種レコードに含まれている。(10)式の第1項の和は、 δ よりも大きなエネルギーを持つすべての光子、すなわち、陽電子放出により生じる消滅光子や SF に伴う即発および遅発 γ 線にわたって実行される。(10)式の第2項は、核変換1回あたりの放出率が $Y(E_i, E_{i+1})$ の SF に伴う中性子のカーマへの寄与を表す。 $\bar{k}(E_i, E_{i+1})$ は、中性子の空気カーマ係数 (Chadwick ら, 1999) の、エネルギー E_i および E_{i+1} にわたる平均値を示す。 δ (10 keV) よりも大きなエネルギーを持つ中性子のみを考慮している。定数と係数は、陽電子放出や SF の場合を除いて、数値的に等しい。空気中にある実際の線源に対する空気カーマ率定数と観測されるカーマ率に関する上記の注意点は、係数に対してもあてはまる。

3.2.2 放射線ファイル：ICRP-07.RAD

(33) RAD ファイルのレコードは、放射性核種の核変換で放出される各放射線のエネルギーと放出率に関するデータを含む。RAD レコードのフィールドを表 3.2 に示す。簡単に説明すると、ファイルにある核種の最初のレコード（ヘッダレコード）には、核種の名前、その半減期、その核種が放出する放射線のデータレコードの数が記載されている。放出されたそれぞれの放射線のデータレコードには以下のフィールドがある。(1) 放射線の種別を識別する整数コード (ICODE), (2) 放射線の絶対放出率 (核変換 1 回あたりの数), (3) 放射線の個別のエネルギー, あるいは平均エネルギー (MeV), (4) 放射線の種別を示す 2 文字のニーモニック記号。ICODE コードと 2 文字記号は、表 3.3 で定義されている。NDX ファイルの核種レコードのポインタは、RAD ファイルの核種のヘッダレコードのレコード番号に相当する。

表 3.2 ICRP-07. RAD ファイルのレコード構造

フィールド	形式	説明
核種レコード		
核種	A7	核種の名称 (たとえば Tc-99m)
$T_{1/2}$	E11.0	核種の物理的半減期
時間単位	A2	$T_{1/2}$ の単位
N	I9	データレコードの数
データレコード(1, ..., N)		
ICODE	A2	放射線の種別 (表 2.3 参照)
放出率	E12.0	放射線の放出率 (核変換 1 回あたり)
エネルギー	E12.0	放射線のエネルギー (MeV)
JCODE	A3	記号 (表 2.3 参照)

表 3.3 整数コード (ICODE) 変数の説明

	記号	説明
1	G	γ 線
	PG	即発 γ 線*
	DG	遅発 γ 線*
2	X	X 線
3	AQ	消滅光子
4	B+	β^+ 粒子
	B-	β^- 粒子
5	BD	遅発 β 線*
	IE	内部転換電子
7	AE	オージェ電子
8	A	α 粒子
9	AR	α 反跳核
10	FF	核分裂片
11	N	中性子

* 自発核分裂の即発放射線と遅発放射線

(34) 放射線のレコードは放射線の種類 (ICODE 順) とエネルギーの昇順で並べられている。放射線のグループは以下の通りである。

- 光子, ICODE 1 ~ 3: X 線, γ 線, 消滅光子, SF の即発光子および遅発光子
- β 粒子, ICODE 4 ~ 5: それぞれの β 遷移の平均エネルギー
- 単一エネルギー電子, ICODE 6 ~ 7: 内部転換, およびオージェ電子と CK 電子
- α 粒子, ICODE 8
- α 反跳核, ICODE 9
- 核分裂片, ICODE 10
- 中性子, ICODE 11

(35) 各グループのレコードは, エネルギーの昇順に並べられている。この並べ替え機能により, エネルギーに依存した量, たとえばエネルギーに依存した特定の放射線吸収率データの内挿が可能になる。グループ内の特定の種類の放射線は, 2 文字記号を使って表すことができる (たとえば消滅光子, 遅発 γ 線など)。SF 後の即発および遅発 γ スペクトルは, Dillman と Jones (1975) の提案により, それぞれ 48 個と 28 個の離散的な光子群で表される。これらの放射は, それぞれの 2 文字の記号で表すことができる。

3.2.3 β 線スペクトルファイル: ICRP-07.BET

(36) BET ファイルには, ICRP-07 コレクションの β 線放出核種に対する β 線スペクトルが収められている。このスペクトルデータは, 固定された対数型のエネルギーグリッドで表にまとめられている。ヘッダレコードには, 核種ごとに, 核種の名前とその核種のデータレコードの数が与えられている。データレコードのフィールドには, 電子エネルギー E (MeV) と, そのエネルギーで放出された, 核変換 1 回あたり, MeV あたりの β 粒子の数が記載されている。表 2.4 のエネルギーと放出率を持った原子番号 39 と 58 の特殊な禁制遷移を最初に仮定することで, SF の後の遅発 β 線放射に対するスペクトルを合成した。BET ファイルのレコードの構造を, 表 3.4 に示す。

3.2.4 オージェ-CK 電子スペクトルファイル: ICRP-07.ACK

(37) 選択された 136 核種について, オージェ電子と CK 電子の詳しいスペクトルが ACK ファイルに収められている。これらの放射は, 壊変様式ごと, かつ RAD ファイルの壊変ごとに, 最大で 15 グループにまとめられている。スペクトル中の離散的な電子の最大数は, Hg-195m と Hg-197m の場合, 3015 個である。ヘッダレコードのフィールドには, 核種の名前, その核種のデータレコードの数が記載されている。データレコードには, 電子のエネルギー E (eV), 放出率 (核変換 1 回あたり, そのエネルギーを持つ電子の数), 原子の電子遷移の識別が含まれている。ACK ファイルのレコードを表 3.5 に示す。臓器や組織で吸収される平均線量の計

表 3.4 ICRP-07. BET ファイルのレコード構造

フィールド	形式	説明
核種レコード		
核種	A7	核種の名前 (たとえば Tc-99m)
N	I10	データレコードの数
データレコード(1, ..., N)		
エネルギー	F7.0	エネルギーグリッドポイント (MeV)
数	E10.0	そのエネルギーにおける核変換 1 回あたり, MeV あたりの β 粒子の数

表 3.5 ICRP-07. ACK ファイルのレコード構造

フィールド	形式	説明
核種レコード		
核種	A8	核種の名前 (たとえば I-123)
N	I8	離散的な電子の数
データレコード(1, ..., N)		
放出率	E12.0	そのエネルギーにおける核変換 1 回あたりの電子の数
エネルギー	E12.0	電子のエネルギー (eV)
遷移	A9	原子遷移の識別 (たとえば L1 M2 M3 など)

算には、RAD ファイルのグループデータで十分であるが、ACK ファイルのデータは、細胞核内の放射性核種のマイクロシメトリ計算などにおいて活用できる。

3.2.5 中性子スペクトルファイル: ICRP-07.NSF

(38) NSF ファイルには、ICRP-07 コレクション中の SF を起こす 28 種の放射性核種により放出される中性子のスペクトルが取められている。各核種に対し、ヘッダレコードには核種の名前、SF の分岐比、その核種のデータレコード数が与えられている。データレコードは、中性子エネルギービン (またはエネルギー群) を定義し、そのエネルギービンあたり、核変換 1 回あたりの中性子の数を記載している。NSF ファイルのレコードについては、表 3.6 に示す。

表 3.6 ICRP-07.NSF ファイルのレコード構造

フィールド	形式	説明
核種レコード		
核種	A8	核種の名称 (たとえば Cf-252)
BF	E12.0	自発核分裂の分岐比
N	I3	中性子エネルギービンの数
データレコード (1, ..., N)		
エネルギー 1	E9.0	低エネルギー (MeV)
エネルギー 2	E9.0	高エネルギー (MeV)
放出率	E12.0	ビンに入っている核変換 1 回あたりの中性子の数

参考文献

- Audi, G., Bersillon, O., Blachot, J., Wapstra, A.H., 2003. The NUBASE evaluation of nuclear and decay properties. *Nucl. Phys.* **A729**, 3–128.
- Bambynek, W., Behrens, H., Chen, M.H., et al., 1977. Orbital electron capture by the nucleus. *Rev. Mod. Phys.* **49**, 77–221.
- Chadwick, M.B., Barschall, H.H., Caswell, R.S., et al., 1999. A consistent set of neutron kerma coefficients from thermal to 150 MeV for biological important materials. *Med. Phys.* **26**, 974–991.
- Cullen, D.E., 1992. Program RELAX: a Code Designed to Calculate Atomic Relaxation Spectra of X-rays and Electrons. UCRL-1D-110438. Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA.
- Dillman, L.T., 1980. EDISTR: a Computer Program to Obtain a Nuclear Decay Data Base for Radiation Dosimetry. ORNL/TM-6689. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.
- Dillman, L.T., Jones, T.D., 1975. Internal dosimetry of spontaneously fissioning nuclides. *Health Phys.* **29**, 111–123.
- Eckerman, K.F., Westfall, R.J., Ryman, J.C., Cristy, M., 1994. Availability of nuclear decay data in electronic form, including beta spectra not previously published. *Health Phys.* **67**, 338–345.
- Eckerman, K.F., Endo, A., 2008. MIRD: Radionuclide Data and Decay Scheme. Society of Nuclear Medicine, Reston, VA.
- Endo, A., Yamaguchi, Y., Eckerman, K.F., 2005. Nuclear Decay Data for Dosimetry Calculations: Revised Data of ICRP Publication 38. JAERI 1347. Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki.
- Endo, A., Eckerman, K.F., 2007. Nuclear Decay Data for Dosimetry Calculations: Data for Radionuclides with Half-lives Less than 10 Minutes. JAEA Data/Code 2007-021. Japan Atomic Energy Agency, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki.
- Firestone, R.B., Shirley, V.S., Baglin, C.M., Chu, S.Y.F., Zipkin, J., 1996. Table of Isotopes, eighth ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- ICRP, 1983. Radionuclide transformations: energy and intensity of emissions. ICRP Publication 38. *Ann. ICRP* **11–13**.
- ICRU, 1998. Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation. ICRU Report 60. International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD.
- Jenkins, R., Manne, R., Robin, J., Senemaud, C., 1991. Nomenclature system for X-ray spectroscopy. *Pure Appl. Chem.* **63**, 735–746.
- Perkins, S.T., Cullen, D.E., Chen, M.H., Hubbell, J.H., Rathkopf, J., Scofield, J., 1991. Tables and Graphs of Atomic Subshell and Relaxation Data Derived from the LLNL Evaluated Atomic Data Library (EADL), $Z = 1-100$. UCRL-50400. Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA.
- Tuli, J.K. 2001. Evaluated Nuclear Structure Data File: a Manual for Preparation of Data Sets. BNLNCS-51655-01/02-Rev. Brookhave National Laboratory, Upton, NY.
- Wapstra, A.H., Audi, G., Thibault, C., 2003. The AME2003 atomic mass evaluation: (1) evaluation of input data, adjustment procedures. *Nucl. Phys.* **A729**, 129–336.

付 属 書 A. ICRP-07 コレクションの放射性核種

(A1) ICRP-07 コレクションの 1252 種の放射性核種を、原子番号順に表 A.1 に示す。放射性核種の次の行にインデントして記載されているのは、親核種が核変換 (nt) して生じる娘核種と、娘核種を生む親核種の変換の割合である。娘核種が安定である場合は、斜体で表記している。半減期、壊変様式、核変換 1 回あたりに出るエネルギーも記載されている。

(A2) 半減期の単位は次のように略記号を用いている。 μ s: マイクロ秒, ms: ミリ秒, s: 秒, m: 分, d: 日, y: 年。壊変様式の略記号は以下の通りである。A: アルファ, B⁻: ベータマイナス, B⁺: ベータプラス, EC: 電子捕獲, IT: 核異性体転移, SF: 自発核分裂。自発核分裂による核分裂片と中性子の寄与は、全エネルギーに含めている。

DECDATA のソースコードは、CD の ARCHIVE フォルダ内の SOURCE フォルダに保存されている。このコードの機能とサブルーチンは、他のプログラム言語に容易に書き換えることが可能である。

補足データ

本論文に関連する補足データは、[doi:10.1016/j.icrp.2008.10.001](https://doi.org/10.1016/j.icrp.2008.10.001) からオンラインで入手可能である。

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
1	Hydrogen 水素	H-3	12.32 y	B-	-	0.005	-	0.0057
			<i>He-3</i>	1.00				
4	Beryllium ベリリウム	Be-7	53.22 d	EC	-	<E-04	0.0499	0.0499
			<i>Li-7</i>	1.00				
		Be-10	1.51E+6 y	B-	-	0.2525	-	0.2525
			<i>B-10</i>	1.00				
6	Carbon 炭素	C-10	19.255 s	ECB+	-	0.8087	1.7443	2.5531
			<i>B-10</i>	1.00				
		C-11	20.39 m	ECB+	-	0.3847	1.0196	1.4043
		C-14	5.70E+3 y	B-	-	0.0495	-	0.0495
			<i>N-14</i>	1.00				
7	Nitrogen 窒素	N-13	9.965 m	ECB+	-	0.4909	1.0200	1.5109
			<i>C-13</i>	1.00				
		N-16	7.13 s	B-	-	2.7646	4.4932	7.2579
			<i>O-16</i>	1.00				
8	Oxygen 酸素	O-14	70.606 s	ECB+	-	0.7763	3.3201	4.0965
			<i>N-14</i>	1.00				
		O-15	122.24 s	ECB+	-	0.7347	1.0210	1.7557
		O-19	26.464 s	B-	-	1.7608	0.9397	2.7006
			<i>F-19</i>	1.00				
9	Fluorine フッ素	F-17	64.49 s	ECB+	-	0.7385	1.0208	1.7593
			<i>O-17</i>	1.00				
		F-18	109.77 m	ECB+	-	0.2416	0.9886	1.2302
			<i>O-18</i>	1.00				
10	Neon ネオン	Ne-19	17.22 s	ECB+	-	0.9624	1.0210	1.9834
			<i>F-19</i>	1.00				
		Ne-24	3.38 m	B-	-	0.8035	0.5419	1.3455
			<i>Na-24</i>	1.00				
11	Sodium ナトリウム	Na-22	2.6019 y	ECB+	-	0.1941	2.1926	2.3866
			<i>Ne-22</i>	1.00				
		Na-24	14.9590 h	B-	-	0.5538	4.1232	4.6770
			<i>Mg-24</i>	1.00				
12	Magnesium マグネシウム	Mg-27	9.458 m	B-	-	0.7021	0.8912	1.5933
			<i>Al-27</i>	1.00				
		Mg-28	20.915 h	B-	-	0.1610	1.3700	1.5310
			<i>Al-28</i>	1.00				
13	Aluminium アルミニウム	Al-26	7.17E+5 y	ECB+	-	0.4444	2.6751	3.1195
			<i>Mg-26</i>	1.00				

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
14	Silicon ケイ素	Al-28	2.2414 m	B-	-	1.2417	1.7789	3.0205	
			<i>Si-28</i>	1.00					
		Al-29	6.56 m	B-	-	0.9764	1.3794	2.3558	
			<i>Si-29</i>	1.00					
		Si-31	157.3 m	B-	-	0.5949	0.0009	0.5957	
			<i>P-31</i>	1.00					
15	Phosphorus リン	Si-32	132 y	B-	-	0.0686	-	0.0686	
			<i>P-32</i>	1.00					
		P-30	2.498 m	ECB+	-	1.4389	1.0222	2.4610	
			<i>Si-30</i>	1.00					
		P-32	14.263 d	B-	-	0.6948	-	0.6948	
			<i>S-32</i>	1.00					
16	Sulphur 硫黄	P-33	25.34 d	B-	-	0.0764	-	0.0764	
			<i>S-33</i>	1.00					
		S-35	87.51 d	B-	-	0.0487	-	0.0487	
			<i>Cl-35</i>	1.00					
		S-37	5.05 m	B-	-	0.7998	2.9311	3.7309	
			<i>Cl-37</i>	1.00					
17	Chlorine 塩素	S-38	170.3 m	B-	-	0.4898	1.6953	2.1851	
			<i>Cl-38</i>	1.00					
		Cl-34	1.5264 s	ECB+	-	2.0508	1.0212	3.0720	
			<i>S-34</i>	1.00					
		Cl-34m	32.00 m	ECB+IT	-	0.4596	2.1127	2.5722	
			<i>Cl-34</i>	4.4600E-01					
			<i>S-34</i>	5.5400E-01					
		Cl-36	3.01E+5 y	B-ECB+	-	0.2732	0.0001	0.2733	
			<i>Ar-36</i>	9.8100E-01					
			<i>S-36</i>	1.9000E-02					
			<i>Cl-38</i>	37.24 m	B-	-	1.5504	1.4430	2.9934
			<i>Ar-38</i>	1.00					
18	Argon アルゴン	Cl-39	55.6 m	B-	-	0.8246	1.4509	2.2755	
			<i>Ar-39</i>	1.00					
		Cl-40	1.35 m	B-	-	1.5265	4.0821	5.6085	
			<i>Ar-40</i>	1.00					
		Ar-37	35.04 d	EC	-	0.0023	0.0003	0.0025	
			<i>Cl-37</i>	1.00					
18	Argon アルゴン	Ar-39	269 y	B-	-	0.2188	-	0.2188	
			<i>K-39</i>	1.00					
		Ar-41	109.61 m	B-	-	0.4637	1.2836	1.7474	
		<i>K-41</i>	1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
19	Potassium カリウム	Ar-42	32.9 y	B-	-	0.2325	-	0.2325	
			K-42	1.00					
		Ar-43	5.37 m	B-	-	1.3570	1.5352	2.8921	
			K-43	1.00					
		Ar-44	11.87 m	B-	-	0.5245	1.9376	2.4621	
			K-44	1.00					
		K-38	7.636 m	ECB+	-	1.2107	3.1867	4.3974	
			Ar-38	1.00					
		K-40	1.251E+9 y	B-ECB+	-	0.5218	0.1567	0.6785	
			Ca-40	8.9140E-01					
			Ar-40	1.0860E-01					
			K-42	12.360 h	B-	-	1.4303	0.2787	1.7090
			Ca-42	1.00					
			K-43	22.3 h	B-	-	0.3097	0.9641	1.2739
			Ca-43	1.00					
			K-44	22.13 m	B-	-	1.4567	2.3846	3.8413
			Ca-44	1.00					
		20	Calcium カルシウム	K-45	17.3 m	B-	-	0.9959	1.8360
	Ca-45			1.00					
K-46	105 s			B-	-	2.3161	2.8710	5.1871	
	Ca-46			1.00					
Ca-41	1.02E+5 y			EC	-	0.0027	0.0005	0.0032	
	K-41			1.00					
Ca-45	162.67 d			B-	-	0.0772	<E-04	0.0772	
	Sc-45			1.00					
Ca-47	4.536 d			B-	-	0.3521	1.0521	1.4042	
	Sc-47			1.00					
21	Scandium スカンジウム	Ca-49	8.718 m	B-	-	0.8693	3.1675	4.0369	
			Sc-49	1.00					
		Sc-42m	62.0 s	ECB+	-	1.2565	4.2042	5.4607	
			Ca-42	1.00					
		Sc-43	3.891 h	ECB+	-	0.4195	0.9841	1.4035	
			Ca-43	1.00					
		Sc-44	3.97 h	ECB+	-	0.5961	2.1369	2.7330	
			Ca-44	1.00					
		Sc-44m	58.61 h	ITEC	-	0.0328	0.2743	0.3071	
			Sc-44	9.8800E-01					
	Ca-44	1.2000E-02							
	Sc-46	83.79 d	B-	-	0.1121	2.0096	2.1217		
	Ti-46	1.00							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
22	Titanium チタン	Sc-47	3.3492 d	B-	-	0.1624	0.1089	0.2713
			<i>Ti-47</i>	1.00				
		Sc-48	43.67 h	B-	-	0.2216	3.3529	3.5744
			<i>Ti-48</i>	1.00				
		Sc-49	57.2 m	B-	-	0.8177	0.0010	0.8188
			<i>Ti-49</i>	1.00				
		Sc-50	102.5 s	B-	-	1.6362	3.2022	4.8384
			<i>Ti-50</i>	1.00				
		Ti-44	60.0 y	EC	-	0.0108	0.1396	0.1504
			Sc-44	1.00				
		Ti-45	184.8 m	ECB+	-	0.3728	0.8703	1.2431
			<i>Sc-45</i>	1.00				
		Ti-51	5.76 m	B-	-	0.8692	0.3692	1.2383
			<i>V-51</i>	1.00				
23	Vanadium バナジウム	Ti-52	1.7 m	B-	-	0.7530	0.1282	0.8812
			<i>V-52</i>	1.00				
		V-47	32.6 m	ECB+	-	0.8027	0.9951	1.7978
			<i>Ti-47</i>	1.00				
		V-48	15.9735 d	ECB+	-	0.1526	2.9140	3.0666
			<i>Ti-48</i>	1.00				
		V-49	330 d	EC	-	0.0035	0.0009	0.0045
			<i>Ti-49</i>	1.00				
		V-50	1.50E+17 y	ECB-	-	0.0158	1.4235	1.4393
			<i>Ti-50</i>	8.3000E-01				
	<i>Cr-50</i>	1.7000E-01						
24	Chromium クロム	V-52	3.743 m	B-	-	1.0684	1.4449	2.5133
			<i>Cr-52</i>	1.00				
		V-53	1.61 m	B-	-	1.0048	1.0382	2.0430
			<i>Cr-53</i>	1.00				
		Cr-48	21.56 h	ECB+	-	0.0086	0.4363	0.4449
			V-48	1.00				
		Cr-49	42.3 m	ECB+	-	0.6047	1.0538	1.6584
			V-49	1.00				
Cr-51	27.7025 d	EC	-	0.0038	0.0329	0.0367		
	<i>V-51</i>	1.00						
Cr-55	3.497 m	B-	-	1.1007	0.0007	1.1013		
	<i>Mn-55</i>	1.00						
Cr-56	5.94 m	B-	-	0.6083	0.0918	0.7000		
	<i>Mn-56</i>	1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
25	Manganese マンガン	Mn-50m	1.75 m	ECB+	-	1.5243	4.6397	6.1640
			<i>Cr-50</i>	1.00				
		Mn-51	46.2 m	ECB+	-	0.9344	0.9977	1.9321
			Cr-51	1.00				
		Mn-52m	21.1 m	ECB+IT	-	1.1321	2.4086	3.5407
			Mn-52	1.7500E-02				
			<i>Cr-52</i>	9.8250E-01				
		Mn-52	5.591 d	ECB+	-	0.0750	3.4585	3.5335
			<i>Cr-52</i>	1.00				
		Mn-53	3.7E+6 y	EC	-	0.0040	0.0014	0.0053
			<i>Cr-53</i>	1.00				
		Mn-54	312.12 d	ECB+B-	-	0.0042	0.8360	0.8402
			<i>Cr-54</i>	1.00				
			<i>Fe-54</i>	2.9000E-06				
Mn-56	2.5789 h	B-	-	0.8299	1.6916	2.5215		
	<i>Fe-56</i>	1.00						
Mn-57	85.4 s	B-	-	1.1013	0.0996	1.2009		
	<i>Fe-57</i>	1.00						
Mn-58m	65.2 s	B-	-	1.7443	2.3854	4.1297		
	<i>Fe-58</i>	1.00						
26	Iron 鉄	Fe-52	8.275 h	ECB+	-	0.1917	0.7405	0.9322
			Mn-52m	1.00				
		Fe-53	8.51 m	ECB+	-	1.1013	1.1782	2.2795
			Mn-53	1.00				
		Fe-53m	2.526 m	IT	-	0.0023	3.0547	3.0570
			Fe-53	1.00				
		Fe-55	2.737 y	EC	-	0.0042	0.0017	0.0058
			<i>Mn-55</i>	1.00				
		Fe-59	44.495 d	B-	-	0.1179	1.1883	1.3062
			<i>Co-59</i>	1.00				
		Fe-60	1.5E+6 y	B-	-	0.0647	-	0.0647
			Co-60m	1.00				
		Fe-61	5.98 m	B-	-	1.0934	1.3910	2.4844
			Co-61	1.00				
Fe-62	68 s	B-	-	0.8258	0.5061	1.3319		
	Co-62	1.00						
27	Cobalt コバルト	Co-54m	1.48 m	ECB+	-	2.0484	3.9306	5.9790
			<i>Fe-54</i>	1.00				
		Co-55	17.53 h	ECB+	-	0.4312	1.9960	2.4272
			Fe-55	1.00				

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
28	Nickel ニッケル	Co-56	77.23 d	ECB+	-	0.1198	3.6404	3.7602
		<i>Fe-56</i>		1.00				
		Co-57	271.74 d	EC	-	0.0186	0.1252	0.1439
		<i>Fe-57</i>		1.00				
		Co-58	70.86 d	ECB+	-	0.0340	0.9749	1.0089
		<i>Fe-58</i>		1.00				
		Co-58m	9.04 h	IT	-	0.0229	0.0020	0.0249
		Co-58		1.00				
		Co-60	5.2713 y	B-	-	0.0969	2.5038	2.6007
		<i>Ni-60</i>		1.00				
		Co-60m	10.467 m	ITB-	-	0.0565	0.0067	0.0632
		Co-60		9.9760E-01				
		<i>Ni-60</i>		2.4000E-03				
		Co-61	1.650 h	B-	-	0.4664	0.0970	0.5634
		<i>Ni-61</i>		1.00				
		Co-62	1.50 m	B-	-	1.6336	1.6050	3.2386
		<i>Ni-62</i>		1.00				
		Co-62m	13.91 m	B-	-	1.0974	2.6923	3.7897
		<i>Ni-62</i>		1.00				
		Ni-56	6.075 d	ECB+	-	0.0073	1.7207	1.7280
Co-56		1.00						
Ni-57	35.60 h	ECB+	-	0.1571	1.9382	2.0953		
Co-57		1.00						
Ni-59	1.01E+5 y	ECB+	-	0.0045	0.0024	0.0069		
<i>Co-59</i>		1.00						
Ni-63	100.1 y	B-	-	0.0174	-	0.0174		
<i>Cu-63</i>		1.00						
Ni-65	2.51719 h	B-	-	0.6277	0.5583	1.1860		
<i>Cu-65</i>		1.00						
Ni-66	54.6 h	B-	-	0.0734	-	0.0734		
Cu-66		1.00						
29	Copper 銅	Cu-57	0.1963 s	ECB+	-	3.5987	1.1407	4.7394
		Ni-57		1.00				
		Cu-59	81.5 s	ECB+	-	1.4892	1.4451	2.9342
		Ni-59		1.00				
		Cu-60	23.7 m	ECB+	-	0.8975	3.9111	4.8087
		<i>Ni-60</i>		1.00				
		Cu-61	3.333 h	ECB+	-	0.3090	0.8237	1.1327
		<i>Ni-61</i>		1.00				

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
30	Zinc 亜鉛	Cu-62	9.673 m	ECB+	-	1.2843	1.0069	2.2912
		<i>Ni-62</i>		1.00				
		Cu-64	12.700 h	ECB+B-	-	0.1248	0.1855	0.3102
		<i>Ni-64</i>		6.1000E-01				
		<i>Zn-64</i>		3.9000E-01				
		Cu-66	5.120 m	B-	-	1.0664	0.0978	1.1642
		<i>Zn-66</i>		1.00				
		Cu-67	61.83 h	B-	-	0.1504	0.1154	0.2657
		<i>Zn-67</i>		1.00				
		Cu-69	2.85 m	B-	-	0.8863	0.5284	1.4147
		Zn-69		1.00				
		Zn-60	2.38 m	ECB+	-	1.1301	1.5282	2.6584
		Cu-60		1.00				
		Zn-61	89.1 s	ECB+	-	1.8571	1.5327	3.3898
		Cu-61		1.00				
		Zn-62	9.186 h	ECB+	-	0.0326	0.4431	0.4757
		Cu-62		1.00				
		Zn-63	38.47 m	ECB+	-	0.9204	1.0967	2.0171
		<i>Cu-63</i>		1.00				
		Zn-65	244.06 d	ECB+	-	0.0069	0.5819	0.5888
<i>Cu-65</i>		1.00						
Zn-69m	13.76 h	ITB-	-	0.0226	0.4162	0.4388		
Zn-69		9.9967E-01						
<i>Ga-69</i>		3.3000E-04						
Zn-69	56.4 m	B-	-	0.3216	<E-04	0.3216		
<i>Ga-69</i>		1.00						
Zn-71m	3.96 h	B-	-	0.5430	1.5606	2.1037		
<i>Ga-71</i>		1.00						
Zn-71	2.45 m	B-	-	1.0474	0.3150	1.3624		
<i>Ga-71</i>		1.00						
Zn-72	46.5 h	B-	-	0.1021	0.1519	0.2541		
<i>Ga-72</i>		1.00						
31	Gallium ガリウム	Ga-64	2.627 m	ECB+	-	1.7031	3.3726	5.0756
		<i>Zn-64</i>		1.00				
		Ga-65	15.2 m	ECB+	-	0.8158	1.1650	1.9808
		Zn-65		1.00				
		Ga-66	9.49 h	ECB+	-	0.9634	2.4944	3.4577
		<i>Zn-66</i>		1.00				
		Ga-67	3.2612 d	EC	-	0.0363	0.1595	0.1959
		<i>Zn-67</i>		1.00				

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
32	Germanium ゲルマニウム	Ga-68	67.71 m	ECB+	-	0.7379	0.9487	1.6866
		Zn-68		1.00				
		Ga-70	21.14 m	B-EC	-	0.6441	0.0073	0.6514
		Ge-70		9.9590E-01				
		Zn-70		4.1000E-03				
		Ga-72	14.10 h	B-	-	0.5060	2.7071	3.2131
		Ge-72		1.00				
		Ga-73	4.86 h	B-	-	0.4999	0.3520	0.8519
		Ge-73		1.00				
		Ga-74	8.12 m	B-	-	0.9945	3.1540	4.1486
		Ge-74		1.00				
		Ge-66	2.26 h	ECB+	-	0.0984	0.6780	0.7764
		Ga-66		1.00				
		Ge-67	18.9 m	ECB+	-	1.1688	1.4254	2.5942
		Ga-67		1.00				
		Ge-68	270.95 d	EC	-	0.0050	0.0041	0.0091
		Ga-68		1.00				
		Ge-69	39.05 h	ECB+	-	0.1203	0.9505	1.0708
		Ga-69		1.00				
		Ge-71	11.43 d	EC	-	0.0050	0.0042	0.0092
Ga-71		1.00						
Ge-75	82.78 m	B-	-	0.4206	0.0352	0.4558		
As-75		1.00						
Ge-77	11.30 h	B-	-	0.6493	1.0787	1.7280		
As-77		1.00						
Ge-78	88 m	B-	-	0.2273	0.2781	0.5053		
As-78		1.00						
33	Arsenic ヒ素	As-68	151.6 s	ECB+	-	1.9985	3.7113	5.7097
		Ge-68		1.00				
		As-69	15.23 m	ECB+	-	1.2182	1.1431	2.3613
		Ge-69		1.00				
		As-70	52.6 m	ECB+	-	0.8799	4.2528	5.1327
		Ge-70		1.00				
		As-71	65.28 h	ECB+	-	0.1167	0.5765	0.6932
		Ge-71		1.00				
		As-72	26.0 h	ECB+	-	1.0409	1.7832	2.8240
		Ge-72		1.00				
As-73	80.30 d	EC	-	0.0606	0.0159	0.0765		
Ge-73		1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
34	Selenium セレン	As-74	17.77 d	ECB+B-	-	0.2658	0.7582	1.0241
		<i>Ge-74</i>		6.6000E-01				
		<i>Se-74</i>		3.4000E-01				
		As-76	1.0778 d	B-	-	1.0670	0.4166	1.4836
		<i>Se-76</i>		1.00				
		As-77	38.83 h	B-	-	0.2258	0.0083	0.2342
		<i>Se-77</i>		1.00				
		As-78	90.7 m	B-	-	1.2460	1.3066	2.5525
		<i>Se-78</i>		1.00				
		As-79	9.01 m	B-	-	0.8771	0.0338	0.9109
		Se-79m		9.7188E-01				
		Se-79		2.8121E-02				
		Se-70	41.1 m	ECB+	-	0.2375	0.7211	0.9586
		As-70		1.00				
		Se-71	4.74 m	ECB+	-	1.3844	1.6056	2.9900
		As-71		1.00				
		Se-72	8.40 d	EC	-	0.0228	0.0343	0.0571
		As-72		1.00				
		Se-73	7.15 h	ECB+	-	0.3871	1.0924	1.4795
		As-73		1.00				
		Se-73m	39.8 m	ITECB+	-	0.1642	0.2633	0.4275
		Se-73		7.2600E-01				
		As-73		2.7400E-01				
		Se-75	119.779 d	EC	-	0.0144	0.3890	0.4034
		As-75		1.00				
		Se-77m	17.36 s	IT	-	0.0737	0.0888	0.1625
		<i>Se-77</i>		1.00				
		Se-79	2.95E+5 y	B-	-	0.0529	-	0.0529
		<i>Br-79</i>		1.00				
		Se-79m	3.92 m	ITB-	-	0.0820	0.0138	0.0957
Se-79		9.9944E-01						
<i>Br-79</i>		5.6000E-04						
Se-81	18.45 m	B-	-	0.6108	0.0080	0.6188		
<i>Br-81</i>		1.00						
Se-81m	57.28 m	ITB-	-	0.0871	0.0183	0.1054		
Se-81		9.9948E-01						
<i>Br-81</i>		5.2000E-04						
Se-83	22.3 m	B-	-	0.4528	2.6254	3.0782		
Br-83		1.00						
Se-83m	70.1 s	B-	-	1.2570	0.9849	2.2419		
Br-83		1.00						

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
35	Bromine 臭素	Se-84	3.1 m	B-	-	0.5499	0.4202	0.9701	
		Br-84		1.00					
		Br-72	78.6 s	ECB+	-	2.7880	2.9624	5.7504	
			Se-72		1.00				
			Br-73	3.4 m	ECB+	-	1.3434	1.4331	2.7765
			Se-73m		9.9881E-01				
			Se-73		1.1920E-03				
			Br-74	25.4 m	ECB+	-	1.0616	4.6130	5.6746
			Se-74		1.00				
			Br-74m	46 m	ECB+	-	1.2747	4.1467	5.4214
			Se-74		1.00				
			Br-75	96.7 m	ECB+	-	0.5283	1.1981	1.7263
			Se-75		1.00				
			Br-76	16.2 h	ECB+	-	0.6497	2.7933	3.4430
			Se-76		1.00				
			Br-76m	1.31 s	ITECB+	-	0.0690	0.0433	0.1123
			Br-76		9.9700E-01				
			Se-76		3.0000E-03				
			Br-77	57.036 h	ECB+	-	0.0094	0.3209	0.3303
			Se-77		1.00				
			Br-77m	4.28 m	IT	-	0.0876	0.0197	0.1073
			Br-77		1.00				
			Br-78	6.46 m	ECB+B-	-	1.0235	1.0336	2.0571
			Se-78		9.9990E-01				
			Kr-78		1.0000E-04				
			Br-80	17.68 m	B-ECB+	-	0.7247	0.0761	0.8007
			Kr-80		9.1700E-01				
			Se-80		8.3000E-02				
			Br-80m	4.4205 h	IT	-	0.0617	0.0242	0.0859
			Br-80		1.00				
			Br-82	35.30 h	B-	-	0.1454	2.6389	2.7844
			Kr-82		1.00				
	Br-82m	6.13 m	ITB-	-	0.0704	0.0081	0.0785		
	Br-82		9.7600E-01						
	Kr-82		2.4000E-02						
	Br-83	2.40 h	B-	-	0.3258	0.0069	0.3326		
	Kr-83m		9.9845E-01						
	Kr-83		1.5519E-03						
	Br-84	31.80 m	B-	-	1.2364	1.7595	2.9959		
	Kr-84		1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
36	Krypton クリプトン	Br-84m	6.0 m	B-	-	0.8983	2.7684	3.6667	
			<i>Kr-84</i>	1.00					
		Br-85	2.90 m	B-	-	1.0384	0.0660	1.1045	
			Kr-85m	9.9779E-01					
			Kr-85	2.2112E-03					
		Kr-74	11.50 m	ECB+	-	0.6006	1.0579	1.6585	
			Br-74	1.00					
		Kr-75	4.29 m	ECB+	-	1.5430	1.2800	2.8230	
			Br-75	1.00					
		Kr-76	14.8 h	EC	-	0.0154	0.4276	0.4430	
			Br-76	9.9189E-01					
			Br-76m	8.1144E-03					
		Kr-77	74.4 m	ECB+	-	0.6744	1.0384	1.7128	
			Br-77	9.0386E-01					
			Br-77m	9.6135E-02					
		Kr-79	35.04 h	ECB+	-	0.0237	0.2549	0.2786	
			<i>Br-79</i>	1.00					
		Kr-81	2.29E+5 y	EC	-	0.0052	0.0072	0.0124	
			<i>Br-81</i>	1.00					
		Kr-81m	13.10 s	ITEC	-	0.0596	0.1309	0.1905	
			Kr-81	9.9998E-01					
			<i>Br-81</i>	2.5000E-05					
		Kr-83m	1.83 h	IT	-	0.0388	0.0028	0.0416	
			<i>Kr-83</i>	1.00					
Kr-85	10.756 y	B-	-	0.2507	0.0022	0.2529			
	<i>Rb-85</i>	1.00							
Kr-85m	4.480 h	B-IT	-	0.2549	0.1574	0.4123			
	Kr-85	2.1400E-01							
	<i>Rb-85</i>	7.8600E-01							
Kr-87	76.3 m	B-	-	1.3281	0.7919	2.1201			
	Rb-87	1.00							
Kr-88	2.84 h	B-	-	0.3689	1.9538	2.3227			
	Rb-88	1.00							
Kr-89	3.15 m	B-	-	1.3705	1.9313	3.3018			
	Rb-89	1.00							
37	Rubidium ルビジウム	Rb-77	3.77 m	ECB+	-	1.6865	1.5452	3.2318	
			Kr-77	1.00					
		Rb-78	17.66 m	ECB+	-	1.2889	4.0918	5.3808	
		<i>Kr-78</i>	1.00						

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Rb-78m	5.74 m	ECB+IT	-	1.4992	3.2149	4.7141
			Rb-78	1.0000E-01				
			Kr-78	9.0000E-01				
		Rb-79	22.9 m	ECB+	-	0.8099	1.4493	2.2592
			Kr-79	1.00				
		Rb-80	33.4 s	ECB+	-	2.0455	1.1900	3.2355
			Kr-80	1.00				
		Rb-81	4.576 h	ECB+	-	0.1222	0.5081	0.6304
			Kr-81m	9.5691E-01				
			Kr-81	4.3091E-02				
		Rb-81m	30.5 m	ITECB+	-	0.0817	0.0303	0.1120
			Rb-81	9.7600E-01				
			Kr-81	2.3786E-02				
			Kr-81m	2.1355E-04				
		Rb-82	1.273 m	ECB+	-	1.4112	1.1083	2.5195
			Kr-82	1.00				
		Rb-82m	6.472 h	ECB+	-	0.0935	2.9212	3.0147
			Kr-82	1.00				
		Rb-83	86.2 d	EC	-	0.0083	0.4914	0.4997
			Kr-83m	7.4292E-01				
			Kr-83	2.5708E-01				
		Rb-84	32.77 d	ECB+B-	-	0.1633	0.9077	1.0710
			Kr-84	9.6200E-01				
			Sr-84	3.8000E-02				
		Rb-84m	20.26 m	IT	-	0.0813	0.3831	0.4644
			Rb-84	1.00				
		Rb-86	18.642 d	B-EC	-	0.6680	0.0930	0.7610
			Sr-86	9.9995E-01				
			Kr-86	5.2000E-05				
		Rb-86m	1.017 m	IT	-	0.0100	0.5461	0.5561
			Rb-86	1.00				
		Rb-87	4.923E10 y	B-	-	0.1154	-	0.1154
			Sr-87	1.00				
		Rb-88	17.78 m	B-	-	2.0720	0.6370	2.7089
			Sr-88	1.00				
		Rb-89	15.15 m	B-	-	0.9528	2.2430	3.1959
			Sr-89	1.00				
		Rb-90	158 s	B-	-	2.0443	2.0286	4.0729
			Sr-90	1.00				

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
38	Strontium ストロンチウム	Rb-90m	258 s	B-IT	-	1.4104	3.2406	4.6510
		Sr-90		9.7400E-01				
		Rb-90		2.6000E-02				
		Sr-79	2.25 m	ECB+	-	1.8572	1.1801	3.0373
		Rb-79		1.00				
		Sr-80	106.3 m	ECB+	-	0.0418	0.4371	0.4789
		Rb-80		1.00				
		Sr-81	22.3 m	ECB+	-	0.9743	1.3866	2.3609
		Rb-81		9.9856E-01				
		Rb-81m		1.4422E-03				
		Sr-82	25.36 d	EC	-	0.0054	0.0079	0.0132
		Rb-82		1.00				
		Sr-83	32.41 h	ECB+	-	0.1604	0.8213	0.9817
		Rb-83		1.00				
		Sr-85	64.84 d	EC	-	0.0089	0.5001	0.5090
		Rb-85		1.00				
		Sr-85m	67.63 m	ITECB+	-	0.0130	0.2177	0.2307
		Sr-85		8.6600E-01				
		Rb-85		1.3400E-01				
		Sr-87m	2.815 h	ITEC	-	0.0672	0.3202	0.3874
		Rb-87		3.0000E-03				
		Sr-87		9.9700E-01				
		Sr-89	50.53 d	B-	-	0.5845	<E-04	0.5846
		Y-89		1.00				
		Sr-90	28.79 y	B-	-	0.1957	-	0.1957
		Y-90		1.00				
		Sr-91	9.63 h	B-	-	0.6549	0.7072	1.3621
		Y-91m		5.8247E-01				
Y-91		4.1753E-01						
Sr-92	2.66 h	B-	-	0.2025	1.3368	1.5393		
Y-92		1.00						
Sr-93	7.423 m	B-	-	0.8094	2.2637	3.0731		
Y-93		1.00						
Sr-94	75.3 s	B-	-	0.8381	1.4270	2.2651		
Y-94		1.00						
39	Yttrium イットリウム	Y-81	70.4 s	ECB+	-	1.9658	1.1702	3.1360
		Sr-81		1.00				
		Y-83	7.08 m	ECB+	-	1.3138	1.3458	2.6596
		Sr-83		1.00				

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Y-83m	2.85 m	ECB+IT	-	0.8177	0.8370	1.6546
		Sr-83		6.0000E-01				
		Y-83		4.0000E-01				
		Y-84m	39.5 m	ECB+	-	1.2253	3.9751	5.2003
		Sr-84		1.00				
		Y-85	2.68 h	ECB+	-	0.4881	1.0795	1.5676
		Sr-85m		1.00				
		Y-85m	4.86 h	ECB+	-	0.5765	1.3242	1.9007
		Sr-85		9.6000E-01				
		Sr-85m		3.9998E-02				
		Y-86	14.74 h	ECB+	-	0.2179	3.5777	3.7956
		Sr-86		1.00				
		Y-86m	48 m	ITECB+	-	0.0243	0.2203	0.2446
		Y-86		9.9310E-01				
		Sr-86		6.9000E-03				
		Y-87	79.8 h	ECB+	-	0.0072	0.4462	0.4534
		Sr-87m		1.00				
		Y-87m	13.37 h	ITECB+	-	0.0794	0.3072	0.3866
		Y-87		9.8430E-01				
		Sr-87		1.5700E-02				
		Y-88	106.65 d	ECB+	-	0.0067	2.6950	2.7017
		Sr-88		1.00				
		Y-89m	15.663 s	IT	-	0.0077	0.9014	0.9091
		Y-89		1.00				
		Y-90	64.10 h	B-	-	0.9331	<E-04	0.9331
		Zr-90		1.00				
		Y-90m	3.19 h	ITB-	-	0.0470	0.6354	0.6823
		Y-90		9.9998E-01				
		Zr-90		1.8000E-05				
		Y-91	58.51 d	B-	-	0.6032	0.0031	0.6063
		Zr-91		1.00				
		Y-91m	49.71 m	IT	-	0.0279	0.5283	0.5562
		Y-91		1.00				
		Y-92	3.54 h	B-	-	1.4494	0.2517	1.7011
		Zr-92		1.00				
		Y-93	10.18 h	B-	-	1.1721	0.0961	1.2682
		Zr-93		1.00				
		Y-94	18.7 m	B-	-	1.8133	0.7725	2.5858
		Zr-94		1.00				

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
40	Zirconium ジルコニウム	Y-95	10.3 m	B-	-	1.4288	1.1080	2.5368
		Zr-95		1.00				
		Zr-85	7.86 m	ECB+	-	1.3252	1.4718	2.7970
		Y-85m		9.6841E-01				
		Y-85		3.1588E-02				
		Zr-86	16.5 h	ECB+	-	0.0310	0.2952	0.3263
		Y-86		1.00				
		Zr-87	1.68 h	ECB+	-	0.8218	0.9271	1.7488
		Y-87m		9.9704E-01				
		Y-87		2.9636E-03				
		Zr-88	83.4 d	EC	-	0.0160	0.3918	0.4078
		Y-88		1.00				
		Zr-89	78.41 h	ECB+	-	0.1019	1.1581	1.2600
		Y-89		1.00				
		Zr-89m	4.161 m	ITECB+	-	0.0318	0.6344	0.6662
		Zr-89		9.3770E-01				
		Y-89		6.2300E-02				
		Zr-93	1.53E+6 y	B-	-	0.0194	-	0.0194
		Nb-93m		9.7500E-01				
		Nb-93		2.5000E-02				
Zr-95	64.032 d	B-	-	0.1185	0.7321	0.8506		
Nb-95		9.8920E-01						
Nb-95m		1.0802E-02						
Zr-97	16.744 h	B-	-	0.7212	0.8792	1.6004		
Nb-97		1.00						
41	Niobium ニオブ	Nb-87	3.75 m	ECB+	-	1.7709	1.2202	2.9911
		Zr-87		1.00				
		Nb-88	14.5 m	ECB+	-	1.4555	4.2188	5.6743
		Zr-88		1.00				
		Nb-88m	7.78 m	ECB+	-	1.4589	4.1063	5.5652
		Zr-88		1.00				
		Nb-89	2.03 h	ECB+	-	1.0859	1.3668	2.4527
		Zr-89		9.8772E-01				
		Zr-89m		1.2278E-02				
		Nb-89m	66 m	ECB+	-	0.7855	1.3058	2.0913
		Zr-89m		1.00				
		Nb-90	14.60 h	ECB+	-	0.4032	4.2135	4.6167
Zr-90		1.00						
Nb-91	680 y	ECB+	-	0.0058	0.0118	0.0176		
Zr-91		1.00						

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
42	Molybdenum モリブデン	Nb-91m	60.86 d	ITECB+	-	0.0963	0.0340	0.1303	
			Nb-91	9.6600E-01					
			Zr-91	3.4000E-02					
			Nb-92	3.47E+7 y	EC	-	0.0079	1.5055	1.5133
				Zr-92	1.00				
			Nb-92m	10.15 d	ECB+	-	0.0065	0.9689	0.9753
				Zr-92	1.00				
			Nb-93m	16.13 y	IT	-	0.0294	0.0020	0.0314
				Nb-93	1.00				
			Nb-94	2.03E+4 y	B-	-	0.1684	1.5581	1.7265
				Mo-94	1.00				
			Nb-94m	6.263 m	ITB-	-	0.0356	0.0117	0.0473
				Nb-94	9.9500E-01				
				Mo-94	5.0000E-03				
			Nb-95	34.991 d	B-	-	0.0446	0.7645	0.8091
				Mo-95	1.00				
			Nb-95m	3.61 d	ITB-	-	0.1800	0.0697	0.2497
				Nb-95	9.4400E-01				
				Mo-95	5.6000E-02				
			Nb-96	23.35 h	B-	-	0.2534	2.4614	2.7149
				Mo-96	1.00				
			Nb-97	72.1 m	B-	-	0.4683	0.6650	1.1333
				Mo-97	1.00				
			Nb-98m	51.3 m	B-	-	0.7636	2.8177	3.5813
				Mo-98	1.00				
			Nb-99	15.0 s	B-	-	1.5132	0.1743	1.6875
				Mo-99	1.00				
			Nb-99m	2.6 m	B-IT	-	1.4148	0.7567	2.1714
				Mo-99	9.8000E-01				
				Nb-99	2.0000E-02				
		Mo-89	2.11 m	ECB+	-	1.9620	1.2173	3.1793	
		Nb-89	1.00						
		Mo-90	5.56 h	ECB+	-	0.2107	0.8331	1.0438	
		Nb-90	1.00						
		Mo-91	15.49 m	ECB+	-	1.4510	0.9773	2.4283	
		Nb-91	9.9966E-01						
		Nb-91m	3.4232E-04						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
43	Technetium テクネチウム	Mo-91m	64.6 s	ECB+IT	-	0.5559	1.3857	1.9416
		Nb-91m		5.0000E-01				
		Mo-91		5.0000E-01				
		Mo-93	4.0E+3 y	EC	-	0.0056	0.0107	0.0163
		Nb-93m		8.8000E-01				
		Nb-93		1.2000E-01				
		Mo-93m	6.85 h	ITEC	-	0.1045	2.3183	2.4228
		Mo-93		9.9880E-01				
		Nb-93		1.2000E-03				
		Mo-99	65.94 h	B-	-	0.3929	0.1484	0.5413
		Tc-99m		8.7730E-01				
		Tc-99		1.2270E-01				
		Mo-101	14.61 m	B-	-	0.5524	1.4706	2.0230
		Tc-101		1.00				
		Mo-102	11.3 m	B-	-	0.3509	0.0185	0.3694
		Tc-102		1.00				
		Tc-91	3.14 m	ECB+	-	1.6985	2.4847	4.1832
		Mo-91		9.9302E-01				
		Mo-91m		6.9789E-03				
		Tc-91m	3.3 m	ECB+	-	1.8871	1.4231	3.3102
		Mo-91m		9.7976E-01				
		Mo-91		2.0245E-02				
		Tc-92	4.25 m	ECB+	-	1.7984	3.8278	5.6263
		Mo-92		1.00				
		Tc-93	2.75 h	ECB+	-	0.0436	1.5686	1.6122
		Mo-93		1.00				
		Tc-93m	43.5 m	ITECB+	-	0.1015	0.9522	1.0537
		Tc-93		7.6600E-01				
		Mo-93		2.3400E-01				
		Tc-94	293 m	ECB+	-	0.0475	2.6608	2.7083
		Mo-94		1.00				
		Tc-94m	52.0 m	ECB+	-	0.7543	1.9567	2.7110
		Mo-94		1.00				
Tc-95	20.0 h	EC	-	0.0069	0.7965	0.8033		
Mo-95		1.00						
Tc-95m	61 d	ECB+IT	-	0.0154	0.6887	0.7042		
Tc-95		3.8800E-02						
Mo-95		9.6120E-01						
Tc-96	4.28 d	EC	-	0.0089	2.5032	2.5121		
Mo-96		1.00						

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
44	Ruthenium ルテニウム	Tc-96m	51.5 m	ITECB+	-	0.0269	0.0480	0.0749
		Tc-96		9.8000E-01				
		Mo-96		2.0000E-02				
		Tc-97	2.6E+6 y	EC	-	0.0055	0.0114	0.0169
		Mo-97		1.00				
		Tc-97m	90.1 d	IT	-	0.0869	0.0096	0.0964
		Tc-97		1.00				
		Tc-98	4.2E+6 y	B-	-	0.1415	1.4127	1.5542
		Ru-98		1.00				
		Tc-99	2.111E+5 y	B-	-	0.1013	<E-04	0.1013
		Ru-99		1.00				
		Tc-99m	6.015 h	ITB-	-	0.0162	0.1266	0.1428
		Tc-99		9.9996E-01				
		Ru-99		3.7000E-05				
		Tc-101	14.2 m	B-	-	0.4725	0.3367	0.8092
		Ru-101		1.00				
		Tc-102	5.28 s	B-	-	1.9441	0.0808	2.0249
		Ru-102		1.00				
		Tc-102m	4.35 m	B-IT	-	0.7902	2.4744	3.2646
		Tc-102		2.0000E-02				
		Ru-102		9.8000E-01				
		Tc-104	18.3 m	B-	-	1.6014	2.2453	3.8467
		Ru-104		1.00				
		Tc-105	7.6 m	B-	-	1.2708	0.7981	2.0690
		Ru-105		1.00				
		Ru-92	3.65 m	ECB+	-	0.7939	2.0844	2.8783
		Tc-92		1.00				
		Ru-94	51.8 m	ECB+	-	0.0085	0.5197	0.5282
		Tc-94m		1.00				
		Ru-95	1.643 h	ECB+	-	0.0831	1.2419	1.3249
Tc-95		9.7387E-01						
Tc-95m		2.6131E-02						
Ru-97	2.9 d	EC	-	0.0132	0.2408	0.2540		
Tc-97		9.9958E-01						
Tc-97m		4.2179E-04						
Ru-103	39.26 d	B-	-	0.0660	0.4962	0.5622		
Rh-103m		9.8755E-01						
Rh-103		1.2453E-02						
Ru-105	4.44 h	B-	-	0.4406	0.7480	1.1886		
Rh-105		1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
45	Rhodium ロジウム	Ru-106	373.59 d	B-	-	0.0100	-	0.0100
		Rh-106	1.00					
		Ru-107	3.75 m	B-	-	1.0704	0.3453	1.4157
		Rh-107	1.00					
		Ru-108	4.55 m	B-	-	0.4803	0.0626	0.5429
		Rh-108	1.00					
		Rh-94	70.6 s	ECB+	-	2.9012	3.7634	6.6645
		Ru-94	1.00					
		Rh-95	5.02 m	ECB+	-	0.8973	2.5603	3.4576
		Ru-95	1.00					
		Rh-95m	1.96 m	ITECB+	-	0.1822	0.8973	1.0794
		Rh-95	8.8000E-01					
		Ru-95	1.2000E-01					
		Rh-96	9.90 m	ECB+	-	0.7419	3.9266	4.6685
		Ru-96	1.00					
		Rh-96m	1.51 m	ITECB+	-	0.5673	1.2819	1.8492
		Rh-96	6.0000E-01					
		Ru-96	4.0000E-01					
		Rh-97	30.7 m	ECB+	-	0.5211	1.4448	1.9660
		Ru-97	1.00					
		Rh-97m	46.2 m	ECB+IT	-	0.1992	2.2017	2.4009
		Ru-97	9.4400E-01					
		Rh-97	5.6000E-02					
		Rh-98	8.7 m	ECB+	-	1.3371	1.8115	3.1486
		Ru-98	1.00					
		Rh-99	16.1 d	ECB+	-	0.0611	0.5627	0.6238
		Ru-99	1.00					
		Rh-99m	4.7 h	ECB+	-	0.0367	0.6511	0.6878
		Ru-99	1.00					
		Rh-100	20.8 h	ECB+	-	0.0494	2.7425	2.7920
Ru-100	1.00							
Rh-100m	4.6 m	ITECB+	-	0.0802	0.0637	0.1439		
Rh-100	9.8300E-01							
Ru-100	1.7000E-02							
Rh-101	3.3 y	EC	-	0.0267	0.2878	0.3145		
Ru-101	1.00							
Rh-101m	4.34 d	ECIT	-	0.0199	0.2877	0.3076		
Rh-101	6.4000E-02							
Ru-101	9.3600E-01							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
46	Palladium パラジウム	Rh-102	207 d	ECB+B-	-	0.1717	0.5060	0.6777
			<i>Ru-102</i>	7.8000E-01				
			<i>Pd-102</i>	2.2000E-01				
		Rh-102m	3.742 y	ECB+IT	-	0.0125	2.1536	2.1661
			Rh-102	2.3300E-03				
			<i>Ru-102</i>	9.9767E-01				
		Rh-103m	56.114 m	IT	-	0.0377	0.0017	0.0394
			<i>Rh-103</i>	1.00				
		Rh-104	42.3 s	B-EC	-	0.9823	0.0124	0.9947
			<i>Pd-104</i>	9.9550E-01				
			<i>Ru-104</i>	4.5000E-03				
		Rh-104m	4.34 m	ITB-	-	0.0846	0.0441	0.1287
			Rh-104	9.9870E-01				
			<i>Pd-104</i>	1.3000E-03				
		Rh-105	35.36 h	B-	-	0.1533	0.0773	0.2306
			<i>Pd-105</i>	1.00				
		Rh-106	29.80 s	B-	-	1.4111	0.2061	1.6172
			<i>Pd-106</i>	1.00				
		Rh-106m	131 m	B-	-	0.3492	2.8526	3.2018
			<i>Pd-106</i>	1.00				
		Rh-107	21.7 m	B-	-	0.4407	0.3133	0.7539
			Pd-107	1.00				
		Rh-108	16.8 s	B-	-	1.8209	0.3172	2.1381
			<i>Pd-108</i>	1.00				
		Rh-109	80 s	B-	-	0.9320	0.2995	1.2315
			Pd-109	1.00				
		Pd-96	122 s	ECB+	-	0.2257	1.4403	1.6660
			Rh-96m	1.00				
Pd-97	3.10 m	ECB+	-	0.7524	2.3813	3.1337		
	Rh-97	9.8838E-01						
	Rh-97m	1.1622E-02						
Pd-98	17.7 m	ECB+	-	0.0455	0.4154	0.4609		
	Rh-98	1.00						
Pd-99	21.4 m	ECB+	-	0.4499	1.2833	1.7331		
	Rh-99m	9.6647E-01						
	Rh-99	3.3529E-02						
Pd-100	3.63 d	EC	-	0.0455	0.1231	0.1686		
	Rh-100	1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
47	Silver 銀	Pd-101	8.47 h	ECB+	-	0.0328	0.3518	0.3846	
			Rh-101m	9.9730E-01					
			Rh-101	2.7000E-03					
		Pd-103	16.991 d	EC	-	0.0058	0.0146	0.0204	
			Rh-103m	9.9875E-01					
			<i>Rh-103</i>	1.2512E-03					
		Pd-107	6.5E+6 y	B-	-	0.0096	-	0.0096	
			<i>Ag-107</i>	1.00					
		Pd-109	13.7012 h	B-	-	0.4380	0.0118	0.4497	
			<i>Ag-109</i>	1.00					
		Pd-109m	4.69 m	IT	-	0.0777	0.1112	0.1889	
			Pd-109	1.00					
		Pd-111	23.4 m	B-	-	0.8409	0.0478	0.8887	
			Ag-111m	9.9756E-01					
			Ag-111	2.4368E-03					
		Pd-112	21.03 h	B-	-	0.0900	0.0051	0.0951	
			Ag-112	1.00					
		Pd-114	2.42 m	B-	-	0.5317	0.0259	0.5576	
			Ag-114	1.00					
		Ag-99	124 s	ECB+	-	1.3076	2.3092	3.6168	
			Pd-99	1.00					
		Ag-100m	2.24 m	ECB+	-	1.9068	2.8248	4.7316	
			Pd-100	1.00					
		Ag-101	11.1 m	ECB+	-	0.8396	1.5703	2.4099	
			Pd-101	1.00					
		Ag-102	12.9 m	ECB+	-	0.8430	3.4092	4.2522	
			<i>Pd-102</i>	1.00					
Ag-102m	7.7 m	ECB+IT	-	0.3964	1.9933	2.3897			
	Ag-102	4.9000E-01							
	<i>Pd-102</i>	5.1000E-01							
Ag-103	65.7 m	ECB+	-	0.1973	0.8440	1.0412			
	Pd-103	1.00							
Ag-104	69.2 m	ECB+	-	0.0917	2.7066	2.7982			
	<i>Pd-104</i>	1.00							
Ag-104m	33.5 m	ECB+IT	-	0.7331	1.8047	2.5377			
	Ag-104	7.0000E-04							
	<i>Pd-104</i>	9.9930E-01							
Ag-105	41.29 d	EC	-	0.0192	0.5138	0.5330			
	<i>Pd-105</i>	1.00							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Ag-105m	7.23 m	ITECB+	-	0.0252	0.0013	0.0265
		Ag-105		9.9660E-01				
		Pd-105		3.4000E-03				
		Ag-106	23.96 m	ECB+B-	-	0.4967	0.6996	1.1963
		Pd-106		9.9000E-01				
		Cd-106		1.0000E-02				
		Ag-106m	8.28 d	EC	-	0.0131	2.8091	2.8222
		Pd-106		1.00				
		Ag-108	2.37 m	B-ECB+	-	0.6071	0.0186	0.6256
		Cd-108		9.7150E-01				
		Pd-108		2.8500E-02				
		Ag-108m	418 y	ECIT	-	0.0159	1.6209	1.6368
		Ag-108		8.7000E-02				
		Pd-108		9.1300E-01				
		Ag-109m	39.6 s	IT	-	0.0770	0.0111	0.0880
		Ag-109		1.00				
		Ag-110	24.6 s	B-EC	-	1.1812	0.0307	1.2119
		Cd-110		9.9700E-01				
		Pd-110		3.0000E-03				
		Ag-110m	249.76 d	B-IT	-	0.0758	2.7606	2.8363
		Ag-110		1.3600E-02				
		Cd-110		9.8640E-01				
		Ag-111	7.45 d	B-	-	0.3539	0.0265	0.3804
		Cd-111		1.00				
		Ag-111m	64.8 s	ITB-	-	0.0568	0.0079	0.0646
		Ag-111		9.9300E-01				
		Cd-111		7.0000E-03				
		Ag-112	3.130 h	B-	-	1.3540	0.6905	2.0445
		Cd-112		1.00				
		Ag-113	5.37 h	B-	-	0.7614	0.0719	0.8333
		Cd-113		9.8261E-01				
		Cd-113m		1.7388E-02				
		Ag-113m	68.7 s	ITB-	-	0.2278	0.2134	0.4412
		Ag-113		6.4000E-01				
		Cd-113		3.6000E-01				
		Ag-114	4.6 s	B-	-	2.1091	0.2589	2.3681
		Cd-114		1.00				
		Ag-115	20.0 m	B-	-	1.0928	0.4831	1.5760
		Cd-115		9.4210E-01				
		Cd-115m		5.7870E-02				

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
48	Cadmium カドミウム	Ag-116	2.68 m	B-	-	1.7540	2.1473	3.9014	
			<i>Cd-116</i>	1.00					
		Ag-117	73.6 s	B-	-	1.2813	1.3028	2.5841	
			Cd-117	8.4703E-01					
			Cd-117m	1.5297E-01					
		Cd-101	1.36 m	ECB+	-	1.0685	2.4853	3.5538	
			Ag-101	1.00					
		Cd-102	5.5 m	ECB+	-	0.0756	0.8380	0.9136	
			Ag-102m	9.4624E-01					
			Ag-102	5.3762E-02					
		Cd-103	7.3 m	ECB+	-	0.3636	2.0891	2.4527	
			Ag-103	1.00					
		Cd-104	57.7 m	EC	-	0.0306	0.2513	0.2819	
			Ag-104m	1.00					
		Cd-105	55.5 m	ECB+	-	0.2167	1.2995	1.5161	
			Ag-105m	8.2963E-01					
			Ag-105	1.7037E-01					
		Cd-107	6.50 h	ECB+	-	0.0870	0.0337	0.1207	
			Ag-107	1.00					
		Cd-109	461.4 d	EC	-	0.0827	0.0265	0.1092	
			Ag-109	1.00					
		Cd-111m	48.50 m	IT	-	0.1066	0.2843	0.3908	
			<i>Cd-111</i>	1.00					
		Cd-113	7.7E+15 y	B-	-	0.0926	-	0.0926	
			<i>In-113</i>	1.00					
		Cd-113m	14.1 y	B-IT	-	0.1847	<E-04	0.1848	
			Cd-113	1.4000E-03					
			<i>In-113</i>	9.9860E-01					
		Cd-115	53.46 h	B-	-	0.3182	0.1926	0.5107	
			In-115m	1.00					
Cd-115m	44.6 d	B-	-	0.6045	0.0329	0.6374			
	In-115	9.9989E-01							
	In-115m	1.0578E-04							
Cd-117	2.49 h	B-	-	0.4379	1.0796	1.5175			
	In-117m	9.1507E-01							
	In-117	8.4933E-02							
Cd-117m	3.36 h	B-	-	0.2279	2.0437	2.2716			
	In-117	9.9002E-01							
	In-117m	9.9831E-03							
Cd-118	50.3 m	B-	-	0.1614	-	0.1614			
	In-118	1.00							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
49	Indium インジウム	Cd-119	2.69 m	B-	-	0.8186	1.6380	2.4566
		In-119m		9.0091E-01				
		In-119		9.9092E-02				
		Cd-119m	2.20 m	B-	-	0.6898	2.3021	2.9919
		In-119		9.9787E-01				
		In-119m		2.1328E-03				
		In-103	60 s	ECB+	-	1.5404	2.7528	4.2932
		Cd-103		1.00				
		In-105	5.07 m	ECB+	-	1.0358	1.9307	2.9666
		Cd-105		1.00				
		In-106m	5.2 m	ECB+	-	1.5889	2.8243	4.4132
		Cd-106		1.00				
		In-106	6.2 m	ECB+	-	1.0844	3.5541	4.6385
		Cd-106		1.00				
		In-107	32.4 m	ECB+	-	0.3263	1.5307	1.8570
		Cd-107		1.00				
		In-108m	39.6 m	ECB+	-	0.7021	2.7655	3.4675
		Cd-108		1.00				
		In-108	58.0 m	ECB+	-	0.1620	3.9164	4.0784
		Cd-108		1.00				
		In-109m	1.34 m	IT	-	0.0416	0.6085	0.6501
		In-109		1.00				
		In-109	4.2 h	ECB+	-	0.0334	0.6441	0.6775
		Cd-109		1.00				
		In-110m	69.1 m	ECB+	-	0.6282	1.5782	2.2065
		Cd-110		1.00				
		In-110	4.9 h	ECB+	-	0.0122	3.0972	3.1094
		Cd-110		1.00				
		In-111m	7.7 m	IT	-	0.0675	0.4706	0.5380
		In-111		1.00				
In-111	2.8047 d	EC	-	0.0348	0.4061	0.4409		
Cd-111m		4.9998E-05						
Cd-111		9.9995E-01						
In-112m	20.56 m	IT	-	0.1217	0.0347	0.1564		
In-112		1.00						
In-112	14.97 m	ECB+B-	-	0.2452	0.2675	0.5127		
Cd-112		5.6000E-01						
Sn-112		4.4000E-01						
In-113m	1.6579 h	IT	-	0.1361	0.2606	0.3967		
In-113		1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
50	Tin スズ	In-114m	49.51 d	ITEC	-	0.1450	0.0804	0.2254	
			In-114	9.6750E-01					
			Cd-114	3.2500E-02					
		In-114	71.9 s	B-ECB+	-	0.7740	0.0023	0.7764	
			Sn-114	9.9500E-01					
			Cd-114	5.0000E-03					
		In-115m	4.486 h	ITB-	-	0.1748	0.1627	0.3376	
			In-115	9.5000E-01					
			Sn-115	5.0000E-02					
		In-115	4.41E+14 y	B-	-	0.1526	-	0.1526	
			Sn-115	1.00					
		In-116m	54.41 m	B-	-	0.3128	2.4691	2.7819	
			Sn-116	1.00					
		In-117m	116.2 m	B-IT	-	0.4344	0.0910	0.5254	
			In-117	4.7100E-01					
			Sn-117	5.2900E-01					
		In-117	43.2 m	B-	-	0.2673	0.6939	0.9612	
			Sn-117m	3.5321E-03					
			Sn-117	9.9647E-01					
		In-118m	4.364 m	B-	-	0.6708	2.7765	3.4473	
			Sn-118	1.00					
		In-118	5.0 s	B-	-	1.8792	0.0778	1.9570	
			Sn-118	1.00					
		In-119m	18.0 m	B-IT	-	1.0221	0.0660	1.0882	
			In-119	5.6000E-02					
			Sn-119	9.4400E-01					
		In-119	2.4 m	B-	-	0.6148	0.7701	1.3849	
			Sn-119m	9.4773E-03					
			Sn-119	9.9052E-01					
		In-121m	3.88 m	B-IT	-	1.5288	0.0635	1.5922	
	Sn-121	9.8800E-01							
	In-121	1.2000E-02							
In-121	23.1 s	B-	-	0.9869	0.9266	1.9135			
	Sn-121	8.8650E-01							
	Sn-121m	1.1350E-01							
	Sn-106	1.92 m	ECB+	-	0.1279	1.2091	1.3370		
	In-106m	1.00							
	Sn-108	10.30 m	ECB+	-	0.0269	0.6847	0.7117		
	In-108m	1.00							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Sn-109	18.0 m	ECB+	-	0.0571	2.2063	2.2634
		In-109		7.1734E-01				
		In-109m		2.8266E-01				
		Sn-110	4.11 h	EC	-	0.0152	0.2918	0.3070
		In-110m		1.00				
		Sn-111	35.3 m	ECB+	-	0.1915	0.4903	0.6818
		In-111		9.9793E-01				
		In-111m		2.0745E-03				
		Sn-113m	21.4 m	ITEC	-	0.0588	0.0137	0.0725
		Sn-113		9.1100E-01				
		<i>In-113</i>		8.9000E-02				
		Sn-113	115.09 d	EC	-	0.0063	0.0237	0.0300
		In-113m		9.9998E-01				
		<i>In-113</i>		2.2352E-05				
		Sn-117m	13.76 d	IT	-	0.1616	0.1581	0.3197
		<i>Sn-117</i>		1.00				
		Sn-119m	293.1 d	IT	-	0.0781	0.0151	0.0932
		<i>Sn-119</i>		1.00				
		Sn-121m	43.9 y	ITB-	-	0.0354	0.0052	0.0405
		Sn-121		7.7600E-01				
		<i>Sb-121</i>		2.2400E-01				
		Sn-121	27.03 h	B-	-	0.1156	-	0.1156
		<i>Sb-121</i>		1.00				
		Sn-123m	40.06 m	B-	-	0.4788	0.1407	0.6196
		<i>Sb-123</i>		1.00				
		Sn-123	129.2 d	B-	-	0.5227	0.0069	0.5296
		<i>Sb-123</i>		1.00				
		Sn-125m	9.52 m	B-	-	0.8070	0.3464	1.1534
		Sb-125		1.00				
		Sn-125	9.64 d	B-	-	0.8037	0.3346	1.1383
		Sb-125		1.00				
		Sn-126	2.30E+5 y	B-	-	0.1380	0.0569	0.1949
		Sb-126m		1.00				
		Sn-127m	4.13 m	B-	-	1.1140	0.5686	1.6826
		Sb-127		1.00				
		Sn-127	2.10 h	B-	-	0.5199	1.9075	2.4274
		Sb-127		1.00				
		Sn-128	59.07 m	B-	-	0.2457	0.6041	0.8498
		Sb-128m		1.00				

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
51	Antimony アンチモン	Sn-129	2.23 m	B-	-	1.2576	1.0081	2.2657
		Sb-129	1.00					
		Sn-130m	1.7 m	B-	-	1.4040	0.8861	2.2901
		Sb-130	8.6005E-01					
		Sb-130m	1.3995E-01					
		Sn-130	3.72 m	B-	-	0.4612	0.9372	1.3984
		Sb-130m	1.00					
		Sb-111	75 s	ECB+	-	1.3640	1.4859	2.8499
		Sn-111	1.00					
		Sb-113	6.67 m	ECB+	-	0.7203	1.2683	1.9886
		Sn-113	7.7569E-01					
		Sn-113m	2.2431E-01					
		Sb-114	3.49 m	ECB+	-	1.2184	2.6893	3.9077
		<i>Sn-114</i>	1.00					
		Sb-115	32.1 m	ECB+	-	0.2342	0.8894	1.1236
		<i>Sn-115</i>	1.00					
		Sb-116	15.8 m	ECB+	-	0.5138	2.2788	2.7926
		<i>Sn-116</i>	1.00					
		Sb-116m	60.3 m	ECB+	-	0.1408	3.1029	3.2437
		<i>Sn-116</i>	1.00					
		Sb-117	2.80 h	ECB+	-	0.0298	0.1864	0.2162
		<i>Sn-117</i>	1.00					
		Sb-118	3.6 m	ECB+	-	0.8730	0.8039	1.6769
		<i>Sn-118</i>	1.00					
		Sb-118m	5.00 h	ECB+	-	0.0374	2.6130	2.6504
		<i>Sn-118</i>	1.00					
		Sb-119	38.19 h	EC	-	0.0258	0.0234	0.0492
		<i>Sn-119</i>	1.00					
		Sb-120	15.89 m	ECB+	-	0.3077	0.4521	0.7599
		<i>Sn-120</i>	1.00					
		Sb-120m	5.76 d	EC	-	0.0449	2.4663	2.5112
		<i>Sn-120</i>	1.00					
Sb-122	2.7238 d	B-ECB+	-	0.5618	0.4453	1.0072		
<i>Te-122</i>	9.7590E-01							
<i>Sn-122</i>	2.4100E-02							
Sb-122m	4.191 m	IT	-	0.0937	0.0707	0.1644		
Sb-122	1.00							
Sb-124	60.20 d	B-	-	0.3831	1.8531	2.2362		
<i>Te-124</i>	1.00							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
52	Tellurium テルル	Sb-124m	93 s	ITB-	-	0.1157	0.4401	0.5558	
			Sb-124	7.5000E-01					
			<i>Te-124</i>	2.5000E-01					
			Sb-124n	20.2 m	IT	-	0.0256	0.0004	0.0260
				Sb-124m	1.00				
			Sb-125	2.75856 y	B-	-	0.1010	0.4373	0.5383
				Te-125m	2.3136E-01				
				<i>Te-125</i>	7.6864E-01				
			Sb-126	12.35 d	B-	-	0.3545	2.7552	3.1097
				<i>Te-126</i>	1.00				
			Sb-126m	19.15 m	B-IT	-	0.6322	1.5483	2.1805
				Sb-126	1.4000E-01				
				<i>Te-126</i>	8.6000E-01				
			Sb-127	3.85 d	B-	-	0.3160	0.6934	1.0094
				Te-127	8.2320E-01				
				Te-127m	1.7680E-01				
			Sb-128	9.01 h	B-	-	0.4999	3.0934	3.5934
				<i>Te-128</i>	1.00				
			Sb-128m	10.4 m	B-IT	-	0.9580	1.9063	2.8643
				Sb-128	3.6000E-02				
				<i>Te-128</i>	9.6400E-01				
			Sb-129	4.40 h	B-	-	0.3953	1.4601	1.8553
				Te-129	7.7381E-01				
				Te-129m	2.2619E-01				
			Sb-130	39.5 m	B-	-	0.7579	3.2724	4.0303
				<i>Te-130</i>	1.00				
			Sb-130m	6.3 m	B-	-	1.0290	2.7077	3.7367
				<i>Te-130</i>	1.00				
			Sb-131	23.03 m	B-	-	0.5867	2.0733	2.6601
				Te-131	9.1793E-01				
		Te-131m	8.2067E-02						
	Sb-133	2.5 m	B-	-	0.6785	2.7434	3.4219		
		Te-133	8.2662E-01						
		Te-133m	1.7338E-01						
	Te-113	1.7 m	ECB+	-	1.7023	2.2208	3.9231		
		Sb-113	1.00						
	Te-114	15.2 m	ECB+	-	0.1551	1.2817	1.4368		
		Sb-114	1.00						
	Te-115	5.8 m	ECB+	-	0.8124	2.2449	3.0572		
		Sb-115	1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Te-115m	6.7 m	ECB+	-	0.6939	2.6041	3.2980
		Sb-115	1.00					
		Te-116	2.49 h	ECB+	-	0.0618	0.1122	0.1740
		Sb-116	1.00					
		Te-117	62 m	ECB+	-	0.2139	1.5492	1.7631
		Sb-117	1.00					
		Te-118	6.00 d	EC	-	0.0061	0.0199	0.0260
		Sb-118	1.00					
		Te-119	16.05 h	ECB+	-	0.0143	0.7679	0.7822
		Sb-119	1.00					
		Te-119m	4.70 d	ECB+	-	0.0180	1.5059	1.5239
		Sb-119	1.00					
		Te-121	19.16 d	EC	-	0.0098	0.5775	0.5872
		Sb-121	1.00					
		Te-121m	154 d	ITEC	-	0.0817	0.2176	0.2993
		Te-121	8.8600E-01					
		Sb-121	1.1400E-01					
		Te-123	6.00E+14 y	EC	-	0.0028	0.0004	0.0031
		Sb-123	1.00					
		Te-123m	119.25 d	IT	-	0.0990	0.1477	0.2467
		Te-123	1.00					
		Te-125m	57.40 d	IT	-	0.1091	0.0360	0.1451
		Te-125	1.00					
		Te-127	9.35 h	B-	-	0.2246	0.0049	0.2294
		I-127	1.00					
		Te-127m	109 d	ITB-	-	0.0824	0.0113	0.0937
		Te-127	9.7600E-01					
		I-127	2.4000E-02					
		Te-129	69.6 m	B-	-	0.5436	0.0625	0.6061
		I-129	1.00					
		Te-129m	33.6 d	ITB-	-	0.2709	0.0376	0.3085
		Te-129	6.3000E-01					
		I-129	3.7000E-01					
		Te-131	25.0 m	B-	-	0.7122	0.4200	1.1322
		I-131	1.00					
		Te-131m	30 h	B-IT	-	0.1870	1.4545	1.6415
		I-131	7.7800E-01					
		Te-131	2.2200E-01					
		Te-132	3.204 d	B-	-	0.1108	0.2344	0.3453
		I-132	1.00					

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
53	Iodine ヨウ素	Te-133	12.5 m	B-	-	0.6897	1.2007	1.8904
		I-133	1.00					
		Te-133m	55.4 m	B-IT	-	0.3880	1.8597	2.2477
		I-133	8.2500E-01					
		Te-133	1.7500E-01					
		Te-134	41.8 m	B-	-	0.2266	0.8714	1.0980
		I-134	1.00					
		I-118	13.7 m	ECB+	-	1.9645	2.0163	3.9809
		Te-118	1.00					
		I-118m	8.5 m	ECB+	-	1.1055	3.7513	4.8567
		Te-118	1.00					
		I-119	19.1 m	ECB+	-	0.5116	0.9110	1.4227
		Te-119	9.9046E-01					
		Te-119m	9.5421E-03					
		I-120	81.6 m	ECB+	-	1.1680	2.6611	3.8291
		Te-120	1.00					
		I-120m	53 m	ECB+	-	0.9070	3.5248	4.4318
		Te-120	1.00					
		I-121	2.12 h	ECB+	-	0.0665	0.3995	0.4660
		Te-121	9.9714E-01					
		Te-121m	2.8631E-03					
		I-122	3.63 m	ECB+	-	1.1055	0.9619	2.0674
		Te-122	1.00					
		I-123	13.27 h	EC	-	0.0282	0.1730	0.2012
		Te-123	9.9996E-01					
		Te-123m	4.4420E-05					
		I-124	4.1760 d	ECB+	-	0.1943	1.1132	1.3075
		Te-124	1.00					
		I-125	59.400 d	EC	-	0.0192	0.0428	0.0621
		Te-125	1.00					
I-126	12.93 d	ECB+B-	-	0.1606	0.4354	0.5959		
Te-126	5.2700E-01							
Xe-126	4.7300E-01							
I-128	24.99 m	B-ECB+	-	0.7463	0.0676	0.8139		
Xe-128	9.3100E-01							
Te-128	6.9000E-02							
I-129	1.57E+7 y	B-	-	0.0651	0.0252	0.0902		
Xe-129	1.00							
I-130	12.36 h	B-	-	0.2786	2.1372	2.4158		
Xe-130	1.00							

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
54	Xenon キセノン	I-130m	8.84 m	ITB-	-	0.1778	0.1097	0.2875	
			I-130	8.4000E-01					
			<i>Xe-130</i>	1.6000E-01					
		I-131	8.02070 d	B-	-	0.1918	0.3828	0.5746	
			Xe-131m	1.1759E-02					
			<i>Xe-131</i>	9.8824E-01					
		I-132	2.295 h	B-	-	0.4930	2.2645	2.7575	
			<i>Xe-132</i>	1.00					
		I-132m	1.387 h	ITB-	-	0.1614	0.3403	0.5018	
			I-132	8.6000E-01					
			<i>Xe-132</i>	1.4000E-01					
		I-133	20.8 h	B-	-	0.4142	0.6120	1.0262	
			Xe-133	9.7115E-01					
			Xe-133m	2.8846E-02					
		I-134	52.5 m	B-	-	0.5776	2.5953	3.1729	
			<i>Xe-134</i>	1.00					
		I-134m	3.60 m	ITB-	-	0.0913	0.2887	0.3800	
			I-134	9.7700E-01					
			<i>Xe-134</i>	2.3000E-02					
		I-135	6.57 h	B-	-	0.3465	1.5815	1.9280	
			Xe-135	8.3432E-01					
			Xe-135m	1.6568E-01					
			Xe-120	40 m	ECB+	-	0.0461	0.4015	0.4476
			I-120	1.00					
			Xe-121	40.1 m	ECB+	-	0.5819	1.4720	2.0539
			I-121	1.00					
			Xe-122	20.1 h	EC	-	0.0100	0.0684	0.0784
			I-122	1.00					
			Xe-123	2.08 h	ECB+	-	0.1875	0.6411	0.8286
			I-123	1.00					
	Xe-125	16.9 h	ECB+	-	0.0350	0.2723	0.3074		
	I-125	1.00							
	Xe-127	36.4 d	EC	-	0.0325	0.2806	0.3131		
	<i>I-127</i>	1.00							
	Xe-127m	69.2 s	IT	-	0.1293	0.1685	0.2978		
	Xe-127	1.00							
	Xe-129m	8.88 d	IT	-	0.1844	0.0517	0.2362		
	<i>Xe-129</i>	1.00							
	Xe-131m	11.84 d	IT	-	0.1470	0.0206	0.1676		
	<i>Xe-131</i>	1.00							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
55	Caesium セシウム	Xe-133	5.243 d	B-	-	0.1379	0.0474	0.1854
			<i>Cs-133</i>	1.00				
		Xe-133m	2.19 d	IT	-	0.1924	0.0410	0.2333
			Xe-133	1.00				
		Xe-135	9.14 h	B-	-	0.3208	0.2483	0.5691
			Cs-135	1.00				
		Xe-135m	15.29 m	ITB-	-	0.1008	0.4249	0.5257
			Xe-135	9.9400E-01				
			Cs-135	6.0000E-03				
		Xe-137	3.818 m	B-	-	1.6952	0.1908	1.8859
			Cs-137	1.00				
		Xe-138	14.08 m	B-	-	0.6596	1.1222	1.7818
			Cs-138	1.00				
		Cs-121	155 s	ECB+	-	1.7391	1.1733	2.9123
			Xe-121	1.00				
		Cs-121m	122 s	ECB+IT	-	1.3475	1.1821	2.5296
			Xe-121	8.3000E-01				
			Cs-121	1.7000E-01				
		Cs-123	5.88 m	ECB+	-	0.9509	1.0860	2.0369
			Xe-123	1.00				
		Cs-124	30.8 s	ECB+	-	1.9908	1.1607	3.1515
			<i>Xe-124</i>	1.00				
		Cs-125	45 m	ECB+	-	0.3524	0.7550	1.1075
			Xe-125	1.00				
		Cs-126	1.64 m	ECB+	-	1.3193	1.1545	2.4738
			<i>Xe-126</i>	1.00				
		Cs-127	6.25 h	ECB+	-	0.0293	0.4334	0.4627
			Xe-127	1.00				
		Cs-128	3.640 m	ECB+	-	0.8735	0.8917	1.7651
			<i>Xe-128</i>	1.00				
		Cs-129	32.06 h	ECB+	-	0.0175	0.2802	0.2977
			<i>Xe-129</i>	1.00				
Cs-130	29.21 m	ECB+B-	-	0.3869	0.5026	0.8894		
	<i>Xe-130</i>	9.8400E-01						
	<i>Ba-130</i>	1.6000E-02						
Cs-130m	3.46 m	ITEC	-	0.0937	0.0737	0.1674		
	Cs-130	9.9840E-01						
	<i>Xe-130</i>	1.6000E-03						
Cs-131	9.689 d	EC	-	0.0064	0.0232	0.0295		
	<i>Xe-131</i>	1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
56	Barium バリウム	Cs-132	6.479 d	ECB+B-	-	0.0143	0.7151	0.7294
			<i>Xe-132</i>	9.8130E-01				
			<i>Ba-132</i>	1.8700E-02				
		Cs-134	2.0648 y	B-EC	-	0.1639	1.5551	1.7190
			<i>Ba-134</i>	1.00				
			<i>Xe-134</i>	3.0000E-06				
		Cs-134m	2.903 h	IT	-	0.1122	0.0273	0.1394
			Cs-134	1.00				
		Cs-135	2.3E+6 y	B-	-	0.0894	-	0.0894
			<i>Ba-135</i>	1.00				
		Cs-135m	53 m	IT	-	0.0361	1.5972	1.6333
			Cs-135	1.00				
		Cs-136	13.16 d	B-	-	0.1449	2.1283	2.2732
			<i>Ba-136</i>	1.00				
		Cs-137	30.1671 y	B-	-	0.1884	<E-04	0.1884
			Ba-137m	9.4399E-01				
			<i>Ba-137</i>	5.6005E-02				
		Cs-138	33.41 m	B-	-	1.2462	2.3611	3.6073
			<i>Ba-138</i>	1.00				
		Cs-138m	2.91 m	ITB-	-	0.3201	0.4149	0.7350
			Cs-138	8.1000E-01				
			<i>Ba-138</i>	1.9000E-01				
		Cs-139	9.27 m	B-	-	1.6598	0.3030	1.9629
			Ba-139	1.00				
		Cs-140	63.7 s	B-	-	1.9361	1.7692	3.7054
			Ba-140	1.00				
		Ba-124	11.0 m	ECB+	-	0.1743	0.5728	0.7471
			Cs-124	1.00				
		Ba-126	100 m	ECB+	-	0.0178	0.5803	0.5981
			Cs-126	1.00				
Ba-127	12.7 m	ECB+	-	0.5971	0.7282	1.3253		
	Cs-127	1.00						
Ba-128	2.43 d	EC	-	0.0086	0.0665	0.0751		
	Cs-128	1.00						
Ba-129	2.23 h	ECB+	-	0.1270	0.3331	0.4601		
	Cs-129	1.00						
Ba-129m	2.16 h	ECB+	-	0.0419	1.5833	1.6252		
	Cs-129	1.00						
Ba-131	11.50 d	EC	-	0.0455	0.4763	0.5219		
	Cs-131	1.00						

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
57	Lanthanum ランタン	Ba-131m	14.6 m	IT	-	0.1102	0.0773	0.1875
			Ba-131	1.00				
		Ba-133	10.52 y	EC	-	0.0553	0.4030	0.4583
			Cs-133	1.00				
		Ba-133m	38.9 h	ITEC	-	0.2259	0.0686	0.2945
			Ba-133	9.9990E-01				
			Cs-133	9.6000E-05				
		Ba-135m	28.7 h	IT	-	0.2080	0.0602	0.2682
			Ba-135	1.00				
		Ba-137m	2.552 m	IT	-	0.0653	0.5963	0.6617
			Ba-137	1.00				
		Ba-139	83.06 m	B-	-	0.9012	0.0457	0.9470
			La-139	1.00				
		Ba-140	12.752 d	B-	-	0.3202	0.1826	0.5029
			La-140	1.00				
		Ba-141	18.27 m	B-	-	0.9624	0.9271	1.8895
			La-141	1.00				
		Ba-142	10.6 m	B-	-	0.4141	1.0469	1.4610
			La-142	1.00				
		La-128	5.18 m	ECB+	-	1.3340	2.8283	4.1623
			Ba-128	1.00				
		La-129	11.6 m	ECB+	-	0.6135	0.9212	1.5347
			Ba-129	9.2384E-01				
			Ba-129m	7.6164E-02				
		La-130	8.7 m	ECB+	-	1.1113	2.2324	3.3438
			Ba-130	1.00				
		La-131	59 m	ECB+	-	0.1963	0.6633	0.8596
			Ba-131	1.00				
		La-132	4.8 h	ECB+	-	0.5693	1.9952	2.5645
			Ba-132	1.00				
		La-132m	24.3 m	ITECB+	-	0.1126	0.6706	0.7832
			La-132	7.6000E-01				
	Ba-132	2.4000E-01						
La-133	3.912 h	ECB+	-	0.0503	0.1605	0.2108		
	Ba-133	1.00						
La-134	6.45 m	ECB+	-	0.7647	0.7196	1.4844		
	Ba-134	1.00						
La-135	19.5 h	ECB+	-	0.0067	0.0361	0.0428		
	Ba-135	1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
58	Cerium セリウム	La-136	9.87 m	ECB+	-	0.2941	0.4070	0.7011
		<i>Ba-136</i>		1.00				
		La-137	6.0E+4 y	EC	-	0.0065	0.0250	0.0315
		<i>Ba-137</i>		1.00				
		La-138	1.02E+11 y	ECB-	-	0.0377	1.2316	1.2693
		<i>Ba-138</i>		6.6400E-01				
		<i>Ce-138</i>		3.3600E-01				
		La-140	1.6781 d	B-	-	0.5346	2.3084	2.8429
		<i>Ce-140</i>		1.00				
		La-141	3.92 h	B-	-	0.9876	0.0268	1.0144
		<i>Ce-141</i>		1.00				
		La-142	91.1 m	B-	-	0.8697	2.3738	3.2435
		<i>Ce-142</i>		1.00				
		La-143	14.2 m	B-	-	1.2995	0.2631	1.5625
		<i>Ce-143</i>		1.00				
		Ce-130	22.9 m	ECB+	-	0.0738	0.5003	0.5741
		<i>La-130</i>		1.00				
		Ce-131	10.2 m	ECB+	-	0.6153	1.6267	2.2420
		<i>La-131</i>		1.00				
		Ce-132	3.51 h	EC	-	0.0180	0.2727	0.2908
		<i>La-132</i>		1.00				
		Ce-133	97 m	ECB+	-	0.3817	0.5430	0.9247
		<i>La-133</i>		1.00				
		Ce-133m	4.9 h	ECB+	-	0.0739	1.7373	1.8112
		<i>La-133</i>		1.00				
		Ce-134	3.16 d	EC	-	0.0072	0.0281	0.0353
		<i>La-134</i>		1.00				
		Ce-135	17.7 h	ECB+	-	0.0296	0.8237	0.8533
<i>La-135</i>		1.00						
Ce-137	9.0 h	ECB+	-	0.0165	0.0388	0.0553		
<i>La-137</i>		1.00						
Ce-137m	34.4 h	ITEC	-	0.2067	0.0558	0.2625		
<i>Ce-137</i>		9.9220E-01						
<i>La-137</i>		7.8000E-03						
Ce-139	137.641 d	EC	-	0.0355	0.1599	0.1954		
<i>La-139</i>		1.00						
Ce-141	32.508 d	B-	-	0.1710	0.0768	0.2478		
<i>Pr-141</i>		1.00						
Ce-143	33.039 h	B-	-	0.4364	0.2796	0.7159		
<i>Pr-143</i>		1.00						

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
59	Praseodymium プラセオジウム	Ce-144	284.91 d	B-	-	0.0916	0.0194	0.1110
		Pr-144		9.9023E-01				
		Pr-144m		9.7699E-03				
		Ce-145	3.01 m	B-	-	0.6794	0.8142	1.4937
		Pr-145		1.00				
		Pr-134	11 m	ECB+	-	1.0801	3.1504	4.2305
		Ce-134		1.00				
		Pr-134m	17 m	ECB+	-	1.5274	2.3101	3.8375
		Ce-134		1.00				
		Pr-135	24 m	ECB+	-	0.5793	0.8741	1.4534
		Ce-135		1.00				
		Pr-136	13.1 m	ECB+	-	0.7545	2.1458	2.9003
		Ce-136		1.00				
		Pr-137	1.28 h	ECB+	-	0.1947	0.3693	0.5640
		Ce-137		1.00				
		Pr-138	1.45 m	ECB+	-	1.1617	0.8153	1.9770
		Ce-138		1.00				
		Pr-138m	2.12 h	ECB+	-	0.2208	2.4776	2.6984
		Ce-138		1.00				
		Pr-139	4.41 h	ECB+	-	0.0478	0.1298	0.1777
		Ce-139		1.00				
		Pr-140	3.39 m	ECB+	-	0.5516	0.5467	1.0983
		Ce-140		1.00				
		Pr-142	19.12 h	B-EC	-	0.8098	0.0581	0.8679
		Nd-142		9.9984E-01				
		Ce-142		1.6400E-04				
		Pr-142m	14.6 m	IT	-	0.0036	0.0001	0.0037
		Pr-142		1.00				
		Pr-143	13.57 d	B-	-	0.3150	<E-04	0.3150
		Nd-143		1.00				
Pr-144	17.28 m	B-	-	1.2084	0.0289	1.2373		
Nd-144		1.00						
Pr-144m	7.2 m	ITB-	-	0.0475	0.0134	0.0608		
Pr-144		9.9930E-01						
Nd-144		7.0000E-04						
Pr-145	5.984 h	B-	-	0.6757	0.0186	0.6943		
Nd-145		1.00						
Pr-146	24.15 m	B-	-	1.3277	1.0105	2.3382		
Nd-146		1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
60	Neodymium ネオジウム	Pr-147	13.4 m	B-	-	0.8896	0.4887	1.3784
		Nd-147		1.00				
		Pr-148	2.29 m	B-	-	1.6637	0.9905	2.6542
		Nd-148		1.00				
		Pr-148m	2.01 m	B-	-	1.6807	0.9337	2.6144
		Nd-148		1.00				
		Nd-134	8.5 m	ECB+	-	0.1728	0.5421	0.7149
		Pr-134m		1.00				
		Nd-135	12.4 m	ECB+	-	1.0551	1.2617	2.3168
		Pr-135		1.00				
		Nd-136	50.65 m	ECB+	-	0.0805	0.2793	0.3598
		Pr-136		1.00				
		Nd-137	38.5 m	ECB+	-	0.3247	1.1789	1.5036
		Pr-137		1.00				
		Nd-138	5.04 h	EC	-	0.0082	0.0438	0.0520
		Pr-138		1.00				
		Nd-139	29.7 m	ECB+	-	0.2084	0.4431	0.6515
		Pr-139		1.00				
		Nd-139m	5.50 h	ECB+IT	-	0.0795	1.5852	1.6647
		Pr-139		8.8200E-01				
		Nd-139		1.1800E-01				
		Nd-140	3.37 d	EC	-	0.0069	0.0287	0.0357
		Pr-140		1.00				
		Nd-141	2.49 h	ECB+	-	0.0165	0.0765	0.0930
		Pr-141		1.00				
		Nd-141m	62.0 s	ITECB+	-	0.0622	0.6947	0.7569
Nd-141		9.9968E-01						
Pr-141		3.2000E-04						
Nd-144	2.29E+15 y	A	1.9052	-	-	1.9052		
Ce-140		1.00						
Nd-147	10.98 d	B-	-	0.2702	0.1408	0.4109		
Pm-147		1.00						
Nd-149	1.728 h	B-	-	0.5042	0.3713	0.8756		
Pm-149		1.00						
Nd-151	12.44 m	B-	-	0.6195	0.8518	1.4712		
Pm-151		1.00						
Nd-152	11.4 m	B-	-	0.3314	0.1644	0.4957		
Pm-152		1.00						
61	Promethium プロメチウム	Pm-136	107 s	ECB+	-	2.1436	2.7178	4.8614
		Nd-136		1.00				

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Pm-137m	2.4 m	ECB+	-	1.1120	1.7835	2.8955
		Nd-137		1.00				
		Pm-139	4.15 m	ECB+	-	1.0416	0.9390	1.9807
		Nd-139		1.00				
		Pm-140	9.2 s	ECB+	-	2.0432	1.0506	3.0937
		Nd-140		1.00				
		Pm-140m	5.95 m	ECB+	-	0.9932	3.0324	4.0256
		Nd-140		1.00				
		Pm-141	20.90 m	ECB+	-	0.6054	0.7349	1.3403
		Nd-141		9.9833E-01				
		Nd-141m		1.6651E-03				
		Pm-142	40.5 s	ECB+	-	1.3122	0.8561	2.1683
		<i>Nd-142</i>		1.00				
		Pm-143	265 d	EC	-	0.0083	0.3157	0.3240
		<i>Nd-143</i>		1.00				
		Pm-144	363 d	EC	-	0.0171	1.5631	1.5802
		Nd-144		1.00				
		Pm-145	17.7 y	ECA	<E-04	0.0126	0.0315	0.0441
		<i>Nd-145</i>		1.00				
		<i>Pr-141</i>		2.8000E-09				
		Pm-146	5.53 y	ECB-	-	0.0941	0.7512	0.8453
		Sm-146		3.4000E-01				
		<i>Nd-146</i>		6.6000E-01				
		Pm-147	2.6234 y	B-	-	0.0619	<E-04	0.0619
		Sm-147		1.00				
		Pm-148	5.368 d	B-	-	0.7284	0.5743	1.3028
		Sm-148		1.00				
		Pm-148m	41.29 d	B-IT	-	0.1699	1.9916	2.1615
		Sm-148		9.5800E-01				
		Pm-148		4.2000E-02				
		Pm-149	53.08 h	B-	-	0.3650	0.0119	0.3769
		<i>Sm-149</i>		1.00				
		Pm-150	2.68 h	B-	-	0.8101	1.4705	2.2806
		<i>Sm-150</i>		1.00				
		Pm-151	28.40 h	B-	-	0.3048	0.3289	0.6337
		Sm-151		1.00				
		Pm-152	4.12 m	B-	-	1.3283	0.2866	1.6149
		<i>Sm-152</i>		1.00				
		Pm-152m	7.52 m	B-	-	0.9055	1.5189	2.4244
		<i>Sm-152</i>		1.00				

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
62	Samarium サマリウム	Pm-153	5.25 m	B-	-	0.6881	0.0764	0.7645	
			Sm-153	1.00					
		Pm-154	1.73 m	B-	-	0.8706	1.7933	2.6638	
			Sm-154	1.00					
		Pm-154m	2.68 m	B-	-	0.9492	1.7996	2.7488	
			Sm-154	1.00					
		Sm-139	2.57 m	ECB+	-	1.0871	1.4540	2.5410	
			Pm-139	1.00					
		Sm-140	14.82 m	ECB+	-	0.1710	0.5677	0.7387	
			Pm-140	1.00					
		Sm-141	10.2 m	ECB+	-	0.7126	1.4089	2.1215	
			Pm-141	1.00					
		Sm-141m	22.6 m	ECB+IT	-	0.3995	1.9494	2.3489	
			Pm-141	9.9690E-01					
			Sm-141	3.1000E-03					
		Sm-142	72.49 m	ECB+	-	0.0446	0.1105	0.1551	
			Pm-142	1.00					
		Sm-143	8.75 m	ECB+	-	0.4978	0.5289	1.0267	
			Pm-143	1.00					
		Sm-143m	66 s	ITECB+	-	0.0720	0.6844	0.7564	
			Sm-143	9.9760E-01					
			Pm-143	2.4000E-03					
		Sm-145	340 d	EC	-	0.0307	0.0642	0.0950	
			Pm-145	1.00					
		Sm-146	1.03E+8 y	A	2.5290	-	-	2.5290	
			Nd-142	1.00					
		Sm-147	1.060E11 y	A	2.3105	-	-	2.3105	
			Nd-143	1.00					
		Sm-148	7E+15 y	A	1.9860	-	-	1.9860	
			Nd-144	1.00					
Sm-151	90 y	B-	-	0.0200	<E-04	0.0200			
	Eu-151	1.00							
Sm-153	46.50 h	B-	-	0.2699	0.0643	0.3341			
	Eu-153	1.00							
Sm-155	22.3 m	B-	-	0.5674	0.1029	0.6703			
	Eu-155	1.00							
Sm-156	9.4 h	B-	-	0.2093	0.1150	0.3242			
	Eu-156	1.00							
Sm-157	8.03 m	B-	-	0.8750	0.4142	1.2892			
	Eu-157	1.00							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
63	Europium ユウロピウム	Eu-142	2.34 s	ECB+	-	2.7670	1.1970	3.9641	
				Sm-142	1.00				
		Eu-142m	1.223 m	ECB+	-	1.7683	3.4305	5.1987	
				Sm-142	1.00				
		Eu-143	2.59 m	ECB+	-	1.3676	1.1227	2.4903	
				Sm-143	9.9879E-01				
				Sm-143m	1.2069E-03				
		Eu-144	10.2 s	ECB+	-	2.0761	1.0917	3.1678	
				<i>Sm-144</i>	1.00				
		Eu-145	5.93 d	ECB+	-	0.0254	1.2798	1.3052	
				Sm-145	1.00				
		Eu-146	4.61 d	ECB+	-	0.0455	2.4007	2.4462	
				Sm-146	1.00				
		Eu-147	24.1 d	ECB+A	<E-04	0.0431	0.4721	0.5152	
				Sm-147	9.9998E-01				
				Pm-143	2.2000E-05				
		Eu-148	54.5 d	ECB+A	<E-04	0.0224	2.2287	2.2511	
				Sm-148	1.00				
				Pm-144	9.4000E-09				
		Eu-149	93.1 d	EC	-	0.0241	0.0661	0.0902	
				<i>Sm-149</i>	1.00				
		Eu-150	36.9 y	ECB+	-	0.0285	1.5554	1.5839	
				<i>Sm-150</i>	1.00				
		Eu-150m	12.8 h	B-ECB+	-	0.3122	0.0494	0.3615	
				Gd-150	8.9000E-01				
				<i>Sm-150</i>	1.1000E-01				
		Eu-152	13.537 y	ECB+B-	-	0.1286	1.1759	1.3045	
				Gd-152	2.7900E-01				
				<i>Sm-152</i>	7.2100E-01				
		Eu-152m	9.3116 h	B-ECB+	-	0.5060	0.2963	0.8023	
		Gd-152	7.2000E-01						
		<i>Sm-152</i>	2.8000E-01						
Eu-152n	96 m	IT	-	0.0666	0.0753	0.1419			
		Eu-152	1.00						
Eu-154	8.593 y	B-EC	-	0.2730	1.2493	1.5223			
		<i>Gd-154</i>	9.9980E-01						
		<i>Sm-154</i>	2.0000E-04						
Eu-154m	46.0 m	IT	-	0.0745	0.0706	0.1451			
		Eu-154	1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
64	Gadolinium ガドリニウム	Eu-155	4.7611 y	B-	-	0.0647	0.0612	0.1259
			<i>Gd-155</i>	1.00				
		Eu-156	15.19 d	B-	-	0.4579	1.2342	1.6920
			<i>Gd-156</i>	1.00				
		Eu-157	15.18 h	B-	-	0.3961	0.2930	0.6891
			<i>Gd-157</i>	1.00				
		Eu-158	45.9 m	B-	-	0.8920	1.2978	2.1898
			<i>Gd-158</i>	1.00				
		Eu-159	18.1 m	B-	-	0.8923	0.3032	1.1954
			Gd-159	1.00				
		Gd-142	70.2 s	ECB+	-	0.7390	1.0432	1.7822
			Eu-142	1.00				
		Gd-143m	110.0 s	ECB+	-	1.2854	2.1211	3.4065
			Eu-143	1.00				
		Gd-144	4.47 m	ECB+	-	0.5858	0.9086	1.4944
			Eu-144	1.00				
		Gd-145	23.0 m	ECB+	-	0.3456	2.4236	2.7692
			Eu-145	1.00				
		Gd-145m	85 s	ITECB+	-	0.1927	0.6814	0.8741
			Gd-145	9.4300E-01				
			Eu-145	5.7000E-02				
		Gd-146	48.27 d	EC	-	0.1274	0.2526	0.3800
			Eu-146	1.00				
		Gd-147	38.1 h	ECB+	-	0.0617	1.4030	1.4647
			Eu-147	1.00				
		Gd-148	74.6 y	A	3.2712	-	-	3.2712
			<i>Sm-144</i>	1.00				
		Gd-149	9.28 d	ECB+	-	0.0686	0.5292	0.5978
			Eu-149	1.00				
		Gd-150	1.79E+6 y	A	2.8090	-	-	2.8090
	Sm-146	1.00						
Gd-151	124 d	ECA	<E-04	0.0394	0.0708	0.1102		
	Sm-147	1.0000E-08						
	<i>Eu-151</i>	1.0000E+00						
Gd-152	1.08E+14 y	A	2.2046	-	-	2.2046		
	Sm-148	1.00						
Gd-153	240.4 d	EC	-	0.0438	0.1057	0.1494		
	<i>Eu-153</i>	1.00						
Gd-159	18.479 h	B-	-	0.3096	0.0539	0.3635		
	<i>Tb-159</i>	1.00						

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
65	Terbium テルビウム	Gd-162	8.4 m	B-	-	0.3387	0.4170	0.7557
		Tb-162		1.00				
		Tb-146	23 s	ECB+	-	1.4644	3.6256	5.0900
			Gd-146		1.00			
		Tb-147	1.64 h	ECB+	-	0.2810	2.1845	2.4655
			Gd-147		1.00			
		Tb-147m	1.87 m	ECB+	-	0.3196	1.9116	2.2312
			Gd-147		1.00			
		Tb-148	60 m	ECB+	-	0.8411	2.3590	3.2001
			Gd-148		1.00			
		Tb-148m	2.20 m	ECB+	-	0.3106	3.1390	3.4495
			Gd-148		1.00			
		Tb-149	4.118 h	ECB+A	0.6810	0.0871	1.3612	2.1292
			Gd-149		8.3300E-01			
			Eu-145		1.6700E-01			
		Tb-149m	4.16 m	ECB+A	0.0009	0.2091	1.3748	1.5847
			Gd-149		9.9978E-01			
			Eu-145		2.2000E-04			
		Tb-150	3.48 h	ECB+A	<E-04	0.2890	2.4403	2.7293
			Gd-150		1.00			
			Eu-146		7.0000E-06			
		Tb-150m	5.8 m	ECB+	-	0.1267	2.5202	2.6470
			Gd-150		1.00			
		Tb-151	17.609 h	ECB+A	0.0003	0.0800	0.9941	1.0744
			Gd-151		1.00			
			Eu-147		9.5000E-05			
		Tb-151m	25 s	ITECB+	-	0.0793	0.0808	0.1601
			Tb-151		9.3400E-01			
			Gd-151		6.6000E-02			
		Tb-152	17.5 h	ECB+	-	0.2503	1.4932	1.7436
			Gd-152		1.00			
		Tb-152m	4.2 m	ITECB+	-	0.1520	0.7619	0.9139
	Tb-152		7.8800E-01					
	Gd-152		2.1200E-01					
Tb-153	2.34 d	ECB+	-	0.0481	0.3318	0.3800		
	Gd-153		1.00					
Tb-154	21.5 h	ECB+	-	0.0681	2.2831	2.3512		
	Gd-154		1.00					
Tb-155	5.32 d	EC	-	0.0434	0.1777	0.2211		
	Gd-155		1.00					

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Tb-156	5.35 d	EC	-	0.0835	1.9371	2.0206
		<i>Gd-156</i>		1.00				
		Tb-156m	24.4 h	IT	-	0.0171	0.0370	0.0540
		Tb-156		1.00				
		Tb-156n	5.3 h	IT	-	0.0874	0.0048	0.0922
		Tb-156		1.00				
		Tb-157	71 y	EC	-	0.0057	0.0057	0.0114
		<i>Gd-157</i>		1.00				
		Tb-158	180 y	ECB-	-	0.1117	0.8048	0.9165
		<i>Gd-158</i>		8.3400E-01				
		<i>Dy-158</i>		1.6600E-01				
		Tb-160	72.3 d	B-	-	0.2593	1.1264	1.3856
		<i>Dy-160</i>		1.00				
		Tb-161	6.906 d	B-	-	0.2025	0.0365	0.2390
		<i>Dy-161</i>		1.00				
		Tb-162	7.60 m	B-	-	0.5327	1.1066	1.6393
		<i>Dy-162</i>		1.00				
		Tb-163	19.5 m	B-	-	0.3597	0.7887	1.1484
		<i>Dy-163</i>		1.00				
		Tb-164	3.0 m	B-	-	0.8249	2.4455	3.2704
		<i>Dy-164</i>		1.00				
		Tb-165	2.11 m	B-	-	0.8966	0.8363	1.7330
		Dy-165m		8.9028E-01				
		Dy-165		1.0972E-01				
66	Dysprosium	Dy-148	3.3 m	ECB+	-	0.0278	0.7170	0.7448
	ジスプロシウム	Tb-148		1.00				
		Dy-149	4.20 m	ECB+	-	0.1120	1.6222	1.7342
		Tb-149		5.6682E-01				
		Tb-149m		4.3318E-01				
		Dy-150	7.17 m	ECB+A	1.5664	0.0070	0.2785	1.8519
		Tb-150		6.4000E-01				
		Gd-146		3.6000E-01				
		Dy-151	17.9 m	ECB+A	0.2341	0.0653	1.3723	1.6717
		Tb-151		5.3377E-01				
		Tb-151m		4.1023E-01				
		Gd-147		5.6000E-02				
		Dy-152	2.38 h	ECA	0.0037	0.0130	0.2867	0.3034
		Tb-152		9.9900E-01				
		Gd-148		1.0000E-03				

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
67	Holmium ホルミウム	Dy-153	6.4 h	ECB+A	0.0003	0.0901	0.8746	0.9651
		Tb-153		1.00				
		Gd-149		9.4000E-05				
		Dy-154	3.0E+6 y	A	2.9470	-	-	2.9470
		Gd-150		1.00				
		Dy-155	9.9 h	ECB+	-	0.0272	0.6687	0.6959
		Tb-155		1.00				
		Dy-157	8.14 h	EC	-	0.0138	0.3472	0.3610
		Tb-157		1.00				
		Dy-159	144.4 d	EC	-	0.0131	0.0456	0.0587
		Tb-159		1.00				
		Dy-165	2.334 h	B-	-	0.4473	0.0267	0.4740
		Ho-165		1.00				
		Dy-165m	1.257 m	ITB-	-	0.1049	0.0192	0.1240
		Dy-165		9.7760E-01				
		Ho-165		2.2400E-02				
		Dy-166	81.6 h	B-	-	0.1667	0.0433	0.2100
		Ho-166		1.00				
		Dy-167	6.20 m	B-	-	0.7262	0.5326	1.2589
		Ho-167		1.00				
		Dy-168	8.7 m	B-	-	0.4332	0.3948	0.8280
		Ho-168		1.00				
		Ho-150	76.8 s	ECB+	-	1.9857	1.8843	3.8701
		Dy-150		1.00				
		Ho-153	2.01 m	ECB+A	0.0020	0.5387	1.0281	1.5689
		Dy-153		9.9949E-01				
		Tb-149m		5.1000E-04				
		Ho-153m	9.3 m	ECB+A	0.0074	0.6952	1.0618	1.7644
		Dy-153		9.9820E-01				
		Tb-149		1.8000E-03				
Ho-154	11.76 m	ECB+A	0.0008	1.0927	1.8817	2.9752		
Dy-154		9.9981E-01						
Tb-150		1.9000E-04						
Ho-154m	3.10 m	ECB+A	<E-04	0.5434	2.4367	2.9801		
Dy-154		1.00						
Tb-150m		1.0000E-05						
Ho-155	48 m	ECB+	-	0.2176	0.6142	0.8318		
Dy-155		1.00						
Ho-156	56 m	ECB+	-	0.6655	2.1064	2.7719		
Dy-156		1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
68	Erbium エルビウム	Ho-157	12.6 m	ECB+	-	0.0929	0.5835	0.6764	
			Dy-157	1.00					
		Ho-159	33.05 m	ECB+	-	0.0576	0.3857	0.4433	
			Dy-159	1.00					
		Ho-160	25.6 m	ECB+	-	0.0703	1.6950	1.7653	
			Dy-160	1.00					
		Ho-161	2.48 h	EC	-	0.0336	0.0582	0.0918	
			Dy-161	1.00					
		Ho-162	15.0 m	ECB+	-	0.0598	0.1640	0.2239	
			Dy-162	1.00					
		Ho-162m	67.0 m	ITECB+	-	0.0739	0.5614	0.6353	
			Ho-162	6.2000E-01					
			Dy-162	3.8000E-01					
		Ho-163	4570 y	EC	-	0.0005	<E-04	0.0006	
			Dy-163	1.00					
		Ho-164	29 m	ECB-	-	0.1470	0.0297	0.1768	
			Dy-164	6.0000E-01					
			Er-164	4.0000E-01					
		Ho-164m	38.0 m	IT	-	0.0926	0.0472	0.1399	
			Ho-164	1.00					
		Ho-166	26.80 h	B-	-	0.6963	0.0301	0.7264	
			Er-166	1.00					
		Ho-166m	1.20E+3 y	B-	-	0.1497	1.6249	1.7746	
			Er-166	1.00					
		Ho-167	3.1 h	B-	-	0.2329	0.3661	0.5990	
			Er-167	1.00					
		Ho-168	2.99 m	B-	-	0.8138	0.8762	1.6901	
			Er-168	1.00					
		Ho-168m	132 s	IT	-	0.0518	0.0073	0.0590	
			Ho-168	1.00					
Ho-170	2.76 m	B-	-	0.8366	1.7041	2.5407			
	Er-170	1.00							
	Er-154	3.73 m	ECB+A	0.0201	0.0376	0.0759	0.1336		
	Ho-154	9.9530E-01							
	Dy-150	4.7000E-03							
	Er-156	19.5 m	EC	-	0.0943	0.0678	0.1621		
	Ho-156	1.00							
	Er-159	36 m	ECB+	-	0.0738	0.9635	1.0373		
	Ho-159	1.00							
	Er-161	3.21 h	ECB+	-	0.0522	0.9905	1.0427		
	Ho-161	1.00							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
69	Thulium ツリウム	Er-163	75.0 m	ECB+	-	0.0081	0.0403	0.0484
			Ho-163	1.00				
		Er-165	10.36 h	EC	-	0.0080	0.0379	0.0459
			Ho-165	1.00				
		Er-167m	2.269 s	IT	-	0.1111	0.0967	0.2078
			Er-167	1.00				
		Er-169	9.40 d	B-	-	0.1035	<E-04	0.1035
			Tm-169	1.00				
		Er-171	7.516 h	B-	-	0.4205	0.3731	0.7936
			Tm-171	1.00				
		Er-172	49.3 h	B-	-	0.1387	0.5166	0.6552
			Tm-172	1.00				
		Er-173	1.434 m	B-	-	0.7213	0.8313	1.5526
			Tm-173	1.00				
		Tm-161	30.2 m	ECB+	-	0.2308	1.2992	1.5300
			Er-161	1.00				
		Tm-162	21.70 m	ECB+	-	0.5648	1.9155	2.4803
			Er-162	1.00				
		Tm-163	1.810 h	ECB+	-	0.0716	1.3200	1.3916
			Er-163	1.00				
		Tm-164	2.0 m	ECB+	-	0.5994	0.7760	1.3754
			Er-164	1.00				
		Tm-165	30.06 h	ECB+	-	0.0637	0.5625	0.6262
			Er-165	1.00				
		Tm-166	7.70 h	ECB+	-	0.0892	1.9768	2.0660
			Er-166	1.00				
		Tm-167	9.25 d	EC	-	0.1332	0.1482	0.2814
			Er-167	1.00				
		Tm-168	93.1 d	ECB+B-	-	0.0847	1.2432	1.3279
			Er-168	9.9990E-01				
			Yb-168	1.0000E-04				
		Tm-170	128.6 d	B-EC	-	0.3280	0.0041	0.3321
	Yb-170	9.9869E-01						
	Er-170	1.3100E-03						
Tm-171	1.92 y	B-	-	0.0255	0.0006	0.0261		
	Yb-171	1.00						
Tm-172	63.6 h	B-	-	0.5327	0.4744	1.0072		
	Yb-172	1.00						
Tm-173	8.24 h	B-	-	0.3103	0.3885	0.6988		
	Yb-173	1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
70	Ytterbium イッテルビウム	Tm-174	5.4 m	B-	-	0.5129	1.7787	2.2915
		<i>Yb-174</i>		1.00				
		Tm-175	15.2 m	B-	-	0.5196	1.0848	1.6044
		<i>Yb-175</i>		1.00				
		Tm-176	1.85 m	B-	-	0.9972	1.9682	2.9654
		<i>Yb-176</i>		1.00				
		Yb-162	18.87 m	ECB+	-	0.0374	0.2519	0.2893
		Tm-162		1.00				
		Yb-163	11.05 m	ECB+	-	0.2718	0.7277	0.9996
		Tm-163		1.00				
		Yb-164	75.8 m	EC	-	0.0095	0.0542	0.0637
		Tm-164		1.00				
		Yb-165	9.9 m	ECB+	-	0.1518	0.3390	0.4908
		Tm-165		1.00				
		Yb-166	56.7 h	EC	-	0.0417	0.0868	0.1285
		Tm-166		1.00				
		Yb-167	17.5 m	ECB+	-	0.0952	0.2696	0.3648
		Tm-167		1.00				
		Yb-169	32.026 d	EC	-	0.1471	0.3302	0.4773
		<i>Tm-169</i>		1.00				
Yb-175	4.185 d	B-	-	0.1308	0.0391	0.1699		
<i>Lu-175</i>		1.00						
Yb-177	1.911 h	B-	-	0.4358	0.1952	0.6309		
<i>Lu-177</i>		1.00						
Yb-178	74 m	B-	-	0.1925	0.0381	0.2306		
<i>Lu-178</i>		1.00						
Yb-179	8.0 m	B-	-	0.7093	0.9743	1.6836		
<i>Lu-179</i>		1.00						
71	Lutetium ルテチウム	Lu-165	10.74 m	ECB+	-	0.3751	1.1102	1.4853
		<i>Yb-165</i>		1.00				
		Lu-167	51.5 m	ECB+	-	0.1109	1.6920	1.8030
		<i>Yb-167</i>		1.00				
		Lu-169	34.06 h	ECB+	-	0.0477	1.3166	1.3643
		<i>Yb-169</i>		1.00				
		Lu-169m	160 s	IT	-	0.0274	0.0017	0.0290
		<i>Lu-169</i>		1.00				
		Lu-170	2.012 d	ECB+	-	0.0585	2.5636	2.6220
		<i>Yb-170</i>		1.00				
Lu-171	8.24 d	ECB+	-	0.0928	0.6503	0.7431		
<i>Yb-171</i>		1.00						

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
72	Hafnium ハフニウム	Lu-171m	79 s	IT	-	0.0691	0.0021	0.0711	
			Lu-171	1.00					
		Lu-172	6.70 d	ECB+	-	0.1154	1.9565	2.0718	
			<i>Yb-172</i>	1.00					
		Lu-172m	3.7 m	IT	-	0.0404	0.0015	0.0419	
			Lu-172	1.00					
		Lu-173	1.37 y	EC	-	0.0526	0.1834	0.2360	
			<i>Yb-173</i>	1.00					
		Lu-174	3.31 y	ECB+	-	0.0458	0.1163	0.1621	
			<i>Yb-174</i>	1.00					
		Lu-174m	142 d	ITEC	-	0.1188	0.0626	0.1814	
			Lu-174	9.9380E-01					
			<i>Yb-174</i>	6.2000E-03					
		Lu-176	3.85E+10 y	B-	-	0.3026	0.4799	0.7825	
			<i>Hf-176</i>	1.00					
		Lu-176m	3.635 h	B-EC	-	0.4783	0.0146	0.4929	
			<i>Hf-176</i>	9.9905E-01					
			<i>Yb-176</i>	9.5000E-04					
		Lu-177	6.647 d	B-	-	0.1479	0.0351	0.1830	
			<i>Hf-177</i>	1.00					
		Lu-177m	160.4 d	B-IT	-	0.2687	1.0005	1.2692	
			Lu-177	2.1700E-01					
			<i>Hf-177</i>	7.8300E-01					
		Lu-178	28.4 m	B-	-	0.7561	0.1256	0.8817	
			<i>Hf-178</i>	1.00					
		Lu-178m	23.1 m	B-	-	0.4907	1.0481	1.5389	
			<i>Hf-178</i>	1.00					
		Lu-179	4.59 h	B-	-	0.4869	0.0298	0.5167	
			<i>Hf-179</i>	1.00					
		Lu-180	5.7 m	B-	-	0.6352	1.5148	2.1499	
	<i>Hf-180</i>	1.00							
Lu-181	3.5 m	B-	-	0.8512	0.5740	1.4252			
	Hf-181	1.00							
	Hf-167	2.05 m	ECB+	-	0.4952	0.6171	1.1123		
	Lu-167	1.00							
	Hf-169	3.24 m	ECB+	-	0.1309	0.6416	0.7725		
	Lu-169	9.6904E-01							
	Lu-169m	3.0960E-02							
	Hf-170	16.01 h	EC	-	0.0687	0.4403	0.5090		
	Lu-170	1.00							

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Hf-172	1.87 y	EC	-	0.0828	0.1062	0.1890
			Lu-172m	1.00				
		Hf-173	23.6 h	ECB+	-	0.0524	0.3970	0.4494
			Lu-173	1.00				
		Hf-174	2.0E+15 y	A	2.4948	-	-	2.4948
			<i>Yb-170</i>	1.00				
		Hf-175	70 d	EC	-	0.0450	0.3534	0.3984
			<i>Lu-175</i>	1.00				
		Hf-177m	51.4 m	IT	-	0.5078	2.2864	2.7941
			<i>Hf-177</i>	1.00				
		Hf-178m	31 y	IT	-	0.2113	2.2383	2.4496
			<i>Hf-178</i>	1.00				
		Hf-179m	25.05 d	IT	-	0.1897	0.9207	1.1104
			<i>Hf-179</i>	1.00				
		Hf-180m	5.5 h	ITB-	-	0.1437	0.9884	1.1321
			<i>Hf-180</i>	9.9700E-01				
			<i>Ta-180m</i>	3.0000E-03				
		Hf-181	42.39 d	B-	-	0.2052	0.5324	0.7377
			<i>Ta-181</i>	1.00				
		Hf-182	9E+6 y	B-	-	0.0632	0.2397	0.3030
			Ta-182	1.00				
		Hf-182m	61.5 m	B-IT	-	0.2441	0.9135	1.1575
			Ta-182	4.9070E-01				
			Hf-182	4.2000E-01				
			Ta-182m	8.9280E-02				
		Hf-183	1.067 h	B-	-	0.4478	0.7749	1.2227
			Ta-183	1.00				
		Hf-184	4.12 h	B-	-	0.4787	0.2387	0.7174
			Ta-184	1.00				
73	Tantalum タンタル	Ta-170	6.76 m	ECB+	-	1.6049	1.0602	2.6652
			Hf-170	1.00				
		Ta-172	36.8 m	ECB+	-	0.5513	1.6967	2.2480
			Hf-172	1.00				
		Ta-173	3.14 h	ECB+	-	0.1686	0.5824	0.7510
			Hf-173	1.00				
		Ta-174	1.14 h	ECB+	-	0.4670	0.9767	1.4438
			Hf-174	1.00				
		Ta-175	10.5 h	ECB+	-	0.0663	1.1126	1.1790
			Hf-175	1.00				
		Ta-176	8.09 h	ECB+	-	0.0849	2.2322	2.3171
			<i>Hf-176</i>	1.00				

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
74	Tungsten タングステン	Ta-177	56.56 h	EC	-	0.0240	0.0678	0.0917
		<i>Hf-177</i>		1.00				
		Ta-178	9.31 m	ECB+	-	0.0391	0.1218	0.1609
		<i>Hf-178</i>		1.00				
		Ta-178m	2.36 h	EC	-	0.1616	1.1558	1.3174
		<i>Hf-178</i>		1.00				
		Ta-179	1.82 y	EC	-	0.0078	0.0256	0.0334
		<i>Hf-179</i>		1.00				
		Ta-180	8.152 h	ECB-	-	0.0565	0.0482	0.1048
		<i>Hf-180</i>		8.6000E-01				
		<i>W-180</i>		1.4000E-01				
		Ta-182	114.43 d	B-	-	0.2105	1.2918	1.5023
		<i>W-182</i>		1.00				
		Ta-182m	15.84 m	IT	-	0.2665	0.2659	0.5324
		Ta-182		1.00				
		Ta-183	5.1 d	B-	-	0.3537	0.2963	0.6499
		<i>W-183</i>		1.00				
		Ta-184	8.7 h	B-	-	0.5426	1.5727	2.1152
		<i>W-184</i>		1.00				
		Ta-185	49.4 m	B-	-	0.7416	0.1547	0.8963
		<i>W-185</i>		1.00				
		Ta-186	10.5 m	B-	-	1.0710	1.4202	2.4912
		<i>W-186</i>		1.00				
		W-177	132 m	ECB+	-	0.0970	0.9185	1.0155
		Ta-177		1.00				
		W-178	21.6 d	EC	-	0.0075	0.0164	0.0239
		Ta-178		1.00				
		W-179	37.05 m	EC	-	0.0326	0.0554	0.0880
		Ta-179		1.00				
		W-179m	6.40 m	ITEC	-	0.1661	0.0561	0.2221
W-179		9.9720E-01						
Ta-179		2.8000E-03						
W-181	121.2 d	EC	-	0.0129	0.0404	0.0533		
<i>Ta-181</i>		1.00						
W-185	75.1 d	B-	-	0.1270	<E-04	0.1270		
<i>Re-185</i>		1.00						
W-185m	1.597 m	IT	-	0.1738	0.0287	0.2025		
W-185		1.00						
W-187	23.72 h	B-	-	0.2995	0.4483	0.7478		
<i>Re-187</i>		1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
75	Rhenium レニウム	W-188	69.78 d	B-	-	0.0997	0.0019	0.1016
		Re-188	1.00					
		W-190	30.0 m	B-	-	0.4771	0.1511	0.6282
		Re-190	1.00					
		Re-178	13.2 m	ECB+	-	0.6192	1.7085	2.3277
		W-178	1.00					
		Re-179	19.5 m	ECB+	-	0.0668	1.0841	1.1509
		W-179	7.6079E-01					
		W-179m	2.3921E-01					
		Re-180	2.44 m	ECB+	-	0.1720	1.2028	1.3748
		W-180	1.00					
		Re-181	19.9 h	ECB+	-	0.1360	0.8044	0.9404
		W-181	1.00					
		Re-182	64.0 h	EC	-	0.2045	1.7982	2.0027
		W-182	1.00					
		Re-182m	12.7 h	ECB+	-	0.0922	1.2214	1.3136
		W-182	1.00					
		Re-183	70.0 d	EC	-	0.1093	0.1575	0.2667
		W-183	1.00					
		Re-184	38.0 d	ECB+	-	0.0562	0.8919	0.9481
		W-184	1.00					
		Re-184m	169 d	ITEC	-	0.1413	0.3836	0.5249
		Re-184	7.5400E-01					
		W-184	2.4600E-01					
		Re-186	3.7183 d	B-EC	-	0.3362	0.0208	0.3570
		Os-186	9.2530E-01					
		W-186	7.4700E-02					
		Re-186m	2.00E+5 y	IT	-	0.1267	0.0207	0.1474
Re-186	1.00							
Re-187	4.12E+10 y	B-	-	0.0006	-	0.0006		
Os-187	1.00							
Re-188	17.0040 h	B-	-	0.7793	0.0613	0.8406		
Os-188	1.00							
Re-188m	18.59 m	IT	-	0.0976	0.0715	0.1692		
Re-188	1.00							
Re-189	24.3 h	B-	-	0.3260	0.0556	0.3816		
Os-189m	1.2211E-01							
Os-189	8.7789E-01							
Re-190	3.1 m	B-	-	0.6863	1.3376	2.0239		
Os-190	1.00							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
76	Osmium オスミウム	Re-190m	3.2 h	B-IT	-	0.4456	0.9257	1.3714
			Re-190	4.5600E-01				
			Os-190	5.4400E-01				
		Os-180	21.5 m	ECB+	-	0.0298	0.1265	0.1564
			Re-180	1.00				
		Os-181	105 m	ECB+	-	0.0918	1.3835	1.4753
			Re-181	1.00				
		Os-182	22.10 h	EC	-	0.0565	0.4317	0.4882
			Re-182m	1.00				
		Os-183	13.0 h	ECB+	-	0.0792	0.6288	0.7081
			Re-183	1.00				
		Os-183m	9.9 h	ECB+IT	-	0.0416	1.0062	1.0478
			Re-183	8.5000E-01				
			Os-183	1.5000E-01				
		Os-185	93.6 d	EC	-	0.0184	0.6917	0.7101
			Re-185	1.00				
		Os-186	2.0E+15 y	A	2.8220	-	-	2.8220
			W-182	1.00				
		Os-189m	5.8 h	IT	-	0.0286	0.0023	0.0309
			Os-189	1.00				
		Os-190m	9.9 m	IT	-	0.1166	1.5894	1.7059
			Os-190	1.00				
		Os-191	15.4 d	B-	-	0.1372	0.0843	0.2215
			Ir-191	1.00				
		Os-191m	13.10 h	IT	-	0.0664	0.0080	0.0744
			Os-191	1.00				
Os-193	30.11 h	B-	-	0.3797	0.0674	0.4471		
	Ir-193m	3.4757E-03						
	Ir-193	9.9652E-01						
Os-194	6.0 y	B-	-	0.0453	0.0045	0.0498		
	Ir-194	1.00						
Os-196	34.9 m	B-	-	0.3807	0.0805	0.4612		
	Ir-196	1.00						
77	Iridium イリジウム	Ir-180	1.5 m	ECB+	-	1.2439	1.5955	2.8394
			Os-180	1.00				
		Ir-182	15 m	ECB+	-	1.0474	1.4121	2.4595
			Os-182	1.00				
		Ir-183	58 m	ECB+	-	0.1516	1.1889	1.3404
			Os-183m	7.0972E-01				
	Os-183	2.9028E-01						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Ir-184	3.09 h	ECB+	-	0.3194	1.9644	2.2838
		<i>Os-184</i>		1.00				
		Ir-185	14.4 h	ECB+	-	0.1228	0.8581	0.9809
		<i>Os-185</i>		1.00				
		Ir-186	16.64 h	ECB+	-	0.1453	1.6651	1.8104
		<i>Os-186</i>		1.00				
		Ir-186m	1.92 h	ECB+IT	-	0.1103	1.2523	1.3626
		<i>Os-186</i>		7.5000E-01				
		<i>Ir-186</i>		2.5000E-01				
		Ir-187	10.5 h	ECB+	-	0.0568	0.3325	0.3892
		<i>Os-187</i>		1.00				
		Ir-188	41.5 h	ECB+	-	0.0508	2.0974	2.1483
		<i>Os-188</i>		1.00				
		Ir-189	13.2 d	EC	-	0.0458	0.0793	0.1251
		<i>Os-189m</i>		7.4264E-02				
		<i>Os-189</i>		9.2574E-01				
		Ir-190	11.78 d	EC	-	0.0746	1.4768	1.5514
		<i>Os-190</i>		1.00				
		Ir-190m	1.120 h	IT	-	0.0240	0.0024	0.0264
		<i>Ir-190</i>		1.00				
		Ir-190n	3.087 h	ECIT	-	0.0289	0.0577	0.0867
		<i>Os-190m</i>		9.1400E-01				
		<i>Ir-190</i>		8.6000E-02				
		Ir-191m	4.94 s	IT	-	0.0971	0.0764	0.1735
		<i>Ir-191</i>		1.00				
		Ir-192	73.827 d	B-EC	-	0.2177	0.8165	1.0342
		<i>Pt-192</i>		9.5130E-01				
		<i>Os-192</i>		4.8700E-02				
		Ir-192m	1.45 m	ITB-	-	0.0540	0.0029	0.0569
		<i>Ir-192</i>		9.9983E-01				
		<i>Pt-192</i>		1.7500E-04				
		Ir-192n	241 y	IT	-	0.1617	0.0066	0.1682
		<i>Ir-192</i>		1.00				
		Ir-193m	10.53 d	IT	-	0.0776	0.0027	0.0803
		<i>Ir-193</i>		1.00				
		Ir-194	19.28 h	B-	-	0.8105	0.0911	0.9015
		<i>Pt-194</i>		1.00				
		Ir-194m	171 d	B-	-	0.1422	2.3339	2.4761
		<i>Pt-194</i>		1.00				
		Ir-195	2.5 h	B-	-	0.3803	0.0593	0.4397
		<i>Pt-195</i>		1.00				

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
78	Platinum 白金	Ir-195m	3.8 h	B-IT	-	0.2606	0.3766	0.6372	
			Pt-195m	4.3692E-01					
			Ir-195	5.0000E-02					
			<i>Pt-195</i>	5.1308E-01					
			Ir-196	52 s	B-	-	1.1738	0.2322	1.4060
				<i>Pt-196</i>	1.00				
			Ir-196m	1.40 h	B-	-	0.3844	2.4677	2.8522
				<i>Pt-196</i>	1.00				
			Pt-184	17.3 m	ECB+A	<E-04	0.2004	0.7266	0.9271
				Ir-184	1.00				
				Os-180	1.7000E-05				
			Pt-186	2.08 h	ECA	<E-04	0.0451	0.6844	0.7296
				Ir-186m	8.1942E-01				
				Ir-186	1.8058E-01				
				Os-182	1.0000E-06				
			Pt-187	2.35 h	ECB+	-	0.1549	0.6183	0.7732
				Ir-187	1.00				
			Pt-188	10.2 d	ECA	<E-04	0.0823	0.2055	0.2878
				Ir-188	1.00				
				<i>Os-184</i>	2.9000E-07				
			Pt-189	10.87 h	ECB+	-	0.0996	0.4870	0.5867
				Ir-189	1.00				
			Pt-190	6.50E+11 y	A	3.2490	-	-	3.2490
				Os-186	1.00				
			Pt-191	2.802 d	EC	-	0.0749	0.2960	0.3709
				<i>Ir-191</i>	1.00				
			Pt-193	50 y	EC	-	0.0071	0.0026	0.0097
				<i>Ir-193</i>	1.00				
			Pt-193m	4.33 d	IT	-	0.1377	0.0132	0.1510
				Pt-193	1.00				
			Pt-195m	4.02 d	IT	-	0.1845	0.0772	0.2617
				<i>Pt-195</i>	1.00				
	Pt-197	19.8915 h	B-	-	0.2552	0.0256	0.2809		
		<i>Au-197</i>	1.00						
	Pt-197m	95.41 m	ITB-	-	0.3250	0.0839	0.4089		
		Pt-197	9.6700E-01						
		<i>Au-197</i>	3.3000E-02						
	Pt-199	30.80 m	B-	-	0.5455	0.1995	0.7450		
		<i>Au-199</i>	1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
79	Gold 金	Pt-200	12.5 h	B-	-	0.2321	0.0605	0.2926
		Au-200		1.00				
		Pt-202	44 h	B-	-	0.6537	-	0.6537
		Au-202		1.00				
		Au-186	10.7 m	ECB+	-	1.0751	1.4983	2.5735
		Pt-186		1.00				
		Au-187	8.4 m	ECB+A	0.0001	0.1360	1.0652	1.2014
		Pt-187		1.00				
		Ir-183		3.0000E-05				
		Au-190	42.8 m	ECB+	-	0.2129	2.3807	2.5936
		Pt-190		1.00				
		Au-191	3.18 h	ECB+	-	0.0865	0.5946	0.6811
		Pt-191		1.00				
		Au-192	4.94 h	ECB+	-	0.0904	1.9392	2.0296
		Pt-192		1.00				
		Au-193	17.65 h	EC	-	0.0575	0.1673	0.2249
		Pt-193		1.00				
		Au-193m	3.9 s	ITEC	-	0.0904	0.1979	0.2883
		Au-193		9.9970E-01				
		Pt-193m		3.0000E-04				
		Au-194	38.02 h	ECB+	-	0.0421	1.0386	1.0806
		Pt-194		1.00				
		Au-195	186.098 d	EC	-	0.0520	0.0839	0.1359
		Pt-195		1.00				
		Au-195m	30.5 s	IT	-	0.1172	0.2014	0.3186
		Au-195		1.00				
		Au-196	6.183 d	ECB-	-	0.0372	0.4734	0.5105
		Pt-196		9.2800E-01				
		Hg-196		7.2000E-02				
		Au-196m	9.6 h	IT	-	0.3760	0.2473	0.6233
		Au-196		1.00				
		Au-198	2.69517 d	B-	-	0.3277	0.4029	0.7306
Hg-198		1.00						
Au-198m	2.27 d	IT	-	0.2748	0.5332	0.8080		
Au-198		1.00						
Au-199	3.139 d	B-	-	0.1451	0.0961	0.2412		
Hg-199		1.00						
Au-200	48.4 m	B-	-	0.7303	0.2737	1.0041		
Hg-200		1.00						

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
80	Mercury 水銀	Au-200m	18.7 h	B-IT	-	0.2433	1.9843	2.2276
		Au-200		1.8000E-01				
		Hg-200		8.2000E-01				
		Au-201	26 m	B-	-	0.4259	0.0346	0.4605
		Hg-201		1.00				
		Au-202	28.8 s	B-	-	1.0749	0.1720	1.2469
		Hg-202		1.00				
		Hg-190	20.0 m	ECB+	-	0.0539	0.2018	0.2557
		Au-190		1.00				
		Hg-191m	50.8 m	ECB+	-	0.1378	1.4895	1.6273
		Au-191		1.00				
		Hg-192	4.85 h	EC	-	0.0636	0.2749	0.3385
		Au-192		1.00				
		Hg-193	3.80 h	ECB+	-	0.0740	0.8377	0.9117
		Au-193		9.6459E-01				
		Au-193m		3.5408E-02				
		Hg-193m	11.8 h	ECB+IT	-	0.0470	1.0239	1.0709
		Au-193m		8.9197E-01				
		Hg-193		7.1000E-02				
		Au-193		3.7027E-02				
		Hg-194	440 y	EC	-	0.0078	0.0027	0.0106
		Au-194		1.00				
		Hg-195	10.53 h	ECB+	-	0.0650	0.2008	0.2658
		Au-195		1.00				
		Hg-195m	41.6 h	ITECB+	-	0.1480	0.2047	0.3527
		Hg-195		5.4200E-01				
		Au-195		4.5800E-01				
		Hg-197	64.94 h	EC	-	0.0702	0.0740	0.1442
		Au-197		1.00				
		Hg-197m	23.8 h	ITEC	-	0.2170	0.0977	0.3148
Hg-197		9.1400E-01						
Au-197		8.6000E-02						
Hg-199m	42.66 m	IT	-	0.3487	0.1836	0.5323		
Hg-199		1.00						
Hg-203	46.612 d	B-	-	0.0990	0.2380	0.3370		
Tl-203		1.00						
Hg-205	5.2 m	B-	-	0.5390	0.0053	0.5444		
Tl-205		1.00						
Hg-206	8.15 m	B-	-	0.4211	0.1215	0.5426		
Tl-206		1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
81	Thallium タリウム	Hg-207	2.9 m	B-	-	0.8262	2.6614	3.4876	
			Tl-207	1.00					
		Tl-190	2.6 m	ECB+	-	1.5288	1.2914	2.8202	
			Hg-190	1.00					
		Tl-190m	3.7 m	ECB+	-	0.7985	2.4550	3.2535	
			Hg-190	1.00					
		Tl-194	33.0 m	ECB+	-	0.5972	0.9143	1.5115	
			Hg-194	1.00					
		Tl-194m	32.8 m	ECB+	-	0.3037	2.5218	2.8255	
			Hg-194	1.00					
		Tl-195	1.16 h	ECB+	-	0.0740	1.2250	1.2991	
			Hg-195	9.9656E-01					
			Hg-195m	3.4358E-03					
		Tl-196	1.84 h	ECB+	-	0.1782	1.8734	2.0516	
			Hg-196	1.00					
		Tl-197	2.84 h	ECB+	-	0.0544	0.4587	0.5130	
			Hg-197	1.00					
		Tl-198	5.3 h	ECB+	-	0.0414	2.0108	2.0522	
			Hg-198	1.00					
		Tl-198m	1.87 h	ECB+IT	-	0.2006	1.2168	1.4175	
			Tl-198	4.6000E-01					
			Hg-198	5.4000E-01					
		Tl-199	7.42 h	ECB+	-	0.0600	0.2520	0.3120	
			Hg-199	1.00					
		Tl-200	26.1 h	ECB+	-	0.0408	1.3106	1.3514	
			Hg-200	1.00					
		Tl-201	72.912 h	EC	-	0.0447	0.0938	0.1385	
			Hg-201	1.00					
		Tl-202	12.23 d	EC	-	0.0233	0.4658	0.4891	
			Hg-202	1.00					
		Tl-204	3.78 y	B-EC	-	0.2372	0.0013	0.2385	
			Pb-204	9.7100E-01					
	Hg-204	2.9000E-02							
Tl-206	4.200 m	B-	-	0.5398	0.0001	0.5399			
	Pb-206	1.00							
Tl-206m	3.74 m	IT	-	0.2003	2.4192	2.6195			
	Tl-206	1.00							
Tl-207	4.77 m	B-	-	0.4952	0.0024	0.4975			
	Pb-207	1.00							
Tl-208	3.053 m	B-	-	0.6113	3.3603	3.9716			
	Pb-208	1.00							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
82	Lead 鉛	Tl-209	2.161 m	B-	-	0.6875	2.1426	2.8302
		Pb-209		1.00				
		Tl-210	1.30 m	B-	-	1.2699	2.7632	4.0331
		Pb-210		1.00				
		Pb-194	12.0 m	ECB+A	<E-04	0.0844	1.0832	1.1677
		Tl-194		1.00				
		Hg-190		7.3000E-08				
		Pb-195m	15 m	ECB+	-	0.3167	1.6547	1.9714
		Tl-195		1.00				
		Pb-196	37 m	ECB+	-	0.0969	0.4940	0.5909
		Tl-196		1.00				
		Pb-197	8 m	ECB+	-	0.0818	1.5319	1.6137
		Tl-197		1.00				
		Pb-197m	43 m	ECB+IT	-	0.2477	1.1732	1.4209
		Tl-197		8.1000E-01				
		Pb-197		1.9000E-01				
		Pb-198	2.4 h	EC	-	0.0781	0.4385	0.5166
		Tl-198		1.00				
		Pb-199	90 m	ECB+	-	0.0584	1.0394	1.0978
		Tl-199		1.00				
		Pb-200	21.5 h	EC	-	0.0997	0.2086	0.3083
		Tl-200		1.00				
		Pb-201	9.33 h	ECB+	-	0.0594	0.7562	0.8156
		Tl-201		1.00				
		Pb-201m	61 s	IT	-	0.2633	0.3658	0.6291
		Pb-201		1.00				
		Pb-202	5.25E+4 y	ECA	0.0260	0.0061	0.0025	0.0346
		Tl-202		9.9000E-01				
		Hg-198		1.0000E-02				
		Pb-202m	3.53 h	ITEC	-	0.1321	1.9925	2.1246
		Pb-202		9.0500E-01				
		Tl-202		9.5000E-02				
Pb-203	51.873 h	EC	-	0.0530	0.3143	0.3672		
Tl-203		1.00						
Pb-204m	67.2 m	IT	-	0.1030	2.0634	2.1664		
Pb-204		1.00						
Pb-205	1.53E+7 y	EC	-	0.0062	0.0025	0.0087		
Tl-205		1.00						
Pb-209	3.253 h	B-	-	0.1974	-	0.1974		
Bi-209		1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
83	Bismuth ビスマス	Pb-210	22.20 y	B-A	<E-04	0.0404	0.0053	0.0457
		Bi-210	1.00					
		Hg-206	1.9000E-08					
		Pb-211	36.1 m	B-	-	0.4543	0.0644	0.5187
		Bi-211	1.00					
		Pb-212	10.64 h	B-	-	0.1766	0.1450	0.3217
		Bi-212	1.00					
		Pb-214	26.8 m	B-	-	0.2948	0.2533	0.5481
		Bi-214	1.00					
		Bi-197	9.3 m	ECB+	-	0.2887	1.6992	1.9879
		Pb-197	5.6103E-01					
		Pb-197m	4.3897E-01					
		Bi-200	36.4 m	ECB+	-	0.2469	2.4355	2.6825
		Pb-200	1.00					
		Bi-201	108 m	ECB+	-	0.0612	1.7304	1.7916
		Pb-201	5.4833E-01					
		Pb-201m	4.5167E-01					
		Bi-202	1.72 h	ECB+	-	0.1515	2.7561	2.9076
		Pb-202	1.00					
		Bi-203	11.76 h	ECB+	-	0.0809	2.3850	2.4659
		Pb-203	1.00					
		Bi-204	11.22 h	ECB+	-	0.0807	2.9162	2.9968
		Pb-204m	9.8525E-02					
		Pb-204	9.0148E-01					
		Bi-205	15.31 d	ECB+	-	0.0346	1.6913	1.7259
		Pb-205	1.00					
		Bi-206	6.243 d	ECB+	-	0.1379	3.2796	3.4175
		Pb-206	1.00					
		Bi-207	32.9 y	ECB+	-	0.1193	1.5370	1.6563
		Pb-207	1.00					
Bi-208	3.68E+5 y	EC	-	0.0144	2.6460	2.6604		
Pb-208	1.00							
Bi-210	5.013 d	B-A	<E-04	0.3889	<E-04	0.3889		
Po-210	1.00							
Tl-206	1.3200E-06							
Bi-210m	3.04E+6 y	A	5.0064	0.0475	0.2607	5.3146		
Tl-206	1.00							
Bi-211	2.14 m	A B-	6.6757	0.0100	0.0473	6.7330		
Tl-207	9.9724E-01							
Po-211	2.7600E-03							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
84	Polonium ポロニウム	Bi-212	60.55 m	B-A	2.2164	0.5046	0.1038	2.8247
		Po-212		6.4060E-01				
		Tl-208		3.5940E-01				
		Bi-212n	7.0 m	B-	-	0.5351	-	0.5351
		Po-212m		1.00				
		Bi-213	45.59 m	B-A	0.1245	0.4440	0.1277	0.6963
		Po-213		9.7910E-01				
		Tl-209		2.0900E-02				
		Bi-214	19.9 m	B-A	0.0012	0.6631	1.4793	2.1436
		Po-214		9.9979E-01				
		Tl-210		2.1000E-04				
		Bi-215	7.6 m	B-	-	0.6694	0.2534	0.9228
		Po-215		1.00				
		Bi-216	2.17 m	B-	-	1.3295	0.7385	2.0680
		Po-216		1.00				
		Po-203	36.7 m	ECB+A	0.0060	0.1672	1.6348	1.8080
		Bi-203		9.9890E-01				
		Pb-199		1.1000E-03				
		Po-204	3.53 h	ECA	0.0362	0.1839	1.1650	1.3850
		Bi-204		9.9340E-01				
		Pb-200		6.6000E-03				
		Po-205	1.66 h	ECB+A	0.0021	0.0660	1.5846	1.6527
		Bi-205		9.9900E-01				
		Pb-201		4.0000E-04				
		Po-206	8.8 d	ECA	0.2903	0.1655	1.1928	1.6486
		Bi-206		9.4550E-01				
		Pb-202		5.4500E-02				
		Po-207	5.80 h	ECB+A	0.0011	0.0490	1.2847	1.3347
		Bi-207		9.9979E-01				
		Pb-203		2.1000E-04				
		Po-208	2.898 y	AEC	5.2154	<E-04	<E-04	5.2154
		Bi-208		2.2300E-05				
Pb-204		9.9998E-01						
Po-209	102 y	AEC	4.9529	0.0030	0.0063	4.9622		
Pb-205		9.9520E-01						
Bi-209		4.8000E-03						
Po-210	138.376 d	A	5.4075	<E-04	<E-04	5.4075		
Pb-206		1.00						
Po-211	0.516 s	A	7.5860	0.0002	0.0082	7.5944		
Pb-207		1.00						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Po-212	2.99E-7 s	A	8.9541	-	-	8.9541
		<i>Pb-208</i>	1.00					
		Po-212m	45.1 s	A	11.7755	0.0004	0.0792	11.8551
		<i>Pb-208</i>	9.9930E-01					
		Po-213	4.2E-6 s	A	8.5370	<E-04	<E-04	8.5370
		Pb-209	1.00					
		Po-214	1.643E-4 s	A	7.8334	<E-04	<E-04	7.8335
		Pb-210	1.00					
		Po-215	1.781E-3 s	A	7.5261	<E-04	0.0002	7.5263
		Pb-211	1.00					
		Po-216	0.145 s	A	6.9064	<E-04	<E-04	6.9064
		Pb-212	1.00					
		Po-218	3.10 m	AB-	6.1134	<E-04	-	6.1135
		Pb-214	9.9980E-01					
		At-218	2.0000E-04					
85	Astatine	At-204	9.2 m	ECB+A	0.2307	0.4485	2.3234	3.0025
	アスタチン	Po-204	9.6200E-01					
		Bi-200	3.8000E-02					
		At-205	26.2 m	ECB+A	0.6021	0.2575	1.1444	2.0039
		Po-205	9.0000E-01					
		Bi-201	1.0000E-01					
		At-206	30.6 m	ECB+A	0.0517	0.3324	2.4807	2.8647
		Po-206	9.9110E-01					
		Bi-202	8.9000E-03					
		At-207	1.80 h	ECB+A	0.5049	0.1298	2.0136	2.6483
		Po-207	9.1400E-01					
		Bi-203	8.6000E-02					
		At-208	1.63 h	ECB+A	0.0316	0.1598	3.0408	3.2322
		Po-208	9.9450E-01					
		Bi-204	5.5000E-03					
		At-209	5.41 h	ECB+A	0.2360	0.1172	2.2846	2.6378
		Po-209	9.5900E-01					
		Bi-205	4.1000E-02					
		At-210	8.1 h	ECB+A	0.0097	0.0796	2.9622	3.0515
		Po-210	9.9825E-01					
		Bi-206	1.7500E-03					
		At-211	7.214 h	ECA	2.4998	0.0059	0.0367	2.5424
		Po-211	5.8200E-01					
		Bi-207	4.1800E-01					
		At-215	1.00E-4 s	A	8.1778	<E-04	0.0002	8.1780
		Bi-211	1.00					

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
86	Radon ラドン	At-216	3.00E-4 s	A	7.9407	0.0013	0.0025	7.9446
		Bi-212	1.00					
		At-217	3.23E-2 s	A	7.2008	<E-04	0.0002	7.2011
		Bi-213	9.9988E-01					
		At-218	1.5 s	A B-	6.8042	0.0011	-	6.8053
		Bi-214	9.9900E-01					
		Rn-218	1.0000E-03					
		At-219	56 s	A	6.1343	-	-	6.1343
		Bi-215	9.7000E-01					
		At-220	3.71 m	B-A	0.4842	1.2130	0.4497	2.1469
		Rn-220	9.2000E-01					
		Bi-216	8.0000E-02					
		Rn-207	9.25 m	ECB+A	1.3126	0.2197	0.9854	2.5177
		At-207	7.9000E-01					
		Po-203	2.1000E-01					
		Rn-209	28.5 m	ECB+A	1.0466	0.1167	1.1953	2.3586
		At-209	8.3000E-01					
		Po-205	1.7000E-01					
		Rn-210	2.4 h	AEC	5.9121	0.0091	0.0610	5.9821
		Po-206	9.6000E-01					
		At-210	4.0000E-02					
		Rn-211	14.6 h	ECB+A	1.6205	0.0663	1.8727	3.5595
		At-211	7.2600E-01					
		Po-207	2.7400E-01					
		Rn-212	23.9 m	A	6.3847	<E-04	0.0003	6.3850
		Po-208	1.00					
		Rn-215	2.30 us	A	8.8390	-	-	8.8390
		Po-211	1.00					
		Rn-216	4.5E-5 s	A	8.2000	-	-	8.2000
		Po-212	1.00					
		Rn-217	5.40E-4 s	A	7.8856	-	-	7.8856
		Po-213	1.00					
Rn-218	3.5E-2 s	A	7.2618	<E-04	0.0008	7.2626		
Po-214	1.00							
Rn-219	3.96 s	A	6.8801	0.0068	0.0586	6.9456		
Po-215	1.00							
Rn-220	55.6 s	A	6.4040	<E-04	0.0006	6.4047		
Po-216	1.00							
Rn-222	3.8235 d	A	5.5899	<E-04	0.0004	5.5903		
Po-218	1.00							

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
87	Francium フランシウム	Rn-223	24.3 m	B-	-	0.6282	0.3444	0.9726
		Fr-223	1.00					
		Fr-212	20.0 m	ECB+A	2.7731	0.1294	1.1415	4.0440
		Rn-212	5.7000E-01					
		At-208	4.3000E-01					
		Fr-219	2.0E-2 s	A	7.4437	0.0004	0.0036	7.4477
		At-215	1.00					
		Fr-220	27.4 s	A B-	6.7413	0.0163	0.0105	6.7680
		At-216	9.9650E-01					
		Ra-220	3.5000E-03					
		Fr-221	4.9 m	A	6.4199	0.0089	0.0294	6.4582
		At-217	1.00					
		Fr-222	14.2 m	B-	-	0.7145	0.1806	0.8951
		Ra-222	1.00					
		Fr-223	22.00 m	B-A	0.0003	0.3829	0.0583	0.4415
		Ra-223	1.00					
		At-219	6.0000E-05					
		Fr-224	3.33 m	B-	-	0.8751	0.5523	1.4274
		Ra-224	1.00					
		Fr-227	2.47 m	B-	-	0.7967	0.4499	1.2466
Ra-227	1.00							
88	Radium ラジウム	Ra-219	10 ms	A	7.9071	0.0600	0.1702	8.1372
		Rn-215	1.00					
		Ra-220	1.79E-2 s	A	7.5904	0.0002	0.0047	7.5952
		Rn-216	1.00					
		Ra-221	28 s	A	6.7915	0.0690	0.0390	6.8995
		Rn-217	1.00					
		Ra-222	38.0 s	A	6.6710	0.0009	0.0092	6.6811
		Rn-218	1.00					
		Ra-223	11.43 d	A	5.7702	0.0781	0.1413	5.9895
		Rn-219	1.00					
		Ra-224	3.66 d	A	5.7766	0.0023	0.0104	5.7893
		Rn-220	1.00					
		Ra-225	14.9 d	B-	-	0.1050	0.0145	0.1194
		Ac-225	1.00					
		Ra-226	1600 y	A	4.8603	0.0039	0.0074	4.8716
		Rn-222	1.00					
		Ra-227	42.2 m	B-	-	0.4511	0.1508	0.6019
		Ac-227	1.00					
Ra-228	5.75 y	B-	-	0.0132	0.0031	0.0163		
Ac-228	1.00							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
89	Actinium アクチニウム	Ra-230	93 m	B-	-	0.2201	0.0794	0.2995
		Ac-230	1.00					
		Ac-223	2.10 m	A	6.6721	0.0254	0.0190	6.7165
		Fr-219	9.9000E-01					
		Ac-224	2.78 h	ECA	0.5662	0.0490	0.2325	0.8477
		Ra-224	9.0900E-01					
		Fr-220	9.1000E-02					
		Ac-225	10.0 d	A	5.8920	0.0248	0.0171	5.9338
		Fr-221	1.00					
		Ac-226	29.37 h	B-ECA	0.0003	0.2914	0.1327	0.4245
		Th-226	8.3000E-01					
		Ra-226	1.7000E-01					
		Fr-222	6.0000E-05					
		Ac-227	21.772 y	B-A	0.0693	0.0150	0.0011	0.0853
		Th-227	9.8620E-01					
		Fr-223	1.3800E-02					
		Ac-228	6.15 h	B-	-	0.4495	0.8671	1.3166
		Th-228	1.00					
		Ac-230	122 s	B-	-	0.9229	0.5440	1.4668
		Th-230	1.00					
		Ac-231	7.5 m	B-	-	0.6361	0.4190	1.0550
		Th-231	1.00					
		Ac-232	119 s	B-	-	0.9707	1.1528	2.1235
		Th-232	1.00					
		Ac-233	145 s	B-	-	0.8355	0.4993	1.3348
		Th-233	1.00					
90	Thorium トリウム	Th-223	0.60 s	A	7.4134	0.0575	0.0754	7.5463
		Ra-219	1.00					
		Th-224	1.05 s	A	7.2635	0.0129	0.0232	7.2996
		Ra-220	1.00					
		Th-226	30.57 m	A	6.4219	0.0211	0.0089	6.4519
		Ra-222	1.00					
		Th-227	18.68 d	A	5.9883	0.0755	0.1317	6.1955
		Ra-223	1.00					
		Th-228	1.9116 y	A	5.4956	0.0210	0.0036	5.5202
		Ra-224	1.00					
		Th-229	7.34E+3 y	A	4.9584	0.1217	0.0971	5.1772
		Ra-225	1.00					
		Th-230	7.538E+4 y	A	4.7538	0.0146	0.0018	4.7702
		Ra-226	1.00					

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
91	Protactinium プロトアクチニウム	Th-231	25.52 h	B-	-	0.1622	0.0269	0.1891	
		Pa-231	1.00						
		Th-232	1.405E10 y	A	4.0688	0.0126	0.0015	4.0829	
			Ra-228	1.00					
		Th-233	22.3 m	B-	-	0.4140	0.0375	0.4515	
			Pa-233	1.00					
		Th-234	24.10 d	B-	-	0.0622	0.0105	0.0728	
			Pa-234m	1.00					
		Th-235	7.1 m	B-	-	0.6713	0.0537	0.7251	
			Pa-235	1.00					
		Th-236	37.5 m	B-	-	0.3671	0.0346	0.4017	
			Pa-236	1.00					
		Pa-227	38.3 m	AEC	5.5650	0.0226	0.0234	5.6110	
			Ac-223	8.5000E-01					
			Th-227	1.5000E-01					
		Pa-228	22 h	ECB+A	0.1217	0.1320	1.3694	1.6230	
			Th-228	9.8000E-01					
			Ac-224	2.0000E-02					
		Pa-229	1.50 d	ECA	0.0274	0.0131	0.0666	0.1071	
			Th-229	9.9520E-01					
			Ac-225	4.8000E-03					
		Pa-230	17.4 d	ECB-A	0.0002	0.0668	0.6708	0.7377	
			Th-230	9.1600E-01					
			U-230	8.4000E-02					
			Ac-226	3.2000E-05					
		Pa-231	3.276E+4 y	A	5.0592	0.0538	0.0450	5.1580	
			Ac-227	1.00					
		Pa-232	1.31 d	B-EC	-	0.1738	0.9393	1.1131	
			U-232	1.00					
			Th-232	3.0000E-05					
		Pa-233	26.967 d	B-	-	0.2151	0.2229	0.4380	
			U-233	1.00					
Pa-234	6.70 h	B-	-	0.4037	1.4718	1.8755			
	U-234	1.00							
Pa-234m	1.17 m	B-IT	-	0.8171	0.0162	0.8334			
	U-234	9.9840E-01							
	Pa-234	1.6000E-03							
Pa-235	24.5 m	B-	-	0.4886	0.0008	0.4894			
	U-235m	9.9990E-01							
	U-235	1.0109E-04							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
92	Uranium ウラン	Pa-236	9.1 m	B-	-	0.8049	0.9148	1.7197
		U-236		1.00				
		Pa-237	8.7 m	B-	-	0.5780	0.6095	1.1875
		U-237		1.00				
		U-227	1.1 m	A	6.9984	0.0960	0.1199	7.2143
		Th-223		1.00				
		U-228	9.1 m	A	6.6046	0.0231	0.0056	6.6333
		Th-224		9.7500E-01				
		U-230	20.8 d	A	5.9681	0.0216	0.0032	5.9929
		Th-226		1.00				
		U-231	4.2 d	ECA	0.0002	0.0847	0.0896	0.1745
		Pa-231		1.00				
		Th-227		4.0000E-05				
		U-232	68.9 y	A	5.3948	0.0164	0.0023	5.4135
		Th-228		1.00				
		U-233	1.592E+5 y	A	4.9013	0.0059	0.0013	4.9085
		Th-229		1.00				
		U-234	2.455E+5 y	A	4.8430	0.0137	0.0020	4.8587
		Th-230		1.00				
		U-235	7.04E+8 y	A	4.4693	0.0530	0.1669	4.6891
		Th-231		1.00				
		U-235m	26 m	IT	-	<E-04	<E-04	<E-04
		U-235		1.00				
		U-236	2.342E+7 y	A	4.5592	0.0114	0.0018	4.5723
		Th-232		1.00				
		U-237	6.75 d	B-	-	0.1991	0.1442	0.3433
Np-237		1.00						
U-238	4.468E+9 y	ASF	4.2584	0.0092	0.0014	4.2691		
Th-234		1.00						
SF		5.4500E-07						
U-239	23.45 m	B-	-	0.4108	0.0519	0.4626		
Np-239		1.00						
U-240	14.1 h	B-	-	0.1276	0.0099	0.1374		
Np-240m		1.00						
U-242	16.8 m	B-	-	0.3859	0.0413	0.4272		
Np-242		1.00						
93	Neptunium ネプツニウム	Np-232	14.7 m	ECB+	-	0.1073	1.1969	1.3042
		U-232		1.00				

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
94	Plutonium プルトニウム	Np-233	36.2 m	ECA	<E-04	0.0144	0.0911	0.1055	
			U-233	1.00					
			Pa-229	1.0000E-05					
		Np-234	4.4 d	ECB+	-	0.0574	1.1086	1.1660	
			U-234	1.00					
		Np-235	396.1 d	ECA	0.0001	0.0105	0.0071	0.0178	
			U-235	9.9598E-01					
			U-235m	3.9933E-03					
			Pa-231	2.6000E-05					
		Np-236	1.54E+5 y	ECB-A	0.0074	0.2372	0.1594	0.4039	
			U-236	8.7300E-01					
			Pu-236	1.2500E-01					
			Pa-232	1.6000E-03					
		Np-236m	22.5 h	ECB-	-	0.0880	0.0507	0.1387	
			U-236	5.2000E-01					
			Pu-236	4.8000E-01					
		Np-237	2.144E+6 y	A	4.8499	0.0681	0.0350	4.9529	
			Pa-233	1.00					
		Np-238	2.117 d	B-	-	0.2519	0.5879	0.8398	
			Pu-238	1.00					
		Np-239	2.3565 d	B-	-	0.2623	0.1846	0.4469	
			Pu-239	1.00					
		Np-240	61.9 m	B-	-	0.5095	1.0538	1.5632	
			Pu-240	1.00					
		Np-240m	7.22 m	B-IT	-	0.6779	0.3225	1.0004	
			Pu-240	9.9890E-01					
			Np-240	1.1000E-03					
		Np-241	13.9 m	B-	-	0.4341	0.0395	0.4736	
			Pu-241	1.00					
		Np-242	2.2 m	B-	-	0.9027	0.2654	1.1681	
			Pu-242	1.00					
		Np-242m	5.5 m	B-	-	0.7551	0.9194	1.6744	
	Pu-242	1.00							
	Pu-232	33.7 m	ECA	1.5402	0.0087	0.0633	1.6122		
	Np-232	7.7000E-01							
	U-228	2.3000E-01							
	Pu-234	8.8 h	ECA	0.3776	0.0114	0.0693	0.4583		
	Np-234	9.4000E-01							
	U-230	6.0000E-02							

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
95	Americium アメリシウム	Pu-235	25.3 m	ECA	0.0002	0.0228	0.0957	0.1187
		Np-235		9.9997E-01				
		U-231		2.7000E-05				
		Pu-236	2.858 y	ASF	5.8524	0.0128	0.0022	5.8674
		U-232		1.00				
		SF		1.3700E-09				
		Pu-237	45.2 d	ECA	0.0002	0.0171	0.0537	0.0710
		Np-237		1.00				
		U-233		4.2000E-05				
		Pu-238	87.7 y	ASF	5.5803	0.0107	0.0021	5.5930
		U-234		1.00				
		SF		1.8500E-09				
		Pu-239	2.411E+4 y	A	5.2357	0.0075	0.0011	5.2442
		U-235m		9.9940E-01				
		U-235		6.0000E-04				
		Pu-240	6564 y	ASF	5.2434	0.0105	0.0019	5.2559
		U-236		1.00				
		SF		5.7500E-08				
		Pu-241	14.35 y	B-A	0.0001	0.0052	<E-04	0.0054
		Am-241		9.9998E-01				
		U-237		2.4500E-05				
		Pu-242	3.75E+5 y	ASF	4.9738	0.0090	0.0017	4.9855
		U-238		1.00				
		SF		5.5400E-06				
		Pu-243	4.956 h	B-	-	0.1729	0.0259	0.1988
		Am-243		1.00				
		Pu-244	8.00E+7 y	ASF	4.6513	0.0197	0.0211	4.9094
		U-240		9.9879E-01				
		SF		1.2100E-03				
		Pu-245	10.5 h	B-	-	0.3190	0.4027	0.7217
Am-245		1.00						
Pu-246	10.84 d	B-	-	0.1159	0.1431	0.2590		
Am-246m		1.00						
Am-237	73.0 m	ECA	0.0015	0.0802	0.3714	0.4531		
Pu-237		9.9975E-01						
Np-233		2.5000E-04						
Am-238	98 m	ECB+A	<E-04	0.0485	0.9023	0.9509		
Pu-238		1.00						
Np-234		1.0000E-06						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Am-239	11.9 h	ECA	0.0006	0.1709	0.2436	0.4150
		Pu-239		9.9990E-01				
		Np-235		1.0000E-04				
		Am-240	50.8 h	ECA	<E-04	0.0758	1.0355	1.1112
		Pu-240		1.00				
		Np-236		1.9000E-06				
		Am-241	432.2 y	A	5.5712	0.0373	0.0293	5.6379
		Np-237		1.00				
		Am-242	16.02 h	B-EC	-	0.1806	0.0188	0.1994
		Cm-242		8.2700E-01				
		Pu-242		1.7300E-01				
		Am-242m	141 y	ITA	0.0238	0.0439	0.0056	0.0734
		Am-242		9.9550E-01				
		Np-238		4.5000E-03				
		Am-243	7.37E+3 y	A	5.3583	0.0234	0.0585	5.4402
		Np-239		1.00				
		Am-244	10.1 h	B-	-	0.3330	0.8052	1.1382
		Cm-244		1.00				
		Am-244m	26 m	B-	-	0.5187	0.0172	0.5359
		Cm-244		9.9960E-01				
		Am-245	2.05 h	B-	-	0.2874	0.0324	0.3198
		Cm-245		1.00				
		Am-246	39 m	B-	-	0.7241	0.7498	1.4739
		Cm-246		1.00				
		Am-246m	25.0 m	B-	-	0.5033	0.9799	1.4832
		Cm-246		1.00				
		Am-247	23.0 m	B-	-	0.5683	0.1348	0.7031
		Cm-247		1.00				
96	Curium キュリウム	Cm-238	2.4 h	ECA	0.2537	0.0117	0.0829	0.3482
		Am-238		9.6160E-01				
		Pu-234		3.8400E-02				
		Cm-239	2.9 h	ECB+	-	0.0291	0.2593	0.2883
		Am-239		1.00				
		Cm-240	27 d	ASF	6.3650	0.0108	0.0022	6.3781
		Pu-236		9.9700E-01				
		SF		3.9000E-08				
		Cm-241	32.8 d	ECA	0.0603	0.1342	0.5034	0.6979
		Am-241		9.9000E-01				
		Pu-237		1.0000E-02				

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)				
					アルファ	電子	光子	計	
97	Berkelium バークリウム	Cm-242	162.8 d	ASF	6.2041	0.0096	0.0020	6.2156	
		Pu-238		1.00					
				SF	6.3700E-08				
		Cm-243	29.1 y	AEC	5.8929	0.1342	0.1353	6.1624	
				Pu-239		9.9760E-01			
				Am-243		2.4000E-03			
		Cm-244	18.10 y	ASF	5.8915	0.0079	0.0017	5.9014	
				Pu-240		1.00			
				SF	1.3710E-06				
		Cm-245	8.5E+3 y	ASF	5.4474	0.0824	0.1084	5.6382	
				Pu-241		1.00			
				SF	6.1000E-09				
		Cm-246	4.76E+3 y	ASF	5.4654	0.0085	0.0050	5.5285	
				Pu-242		9.9974E-01			
				SF	2.6300E-04				
		Cm-247	1.56E+7 y	A	5.0292	0.0114	0.3138	5.3544	
				Pu-243		1.00			
		Cm-248	3.48E+5 y	ASF	4.7212	0.7716	1.3127	22.5608	
				Pu-244		9.1610E-01			
				SF	8.3900E-02				
		Cm-249	64.15 m	B-	-	0.2835	0.0200	0.3035	
				Bk-249		1.00			
		Cm-250	8300 y	AB-SF	0.9283	8.4270	13.3167	161.287	
				Pu-246		1.8000E-01			
		Bk-250		8.0000E-02					
		SF	7.4000E-01						
Cm-251	16.8 m	B-	-	0.4545	0.1112	0.5657			
		Bk-251		1.00					
		Bk-245	4.94 d	ECA	0.0075	0.1326	0.2352		
		Cm-245		9.9880E-01					
		Am-241		1.2000E-03					
		Bk-246	1.80 d	EC	-	0.0554	0.8546		
		Cm-246		1.00					
		Bk-247	1.38E+3 y	A	5.7031	0.0691	0.1468		
		Am-243		1.00					
		Bk-248m	23.7 h	B-EC	-	0.1910	0.0559		
		Cf-248		7.0000E-01					
		Cm-248		3.0000E-01					

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
98	Californium カリホルニウム	Bk-249	330 d	B-A	<E-04	0.0324	<E-04	0.0325
		Cf-249		1.00				
		Am-245		1.4500E-05				
		Bk-250	3.212 h	B-	-	0.2949	0.8983	1.1932
		Cf-250		1.00				
		Bk-251	55.6 m	B-	-	0.3693	0.0915	0.4608
		Cf-251		1.00				
		Cf-244	19.4 m	A	7.3196	0.0075	0.0020	7.3291
		Cm-240		1.00				
		Cf-246	35.7 h	ASF	6.8527	0.0060	0.0014	6.8606
		Cm-242		1.00				
		SF		2.5000E-06				
		Cf-247	3.11 h	ECA	0.0022	0.0463	0.1050	0.1536
		Bk-247		9.9965E-01				
		Cm-243		3.5000E-04				
		Cf-248	334 d	ASF	6.3518	0.0075	0.0020	6.3670
		Cm-244		9.9997E-01				
		SF		2.9000E-05				
		Cf-249	351 y	ASF	5.9262	0.0399	0.3282	6.2944
		Cm-245		1.00				
		SF		5.0200E-09				
		Cf-250	13.08 y	ASF	6.1168	0.0103	0.0111	6.2897
		Cm-246		9.9923E-01				
		SF		7.7000E-04				
		Cf-251	900 y	A	5.8803	0.1705	0.1245	6.1754
		Cm-247		1.00				
		Cf-252	2.645 y	ASF	6.0177	0.2516	0.4572	12.8107
		Cm-248		9.6908E-01				
		SF		3.0920E-02				
		Cf-253	17.81 d	B-A	0.0188	0.0908	0.0048	0.1144
		Es-253		9.9690E-01				
		Cm-249		3.1000E-03				
		Cf-254	60.5 d	ASF	0.0183	10.0442	16.8399	222.890
Cm-250		3.1000E-03						
SF		9.9690E-01						
Cf-255	85 m	B-	-	0.2178	-	0.2178		
Es-255		1.00						
99	Einsteinium アインスタイニウム	Es-249	102.2 m	ECB+A	0.0392	0.0437	0.4129	0.4958
		Cf-249		9.9430E-01				
		Bk-245		5.7000E-03				

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
100	Fermium フェルミウム	Es-250	8.6 h	EC	-	0.3281	1.2235	1.5516
		Cf-250		9.8500E-01				
		Es-250m	2.22 h	ECB+	-	0.0343	0.5549	0.5892
		Cf-250		1.00				
		Es-251	33 h	ECA	0.0329	0.0522	0.1016	0.1868
		Cf-251		9.9500E-01				
		Bk-247		5.0000E-03				
		Es-253	20.47 d	ASF	6.7335	0.0022	0.0008	6.7366
		Bk-249		1.00				
		SF		8.9000E-08				
		Es-254	275.7 d	A B-SF	6.5244	0.0727	0.0208	6.6179
		Bk-250		1.00				
		Fm-254		1.7400E-06				
		SF		3.0000E-08				
		Es-254m	39.3 h	B-AECSF	0.0208	0.2408	0.4757	0.8269
		Fm-254		9.8000E-01				
		Bk-250		3.2000E-03				
		Cf-254		7.6000E-04				
		SF		4.5000E-04				
		Es-255	39.8 d	B-ASF	0.5117	0.0737	0.0007	0.5950
		Fm-255		9.2000E-01				
		Bk-251		8.0000E-02				
		SF		4.5000E-05				
		Es-256	25.4 m	B-	-	0.5822	0.0032	0.5854
		Fm-256		1.00				
		Fm-251	5.30 h	ECB+A	0.1252	0.0337	0.1588	0.3176
		Es-251		9.8200E-01				
		Cf-247		1.8000E-02				
		Fm-252	25.39 h	ASF	7.1449	0.0064	0.0018	7.1578
		Cf-248		9.9998E-01				
		SF		2.3000E-05				
		Fm-253	3.00 d	ECA	0.8352	0.1084	0.0713	1.0150
		Es-253		8.8000E-01				
Cf-249		1.2000E-01						
Fm-254	3.240 h	ASF	7.2956	0.0095	0.0086	7.4339		
Cf-250		9.9941E-01						
SF		5.9200E-04						
Fm-255	20.07 h	ASF	7.1292	0.0954	0.0170	7.2417		
Cf-251		1.00						
SF		2.3000E-07						

(次ページに続く)

表 A.1 ICRP-07 コレクションの放射性核種の性質 (続)

Z	元素	核種	半減期	壊変様式	放出エネルギー (MeV/nt)			
					アルファ	電子	光子	計
		Fm-256	157.6 m	ASF	0.5686	6.3116	12.4371	205.496
				Cf-252				
				SF				
		Fm-257	100.5 d	ASF	6.6154	0.1471	0.1521	7.3388
				Cf-253				
				SF				

ICRP Publication 107
線量計算のための核壊変データ

2022年1月28日 初版第1刷発行

監修 佐藤 達彦
翻訳 遠藤 暁
編集 ICRP 刊行物翻訳委員会

発行 原子力規制委員会

連絡先 〒106-8450 東京都港区六本木1-9-9
六本木ファーストビル7F
原子力規制庁 長官官房放射線防護グループ
放射線防護企画課

電話 03-5114-2265 (課代表)

F a x 03-5114-2266

翻訳公開URL https://www.nsr.go.jp/activity/kokusai/honyaku_04.html

© Nuclear Regulation Authority, Japan, 2022

Printed in Japan

DTP 株式会社フォレスト

【非売品】

ICRP

Publication 107