

JAERI-Data/Code  
96-003



線量換算係数の算出のために使用される  
核構造データファイルの更新と保守

1996年2月

外川織彦・山口勇吉

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問合せは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1996

編集兼発行 日本原子力研究所

印 刷 株原子力資料サービス

線量換算係数の算出のために使用される  
核構造データファイルの更新と保守

日本原子力研究所東海研究所環境安全研究部

外川 織彦・山口 勇吉<sup>+</sup>

(1996年1月30日受理)

原研で開発した線量換算係数算出コードシステム DOSDAC では、放射線データを算出するための基礎データとして ENSDF 崩壊データを使用している。ENSDF 崩壊データは、国際的ネットワークの下で新しい文献値を吟味しながら、定期的に更新されている。従って、このデータを使用することにより、最新かつ国際的に認知された情報から放射線データを算出することができる。しかし実際には、ENSDF 崩壊データの応用分野での使用は少ない。これは、データファイル構造の複雑さに加え、放射線データ算出の観点から崩壊データの不備・欠陥などの解決すべき問題点が存在するからである。

本報告では線量換算係数の算出のために使用される ENSDF 崩壊データの更新と保守の方法を記述した。ENSDF 崩壊データを直接用いる場合、データの不備・欠陥などの注意を要する点が時として見受けられる。DOSDAC コードシステムでは、ENSDF 崩壊データの更新時あるいは使用時に、4つの支援計算コードを通じてデータの不備・欠陥をチェック・修正することによって、誤った放射線データの算出を避ける工夫をしている。

Renewal and Maintenance of a Nuclear Structure Data File  
Used for the Calculations of Dose Conversion Factors

Orihiko TOGAWA and Yukichi YAMAGUCHI<sup>+</sup>

Department of Environmental Safety Research  
Tokai Research Establishment  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 30, 1996)

The ENSDF decay data are used as fundamental data to compute radiation data in the DOSDAC code system, which was developed at JAERI, for the calculation of dose conversion factors. The ENSDF decay data have been periodically revised by reviewing new experimental data in the literature under an international network. The use of this data file enables us to calculate radiation data from information which is the newest and internationally recognized. In spite of this advantage, the decay data file is seldom used in applied fields. This is due to some problems to be solved from a viewpoint of the calculation of radiation data, as well as its complicated structure.

This report describes methods for renewal and maintenance of the ENSDF decay data used for the calculation of dose conversion factors. In case that the decay data are used directly, attention should be sometimes paid to some problems, for example defects in data. In renewing and using the ENSDF decay data, the DOSDAC code system tries to avoid wrong calculations of radiation data by check and modification of defects in data through four supporting computer codes.

Keywords: Nuclear Structure Data File, Dose Conversion Factor, ENSDF Decay Data, DOSDAC Code System, Radiation Data

---

+ Department of Reactor Safety Research

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. DOSDAC コードシステムの概要 .....	1
3. ENSDF 崩壊データの構造と問題点 .....	3
3.1 放射線データと ENSDF 崩壊データ .....	3
3.2 データファイルの構造 .....	3
3.3 データの問題点 .....	4
4. ENSDF 崩壊データの更新と保守の方法 .....	5
4.1 データファイル形式の変換 .....	5
4.2 データの不備・欠陥の修正 .....	7
4.3 データのファイルへの追加と置換 .....	7
4.4 子孫核種の同定 .....	8
5. おわりに .....	8
参考文献 .....	10

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Outline of the DOSDAC Code System .....	1
3. Structure and Problems of ENSDF Decay Data .....	3
3.1 Radiation Data and ENSDF Decay Data .....	3
3.2 Structure of a Data File .....	3
3.3 Problems of Data .....	4
4. Methods for Renewal and Maintenance of ENSDF Decay Data .....	5
4.1 Transformation of a Data File Format .....	5
4.2 Modification of Defects in Data .....	7
4.3 Addition and Replacement of Data to a File .....	7
4.4 Identification of Progeny Radionuclides .....	8
5. Concluding Remarks .....	8
References .....	10

## 1. はじめに

環境中被曝線量評価あるいは放射線防護の計算には、線量換算係数を用いる方法が広く利用されている。内部及び外部被曝に関する線量換算係数は、単位放射能摂取当りの内部被曝線量及び環境媒体における単位放射能濃度当りの外部被曝線量率とそれぞれ定義される。原研では、基礎データから線量換算係数を系統的に算出する計算コードシステムDOSDACの開発を進めてきた<sup>1-5)</sup>。

DOSDACコードシステムでは、核崩壊データとして評価済核構造データファイル(Evaluated Nuclear Structure Data File : ENSDF) 崩壊データ<sup>6)</sup>を使用し、放射線データを算出する。従って、ENSDF崩壊データを更新あるいは保守し、必要に応じてデータを修正することは、使用しているデータの状況と信頼性を把握し、最新の核崩壊データを用いて正確な放射線データを計算するために重要である。データファイルの更新と保守の必要性の第1は、ENSDF崩壊データがある特定のmass chain毎に定期的(年2回の割合)に更新されているためである。この更新に伴って同一の核種、崩壊モードについて旧データを新データに置き換えたり、旧ファイルに見られなかった核種、崩壊モードに関するデータを追加することができる。第2の必要性は、ENSDF崩壊データを使用する際にいくつかの問題点が存在するためである。ENSDF崩壊データには、必要データの欠如・不備、崩壊図式に組み込めなかった $\gamma$ 転移(unplaced- $\gamma$ )の存在等による崩壊の分岐比の不整合、エネルギーバランスの不均衡などが時として見受けられる。これらの不備・欠陥は、ENSDF崩壊データが放射線データ算出を直接の目的とするものではなく、核構造データの提供を主眼にすることによる。ENSDF崩壊データの更新時もしくは使用時にデータの不備や欠陥が見い出された場合には、これが原因となる誤った放射線データの算出を避けるためにデータを修正する必要がある。

本報告では、DOSDACコードシステムにおいて線量換算係数を算出するために用いられるENSDF崩壊データの更新と保守の方法を記述した。

## 2. DOSDAC コードシステムの概要

DOSDACコードシステムは、核崩壊データ、原子データ、代謝データ、解剖学的データという基礎データを用いて、内部及び外部被曝に関する線量換算係数を系統的に算出する大型計算機用システムである。線量換算係数の計算は、内部被曝についてはICRP Publ.30<sup>7-8)</sup>に示された方法、外部被曝については米国オークリッジ国立研究所(Oak Ridge National Laboratory : ORNL) のKocherが提案した方法<sup>9)</sup>によって行

## 1. はじめに

環境中被曝線量評価あるいは放射線防護の計算には、線量換算係数を用いる方法が広く利用されている。内部及び外部被曝に関する線量換算係数は、単位放射能摂取当りの内部被曝線量及び環境媒体における単位放射能濃度当りの外部被曝線量率とそれぞれ定義される。原研では、基礎データから線量換算係数を系統的に算出する計算コードシステムDOSDACの開発を進めてきた<sup>1-5)</sup>。

DOSDACコードシステムでは、核崩壊データとして評価済核構造データファイル(Evaluated Nuclear Structure Data File : ENSDF) 崩壊データ<sup>6)</sup>を使用し、放射線データを算出する。従って、ENSDF崩壊データを更新あるいは保守し、必要に応じてデータを修正することは、使用しているデータの状況と信頼性を把握し、最新の核崩壊データを用いて正確な放射線データを計算するために重要である。データファイルの更新と保守の必要性の第1は、ENSDF崩壊データがある特定のmass chain毎に定期的(年2回の割合)に更新されているためである。この更新に伴って同一の核種、崩壊モードについて旧データを新データに置き換えたり、旧ファイルに見られなかった核種、崩壊モードに関するデータを追加することができる。第2の必要性は、ENSDF崩壊データを使用する際にいくつかの問題点が存在するためである。ENSDF崩壊データには、必要データの欠如・不備、崩壊図式に組み込めなかった $\gamma$ 転移(unplaced- $\gamma$ )の存在等による崩壊の分岐比の不整合、エネルギーバランスの不均衡などが時として見受けられる。これらの不備・欠陥は、ENSDF崩壊データが放射線データ算出を直接の目的とするものではなく、核構造データの提供を主眼にすることによる。ENSDF崩壊データの更新時もしくは使用時にデータの不備や欠陥が見い出された場合には、これが原因となる誤った放射線データの算出を避けるためにデータを修正する必要がある。

本報告では、DOSDACコードシステムにおいて線量換算係数を算出するために用いられるENSDF崩壊データの更新と保守の方法を記述した。

## 2. DOSDAC コードシステムの概要

DOSDACコードシステムは、核崩壊データ、原子データ、代謝データ、解剖学的データという基礎データを用いて、内部及び外部被曝に関する線量換算係数を系統的に算出する大型計算機用システムである。線量換算係数の計算は、内部被曝についてはICRP Publ.30<sup>7-8)</sup>に示された方法、外部被曝については米国オークリッジ国立研究所(Oak Ridge National Laboratory : ORNL) のKocherが提案した方法<sup>9)</sup>によって行

われる。

DOSDACコードシステムの構成を第1図に示す。このシステムは、DOSDAC、REVENSという2つの制御モジュールとこれらの制御下で作動する12個の機能モジュール、そしてOUTDF、VADMAP<sup>10)</sup>という2つの計算コード、及びいくつかのデータファイルから構成されている。第1表に各々のモジュール及び計算コードの機能を示す。システムを構成する機能モジュールのうち、FETCH44とSAVE44はENSDF崩壊データと共に提供される計算コードである。

制御モジュールDOSDACの制御下で作動する各機能モジュールの入力データは、TDGENモジュールでまとめて準備する。これにより、複数の機能モジュールを使用しているにもかかわらず单一の計算コードのように取り扱うことができる。また、種々の必要なデータには標準値が用意されているので、これらのデータを使用する限りは、簡単な入力データを用意するだけで計算を実行できる。準備されている標準データは、核崩壊データと代謝データの一部を除くと、ICRP Publ.30で使用されたデータ値と同じである。アクチニド元素の代謝データには、ICRP Publ.48<sup>11)</sup>に示された値を用いている。

ICRP-TIMED、ICRP-SEE及びICRP-DOSEという3つの機能モジュールは、ICRPコード<sup>12)</sup>の各モジュールを導入したものである。このうち第1の機能については、ICRP-TIMEDの機能を拡張したTIMED/Jを新たに開発してシステムに組み込んでいる。このモジュールでは、代謝モデルとしてICRPの標準モデルとその拡張モデルを取り扱うことができる。標準モデルでは、各器官における元素の残留式は、アルカリ土類元素を除くと指数関数の線形結合で表現される。拡張モデルでは、ヨウ素の代謝に見られるように核種が体内をリサイクルする場合、及び娘核種の代謝挙動が親核種のそれと異なる場合の取り扱いが可能である。またICRP Publ.30では、アルカリ土類元素の骨に関する代謝データとして複合巾関数を用いているが、TIMED/Jでは取り扱うことができないため、NRPB-R82<sup>13)</sup>に記載されたデータを用いている。

放射線データは、EDISTRコード<sup>14)</sup>と同等のモジュールRADCALを用いて、ENSDF崩壊データから算出する。この際、崩壊データの妥当性のチェック及び必要な訂正を、システムに含まれる関連データファイルに渡って自動的に行う機能を持っている。

比実効エネルギー（Specific Effective Energy : SEE）の算出は、標準値としてORNL-5000<sup>15)</sup>に与えられた比吸収割合（Specific Absorbed Fraction : SAF）の値を用いて行われる。さらに、欧米成人（標準人：Reference Man<sup>16)</sup>）と異なる体型のSAFについても、VADMAPコードにより算出可能であり、被曝線量評価の対象集団に特有なSEE値を算出することができる。

以上のように、DOSDACコードシステムでは複数の計算コードを順次結合して、モジューラ・システム化が行われている。これにより、基礎データから線量換算係数までの計算を系統的に実施することが可能になり、基礎データの改訂を迅速かつ容易に線量換算係数の変更に反映させることができる。

### 3. ENSDF崩壊データの構造と問題点

#### 3. 1 放射線データとENSDF崩壊データ

内部及び外部被曝に関する線量換算係数を算定するためには、放射線データが不可欠である。応用分野で用いられる放射線データは、一般的には放射線データブックあるいは何らかの中間ファイルといった加工された情報を使用している場合が多い。この事実は、核構造データが定期的に改訂されているにもかかわらず、最新情報をその都度中間的な段階へ取り込まなければ、核構造データの改訂が直接反映されないことを意味する。このため、特別な中間ファイルを用いることなく、核構造データから放射線データを直接算出することによって、放射線データの使用時点における最も新しく、しかも国際的に認知された情報を使用することが可能になり、応用研究分野にとってより信頼できる基礎データが得られる。

このような状況を考慮し、ORNLでは、ENSDF崩壊データから放射線データを算出するための計算コードEDISTRを開発した。この計算コードは、ICRP Publ.30において放射線作業従事者に対する年摂取限度を計算する際に使用され、計算された放射線データは ICRP Publ.38<sup>17)</sup>として刊行された。原研においては、EDISTRと同等の計算コードRADCALを開発して、DOSDACコードシステムに組み込んだ。

ENSDF崩壊データは、その名称が示すように核構造に関する測定データを収集・評価したものとして知られ、国際的ネットワークの下で定期的に新しい文献値を吟味しながら、逐次改訂されている。また、この評価データは一定の機械的手続きを経て、Nuclear Data Sheet (Academic Press, New York) として刊行されており、核構造研究分野に関する最新情報の集大成であると言える。このデータはある特定のmass chain 每に年2回の割合で改訂され、経済協力開発機構／原子力機関 (Organization for Economic Co-operation and Development / Nuclear Energy Agency : OECD/NEA) のデータバンクを通じて各国に配布されている。

#### 3. 2 データファイルの構造

ENSDF崩壊データは、あらかじめ決められた形式<sup>18)</sup>に従って崩壊図式を数値データ化したものである。ここでは、よく知られた<sup>60</sup>Co-<sup>60</sup>Niを例にして、その構造につ

以上のように、DOSDACコードシステムでは複数の計算コードを順次結合して、モジューラ・システム化が行われている。これにより、基礎データから線量換算係数までの計算を系統的に実施することが可能になり、基礎データの改訂を迅速かつ容易に線量換算係数の変更に反映させることができる。

### 3. ENSDF崩壊データの構造と問題点

#### 3. 1 放射線データとENSDF崩壊データ

内部及び外部被曝に関する線量換算係数を算定するためには、放射線データが不可欠である。応用分野で用いられる放射線データは、一般的には放射線データブックあるいは何らかの中間ファイルといった加工された情報を使用している場合が多い。この事実は、核構造データが定期的に改訂されているにもかかわらず、最新情報をその都度中間的な段階へ取り込まなければ、核構造データの改訂が直接反映されないことを意味する。このため、特別な中間ファイルを用いることなく、核構造データから放射線データを直接算出することによって、放射線データの使用時点における最も新しく、しかも国際的に認知された情報を使用することが可能になり、応用研究分野にとってより信頼できる基礎データが得られる。

このような状況を考慮し、ORNLでは、ENSDF崩壊データから放射線データを算出するための計算コードEDISTRを開発した。この計算コードは、ICRP Publ.30において放射線作業従事者に対する年摂取限度を計算する際に使用され、計算された放射線データは ICRP Publ.38<sup>17)</sup>として刊行された。原研においては、EDISTRと同等の計算コードRADCALを開発して、DOSDACコードシステムに組み込んだ。

ENSDF崩壊データは、その名称が示すように核構造に関する測定データを収集・評価したものとして知られ、国際的ネットワークの下で定期的に新しい文献値を吟味しながら、逐次改訂されている。また、この評価データは一定の機械的手続きを経て、Nuclear Data Sheet (Academic Press, New York) として刊行されており、核構造研究分野に関する最新情報の集大成であると言える。このデータはある特定のmass chain 每に年2回の割合で改訂され、経済協力開発機構／原子力機関 (Organization for Economic Co-operation and Development / Nuclear Energy Agency : OECD/NEA) のデータバンクを通じて各国に配布されている。

#### 3. 2 データファイルの構造

ENSDF崩壊データは、あらかじめ決められた形式<sup>18)</sup>に従って崩壊図式を数値データ化したものである。ここでは、よく知られた<sup>60</sup>Co-<sup>60</sup>Niを例にして、その構造につ

いて簡単に述べる。第2図及び第3図には、 $^{60}\text{Co}$   $\beta^-$ 崩壊の崩壊図式及び対応する ENSDF崩壊データをそれぞれ示す。これらのデータは1993年版のデータである。第3図に示すように、ENSDF崩壊データは、親核種名、娘核種名、崩壊モードなどを示したIDカードから始まる。これに続く各レコードのうち8カラム目に、P、L、B、Gが付されたレコード（Pカード、Lカード、Bカード、Gカードと呼ぶ）によって、親核種のエネルギー準位、崩壊に関する娘核種のエネルギー準位、 $\beta^-$ 転移及び $\gamma$ 転移に係わる物理量、がそれぞれ記述されている。これらの物理量は第2図に示された崩壊図式に含まれる諸量が対応する。これとは別に8カラム目にNが付されたレコード（Nカード）では、BカードあるいはGカードに与えられている $\beta^-$ 線あるいは $\gamma$ 線の強度を100崩壊当たりに規格化するための定数（規格化定数）、及び当該データセットに記述されている崩壊モードの分岐比が与えられている。また、第3図の例では除かれているが、7カラム目にCが付されたコメントカード（Cカード）には、実測データの状況、データの評価方法などに関するコメントが記載されている。これらは、放射線データの算出には直接関与しない。

### 3. 3 データの問題点

ENSDF崩壊データには、放射線データを算出する上でいくつかの問題点が時として存在する。これらの問題点の主なものは以下の通りである。

#### ① 必要データの欠如・不備

PカードあるいはNカードが欠如していたり、Nカードが与えられていても規格化定数と分岐比の一部またはすべてが空白とされることがある。また、準安定状態の娘核種へ転移する核種については、準安定状態からの $\gamma$ 線の放出が重複している場合がある。

#### ② 入力形式の誤り

データが決められた形式に従って入力されていなかったり、データの記入に誤りが見られることがある。前者の例ではデータが誤ったカラムに記載されている場合、後者の例では半減期の単位が不適切である場合が認められる。

#### ③ 崩壊の分岐比の不整合

親核種からの転移強度の和あるいは娘核種の基底状態への転移強度の和が、与えられた分岐比と異なることがある。これは、Nカードに与えられる規格化定数及び分岐比の不備が主な原因の一つである<sup>19)</sup>。また、ある崩壊モードに関するデータがファイルに含まれていない場合がある。

#### ④ 崩壊に関するエネルギーバランスの不均衡

崩壊データから計算された放射線の放出エネルギーが、対象とした崩壊のQ値と異なるものがある。これは、先に述べた崩壊の分岐比の不整合という不備

の他に、崩壊図式に組み込めなかったunplaced- $\gamma$ の存在にも起因していると考えられる<sup>19)</sup>。

以上に示したようなENSDF崩壊データの問題点が専門家以外の使用を妨げ、応用面への適用を困難にしている原因の1つになっている。従って、計算コードRADCALを使用して最新のENSDF崩壊データから放射線データを計算しようとする時、崩壊データの不備・欠陥による誤った放射線データの算出を避けるために、データの不備・欠陥をチェックし、必要に応じて修正する必要がある。このため原研では、ENSDF崩壊データの更新とデータのチェック・修正を行う支援計算コードを開発した。

#### 4. ENSDF 崩壊データの更新と保守の方法

以上に示したENSDF崩壊データの更新とデータのチェック・修正は、4つの支援計算コード（HEADSRC、NEWSRC、REPLAC及びDCYGRF）によって実施される。データの更新と保守の作業は、

- (1) 原形のENSDF崩壊データからDOSDAC用データへの形式の変換
- (2) ENSDF崩壊データの問題点の修正
- (3) 新しいENSDF崩壊データの旧ファイルへの追加と置換
- (4) 指定された親核種に対する子孫核種の同定

という4つの過程で行われ、その手順は第4図に示した通りである。それぞれの過程における計算コードの機能及び作業内容を以下に示す。

##### 4. 1 データファイル形式の変換

原形のENSDF崩壊データは、HEADSRCコードを通してDOSDAC用データへ変換され、新たに崩壊連鎖データが作成される。1993年版のデータを例として、原形のENSDF崩壊データを第5図、変換されたDOSDAC用データを第6図にそれぞれ示す。また、第7図には作成された崩壊連鎖データを示す。崩壊連鎖データは、ENSDF崩壊データに含まれる情報から直接作成されるものであり、崩壊連鎖図を図示するために使用される。このデータファイルには、親核種名、半減期、崩壊モード、娘核種名及び分岐比が含まれる。

第5図と第6図を比較するとわかるように、DOSDAC用のENSDF崩壊データは原形のデータと比較して以下の点が異なっている。

- ① すべてのコメントカードが削除される。
- ②  $^{252}\text{Cf}$ のように、崩壊モードが自発核分裂である核種に関するデータは除かれる。

の他に、崩壊図式に組み込めなかったunplaced- $\gamma$ の存在にも起因していると考えられる<sup>19)</sup>。

以上に示したようなENSDF崩壊データの問題点が専門家以外の使用を妨げ、応用面への適用を困難にしている原因の1つになっている。従って、計算コードRADCALを使用して最新のENSDF崩壊データから放射線データを計算しようとする時、崩壊データの不備・欠陥による誤った放射線データの算出を避けるために、データの不備・欠陥をチェックし、必要に応じて修正する必要がある。このため原研では、ENSDF崩壊データの更新とデータのチェック・修正を行う支援計算コードを開発した。

#### 4. ENSDF 崩壊データの更新と保守の方法

以上に示したENSDF崩壊データの更新とデータのチェック・修正は、4つの支援計算コード（HEADSRC、NEWSRC、REPLAC及びDCYGRF）によって実施される。データの更新と保守の作業は、

- (1) 原形のENSDF崩壊データからDOSDAC用データへの形式の変換
- (2) ENSDF崩壊データの問題点の修正
- (3) 新しいENSDF崩壊データの旧ファイルへの追加と置換
- (4) 指定された親核種に対する子孫核種の同定

という4つの過程で行われ、その手順は第4図に示した通りである。それぞれの過程における計算コードの機能及び作業内容を以下に示す。

##### 4. 1 データファイル形式の変換

原形のENSDF崩壊データは、HEADSRCコードを通してDOSDAC用データへ変換され、新たに崩壊連鎖データが作成される。1993年版のデータを例として、原形のENSDF崩壊データを第5図、変換されたDOSDAC用データを第6図にそれぞれ示す。また、第7図には作成された崩壊連鎖データを示す。崩壊連鎖データは、ENSDF崩壊データに含まれる情報から直接作成されるものであり、崩壊連鎖図を図示するために使用される。このデータファイルには、親核種名、半減期、崩壊モード、娘核種名及び分岐比が含まれる。

第5図と第6図を比較するとわかるように、DOSDAC用のENSDF崩壊データは原形のデータと比較して以下の点が異なっている。

- ① すべてのコメントカードが削除される。
- ②  $^{252}\text{Cf}$ のように、崩壊モードが自発核分裂である核種に関するデータは除かれる。

- ③  $^{106}\text{Ag}$ のように、核異性体転移以外の崩壊モードにおいてPカードが欠如している核種に関するデータは削除される。
- ④  $^{109}\text{Ru}$ のように、崩壊モードが核異性体転移であり、零でないエネルギーレベルのない核種に関するデータは削除される。
- ⑤  $^{24}\text{Ne}$ のように、準安定状態の娘核種へ転移する核種のうち、親核種及び娘核種に関するデータセットの双方に準安定状態からの $\gamma$ 線の放出が記載されている核種については、この重複が修正される。

ENSDF崩壊データ及び崩壊連鎖データの妥当性を判断し、必要に応じてデータを修正するための助けとなるように、LP (Line Printer) には第8図に示すような種々の情報が印刷される。出力される項目は以下の通りである。

- ① Nカードに与えられている規格化定数及び崩壊の分岐比。
- ② 親核種からの転移強度の和及び与えられた分岐比との差異。親核種からの転移強度の和については、荷電粒子を放出する核種では荷電粒子の全放出強度、 $^{24}\text{Na}$ 、 $^{85}\text{Zr}$ 及び $^{137}\text{Ba}$ のように崩壊モードが核異性体転移である核種では準安定状態からの $\gamma$ 線の放出強度がそれぞれ計算される。
- ③  $^{24}\text{Ne}$ のように準安定状態へ転移する核種については、そのエネルギーレベル及び与えられた分岐比が正しいと仮定した場合のこのレベルへの転移強度。
- ④ 崩壊に関する娘核種の基底状態への転移強度の和及び与えられた分岐比との差異。

また、データに不備・欠陥が存在する場合には、以下のような"ERROR"や"CAUTION"が同時に印刷される。

- ① 前述のように、Pカードが欠如している場合 ( $^{106}\text{Ag}$ )、あるいは崩壊モードが核異性体転移であり、零でないエネルギーレベルのない場合 ( $^{109}\text{Ru}$ ) には、"ERROR"として印刷され、これらの核種に関するデータは削除される。
- ②  $^{22}\text{O}$ と $^{109}\text{Ru}$ のようにNカードが欠如している場合には、"ERROR"として印刷される。上記の転移強度を計算するために、規格化定数と分岐比を以下のように仮定する。すなわち、 $\gamma$ 線強度規格化定数、 $\gamma$ 転移 ( $\gamma$ 線+内部転換電子) 規格化定数及び分岐比を1、 $\beta$ 転移 ( $\beta$ 線+軌道電子捕獲) 規格化定数を分岐比の逆数とする。
- ③  $^6\text{Li}$ のように、半減期の単位が不適切である場合には、"ERROR"として印刷される。そして、対応する半減期が零であると仮定して、先に示した転移強度の計算を行う。
- ④ 崩壊モードが $\beta$ 転移であり、 $\beta$ 転移規格化定数を分岐比の逆数と仮定している時、 $^{85}\text{Zr}$ のように、分岐比の逆数するよりも1とした方が崩壊に関する分岐

比の不整合が小さい場合は、"CAUTION"として印刷される。上記の転移強度の計算を行う際には、 $\beta$ 線転移強度規格化定数を1とする。

ここで示した例では、"ERROR"や"CAUTION"は印刷されていないが、 $^{137}\text{Cs}$ と $^{137\text{m}}\text{Ba}$ でもデータに不備が見られる。以上のように、LPに印刷された情報によってデータに不備・欠陥が見られる核種については、その原因を明らかにしてデータを修正する必要がある。データの修正方法については次の節で説明する。

#### 4. 2 データの不備・欠陥の修正

HEADSRCコードの実行を通してENSDF崩壊データに不備・欠陥が見い出された場合には、該当するデータを修正する必要がある。ここでは、1993年版のENSDF崩壊データに収納されている $^{137}\text{Cs}$ - $^{137\text{m}}\text{Ba}$ を例として、データの修正方法を説明する。核分裂収率が大きく半減期が比較的長いため、環境影響評価上重要な核種であるにもかかわらず、第8図に示されたHEADSRCコードの出力からわかるように、崩壊モードの欠落と分岐比の不整合が見られる。すなわち、 $^{137}\text{Cs}$ では準安定状態である $^{137\text{m}}\text{Ba}$ への転移が欠落している。また、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ では基底状態への $\gamma$ 線の放出強度が与えられた分岐比より11%も小さい。前者の不備は、第7図に示された崩壊連鎖データにも見られる。これは、崩壊連鎖データがENSDF崩壊データから直接作成されるため、ENSDF崩壊データの不備が反映されるからである。

以上に示したデータの不備の原因を同定してこれを修正するために、原形のENSDF崩壊データの中から修正すべき $^{137}\text{Cs}$ と $^{137\text{m}}\text{Ba}$ に関するデータを、NEWSRCコードを用いて抽出する。抽出された崩壊データ及びこれからコメントカードを除いたものは、第5図及び第6図に示した両核種に関するデータと同じである。これらのデータからわかるように、 $^{137}\text{Cs}$ では準安定状態である娘核種のエネルギー準位に関する半減期が欠落している。また、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ では $\gamma$ 線強度規格化定数が誤っている。

これらの崩壊データの不備を第9図に示すように修正する。ただし、見やすくするためにコメントカードはすべて除いた。修正したデータファイルに対して再びHEADSRCコードを実行させると、第10図及び第11図に示すようなLP出力及び崩壊連鎖データが得られ、データの修正が適切に行われたことが理解される。

#### 4. 3 データのファイルへの追加と置換

原形のENSDF崩壊データの定期的な更新に伴って作成され、データの不備・欠陥を修正されたDOSDAC用のENSDF崩壊データと崩壊連鎖データは、REPRACコードによって旧ファイルへ追加・置換される。新データの旧ファイルへの追加・置換は以下のように行われる。

- ①追加： 旧ファイルにない核種名と崩壊モードに関するデータは新たに追加される。ただし、旧ファイルに存在する核種名と崩壊モードでも半減期が10%以上異なる場合には、別の核種とみなされる。
- ②置換： 旧ファイルに既に存在する核種名と崩壊モードについては、旧データは新データに置き換えられる。

#### 4. 4 子孫核種の同定

以上のようにして更新・修正されたENSDF崩壊データと崩壊連鎖データを用いて、DCYGRFコードにより指定された親核種に対する子孫核種が同定される。選択された核種に関するデータはRADCALコードの入力として使用される。

親核種を指定する方法には以下の3つのモードがある。

- ①モード1： 文字"MASS"と質量数を入力し、データファイルに含まれる指定した質量数のすべての同重核を親核種とした子孫核種を同定する。
- ②モード2： 文字"ACTI"、系列を表す文字及び質量数を入力し、データファイルに含まれる指定した質量数以下のすべてのアクチニドを親核種とした子孫核種を同定する。
- ③モード3： 元素名と質量数を入力し、その核種を親核種とした子孫核種を同定する。

同定された子孫核種は崩壊連鎖図として出力される。モード3に対する崩壊連鎖図の出力例を第12図に示す。また、崩壊連鎖に関する情報は、第13図に示されるような形式でLPに出力される。

図示された崩壊連鎖図には、崩壊の分岐比の不整合が存在する核種あるいはある崩壊モードが欠落している核種が見受けられる場合がある。第12図及び第13図に示した例では、崩壊モードの欠落が見られる。すなわち、放射性核種である<sup>24</sup>Naの半減期が零となっており、<sup>24</sup>Naから<sup>24</sup>Mgへのβ<sup>-</sup>崩壊が欠如している。これは、<sup>24</sup>Naから<sup>24</sup>Mgへのβ<sup>-</sup>崩壊に関する崩壊データが1993年版ENSDFに存在しているにもかかわらず、ここで例示したデータファイル（第5図）に含まれていないためである。このような場合には、データの不備・欠陥を修正しておく必要がある。

#### 5. おわりに

原研で開発した線量換算係数算出コードシステムDOSDACでは、放射線データを算出するための基礎データとしてENSDF崩壊データを使用している。このデータは、国際的ネットワークの下で新しい文献値を逐次吟味しながら、定期的（年2回の割

- ①追加： 旧ファイルにない核種名と崩壊モードに関するデータは新たに追加される。ただし、旧ファイルに存在する核種名と崩壊モードでも半減期が10%以上異なる場合には、別の核種とみなされる。
- ②置換： 旧ファイルに既に存在する核種名と崩壊モードについては、旧データは新データに置き換えられる。

#### 4. 4 子孫核種の同定

以上のようにして更新・修正されたENSDF崩壊データと崩壊連鎖データを用いて、DCYGRFコードにより指定された親核種に対する子孫核種が同定される。選択された核種に関するデータはRADCALコードの入力として使用される。

親核種を指定する方法には以下の3つのモードがある。

- ①モード1： 文字"MASS"と質量数を入力し、データファイルに含まれる指定した質量数のすべての同重核を親核種とした子孫核種を同定する。
- ②モード2： 文字"ACTI"、系列を表す文字及び質量数を入力し、データファイルに含まれる指定した質量数以下のすべてのアクチニドを親核種とした子孫核種を同定する。
- ③モード3： 元素名と質量数を入力し、その核種を親核種とした子孫核種を同定する。

同定された子孫核種は崩壊連鎖図として出力される。モード3に対する崩壊連鎖図の出力例を第12図に示す。また、崩壊連鎖に関する情報は、第13図に示されるような形式でLPに出力される。

図示された崩壊連鎖図には、崩壊の分岐比の不整合が存在する核種あるいはある崩壊モードが欠落している核種が見受けられる場合がある。第12図及び第13図に示した例では、崩壊モードの欠落が見られる。すなわち、放射性核種である<sup>24</sup>Naの半減期が零となっており、<sup>24</sup>Naから<sup>24</sup>Mgへのβ<sup>-</sup>崩壊が欠如している。これは、<sup>24</sup>Naから<sup>24</sup>Mgへのβ<sup>-</sup>崩壊に関する崩壊データが1993年版ENSDFに存在しているにもかかわらず、ここで例示したデータファイル（第5図）に含まれていないためである。このような場合には、データの不備・欠陥を修正しておく必要がある。

#### 5. おわりに

原研で開発した線量換算係数算出コードシステムDOSDACでは、放射線データを算出するための基礎データとしてENSDF崩壊データを使用している。このデータは、国際的ネットワークの下で新しい文献値を逐次吟味しながら、定期的（年2回の割

合)に更新されている。このため、ENSDF崩壊データを使用することにより、最新かつ国際的に認知された情報源から放射線データを算出することが可能である。しかし実際には、ENSDF崩壊データの応用分野での直接的な使用は少ない。これは、データファイル構造が複雑であるばかりでなく、放射線データを算出する上で崩壊データに不備・欠陥などの解決すべき問題点が存在するからである。

このような状況を考慮し、本報告では、放射線データ算出の観点からENSDF崩壊データの更新と保守の方法を記述した。ここで述べたように、ENSDF崩壊データを直接用いようとする場合、注意を要する点が見受けられる場合がある。DOSDACコードシステムに組み込まれた放射線データ算出コードRADCALでは、ENSDF崩壊データの更新時あるいは使用時に、4つの支援計算コード(HEADSRC、NEWSRC、REPLAC及びDCYGRF)を通じてデータの不備・欠陥をチェック・修正することによって、誤った放射線データの算出を避ける工夫をしている。

核構造に関する測定データを得ることが困難である核種、特に短半減期核種とアクチニドについては、データの蓄積と評価が十分でないために、ENSDF崩壊データに問題点が見られる場合がある。今後、測定データの蓄積及び評価活動の進展によって、これらの問題点が解決され、応用分野において直接の使用が可能な、より信頼性の高いデータファイルとして整備されていくことを期待する。

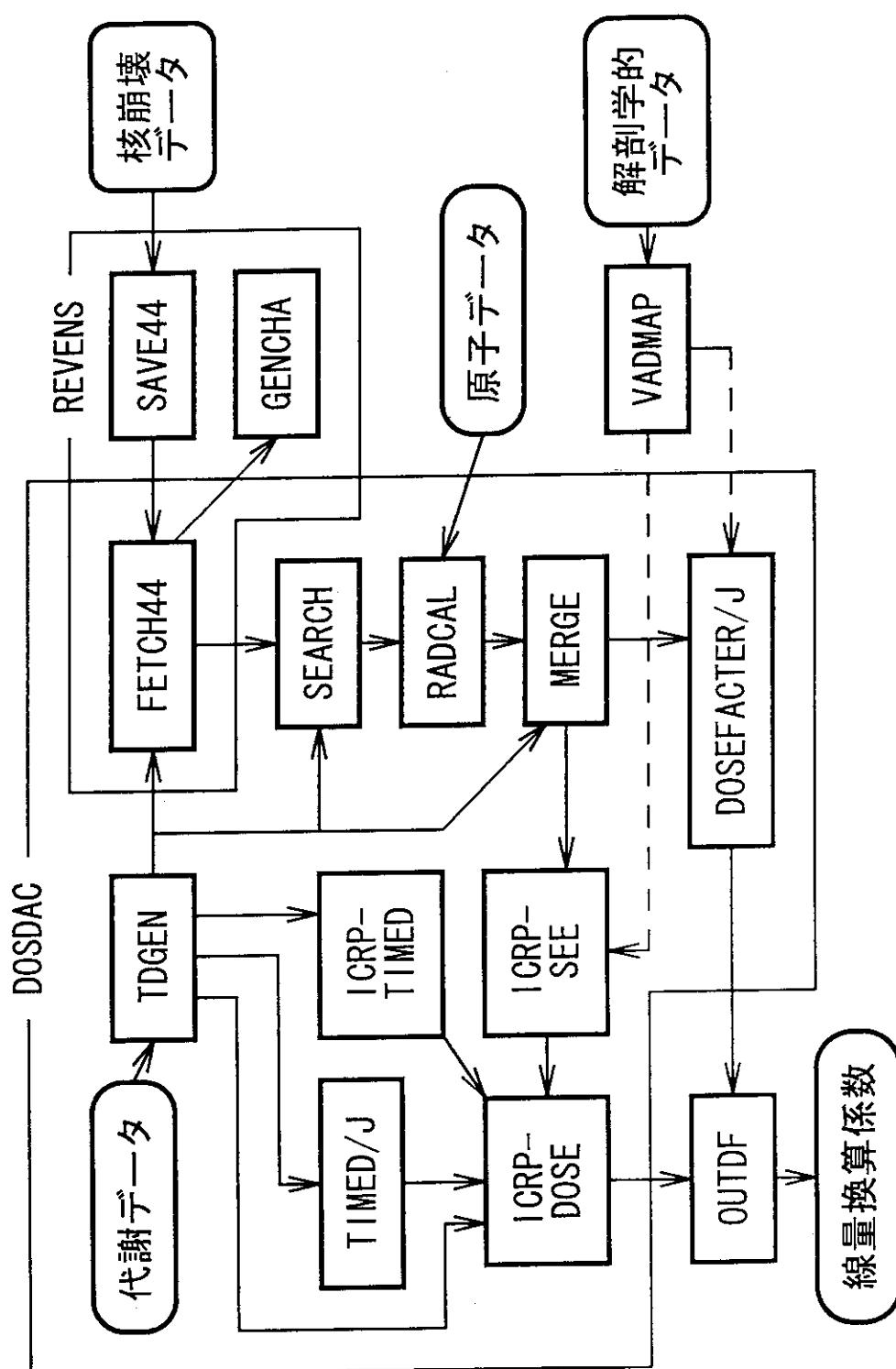
## 参 考 文 献

- 1) 山口勇吉：内部被曝線量算出用計算コードの整備とシステム化，日本保健物理学会第17回研究発表会要旨集，p.48 (1982)
- 2) 山口勇吉，外川織彦：内部被曝線量算定における娘核種の取扱い，日本原子力学会昭和58年秋の分科会予稿集第Ⅱ文冊，p.41 (1983)
- 3) 山口勇吉，外川織彦，本間俊充，片倉純一，鴻坂厚夫：線量換算係数算出システムDOSDACの開発，日本原子力学会昭和63年秋の大会予稿集第Ⅰ文冊，p.352 (1988)
- 4) 外川織彦：DOSDACシステム，日本保健物理学会体内被ばく線量評価コード専門研究会（編）：体内被ばく線量評価コードの開発の現状，p.28-36 (1992)
- 5) 外川織彦：3.2 DOSDAC，体内被ばく線量評価コード専門研究会（編）：体内被ばく線量評価コード開発の現状，保健物理，Vol.28，p.67-69 (1993)
- 6) Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF) - A computer file of evaluated nuclear structure and radioactivity decay data. The file is maintained by the National Nuclear Data Center (NNDC), Brookhaven National Laboratory, on behalf of the International Network for Nuclear Structure Data Evaluation.
- 7) International Commission on Radiological Protection: Limits for intakes of radionuclides by workers, ICRP Publication 30, Part 1 - Part 3, Pergamon Press, Oxford (1979-1982)
- 8) International Commission on Radiological Protection: Limits for intakes of radionuclides by workers: an Addendum, ICRP Publication 30, Part 4, Pergamon Press, Oxford (1988)
- 9) D.C. Kocher: Dose-rate conversion factors for external exposure to photon and electron radiation from radionuclides occurring in routine releases from nuclear fuel cycle facilities, *Health Phys.*, Vol.38, p.543-621 (1980)
- 10) Y. Yamaguchi, O. Togawa and T. Honma: The VADMAP code to calculate the SAF of photon - Code description and the performance -, JAERI-M 87-186 (1987)
- 11) International Commission on Radiological Protection: The metabolism of plutonium and related elements, ICRP Publication 48, Pergamon Press, Oxford (1986)
- 12) S.B. Watson and M.R. Ford: A user's manual to the ICRP code - A series of computer programs to perform dosimetric calculations for the ICRP Committee 2 Report, ORNL/TM-6980 (1980)
- 13) N. Adams, B.W. Hunt and J.A. Reissland: Annual limits of intake of radionuclides for workers, NRPB-R82 (1978)

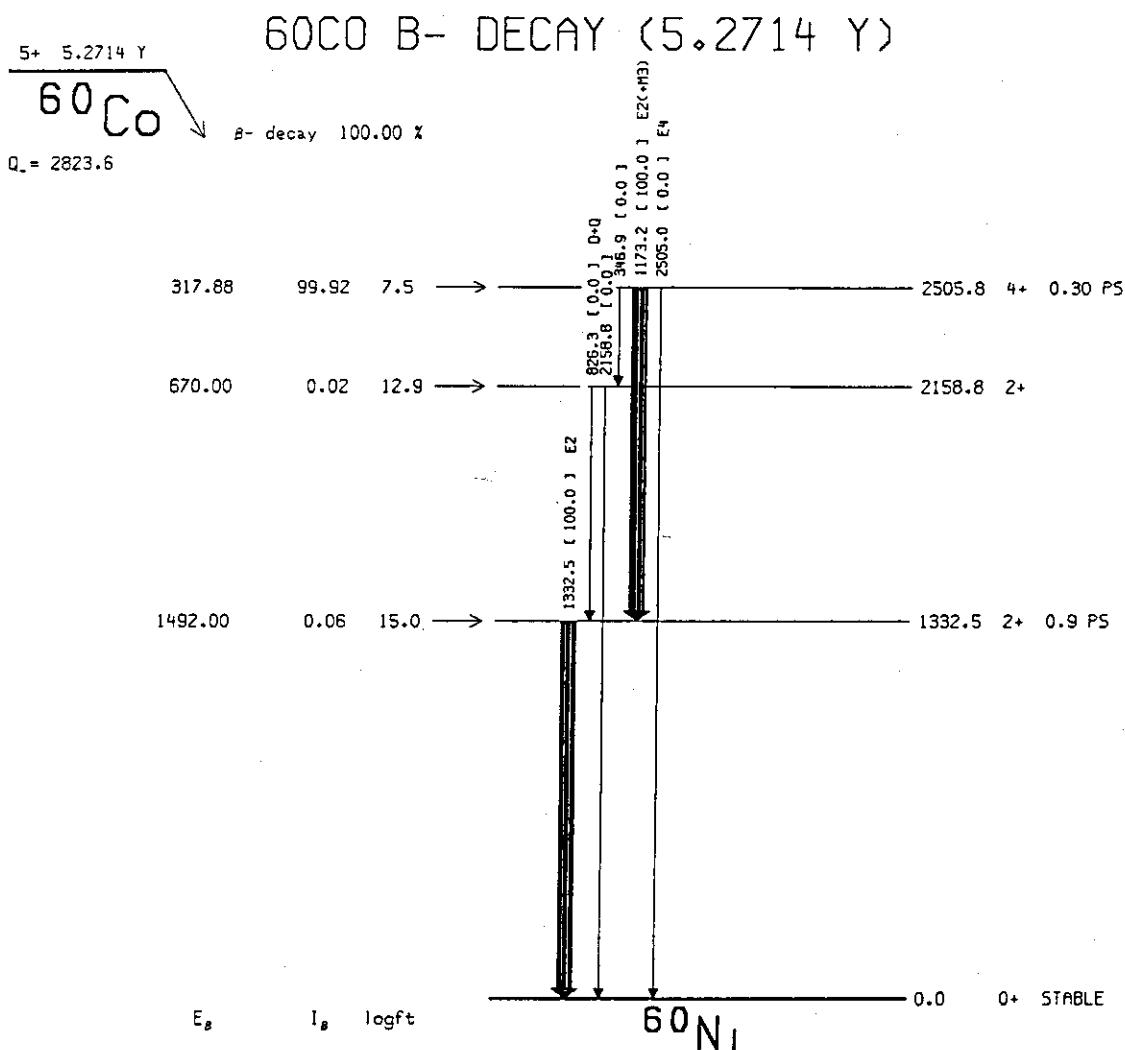
- 14) L.T. Dillman: EDISTR - A computer program to obtain a nuclear decay data base for radiation dosimetry, ORNL/TM-6689 (1980)
- 15) W.S. Snyder, M.R. Ford, G.G. Warner and S.B. Watson: A tabulation of dose equivalent per microcurie-day for source and target organs of an adult for various radionuclides, ORNL-5000 (1974)
- 16) International Commission on Radiological Protection: Report of the Task Group on Reference Man, ICRP Publication 23, Pergamon Press, Oxford (1975)
- 17) International Commission on Radiological Protection: Radionuclide transformations - Energy and intensity of emissions, ICRP Publication 38, Pergamon Press, Oxford (1983)
- 18) J. K. Tuli: Evaluated Nuclear Structure Data File - A manual for preparation of data sets, BNL-NCS-51655-Rev.87, UC-34c (1987)
- 19) 山口勇吉, 外川織彦 : ENSDFの二三の問題点, 核データニュース, No.30, p.73-79 (1988)

第1表 線量換算係数算出コードシステム DOSDAC を構成する各モジュールの機能

モジュール名	機能
制御モジュール DOSDAC	内部及び外部被曝に関する線量換算係数を算出する。
機能モジュール TDGEN	制御モジュール DOSDAC の制御下で作動する各機能モジュールの入力データを準備する。
FETCH44	評価済核構造データファイル (ENSDF) 崩壊データから対象核種に関するデータを核種名によって抽出する。(ENSDF 提供コード)
SEARCH	FETCH44 で選定された崩壊データから核種の半減期によってさらにデータを抽出する。
RADCAL	放射線データ (各放射線の放出率、平均エネルギー及び最大エネルギー) を算出する。
MERGE	RADCAL で計算した放射線データを対象核種に関して編集・統合する。
ICRP-TIMED TIMED/J	任意期間における線源器官での核種の累積崩壊数を求める。TIMED/J では各器官の代謝モデルに関して、ICRP の標準モデルとその拡張モデルが取り扱い可能である。
ICRP-SEE	内部被曝に関する線量換算係数を算出する際に使用する比実効エネルギー (SEE) を計算する。
ICRP-DOSE	核種の経口及び呼吸摂取による単位放射能当りの各標的器官の線量当量と荷重線量当量を計算する。
DOSEFACTOR /J	環境媒体における単位核種濃度当りの各器官の外部被曝線量率を計算する。
制御モジュール REVENS	ENSDF 崩壊データの改訂を行なう。
機能モジュール SAVE44	更新・修正した ENSDF 崩壊データを DOSDAC コードシステム用のデータファイルに保存する。(ENSDF 提供コード)
GENCHA	崩壊系列を作成するためのデータを ENSDF から抽出し、データファイルに出力する。
計算コード OUTDF	内部及び外部被曝に関する線量換算係数を環境中被曝線量評価用のデータファイルとして出力する。
VADMAP	モンテカルロ法とビルドアップ係数法を用い、任意体型に対する光子の比吸収割合 (SAF) を計算する。



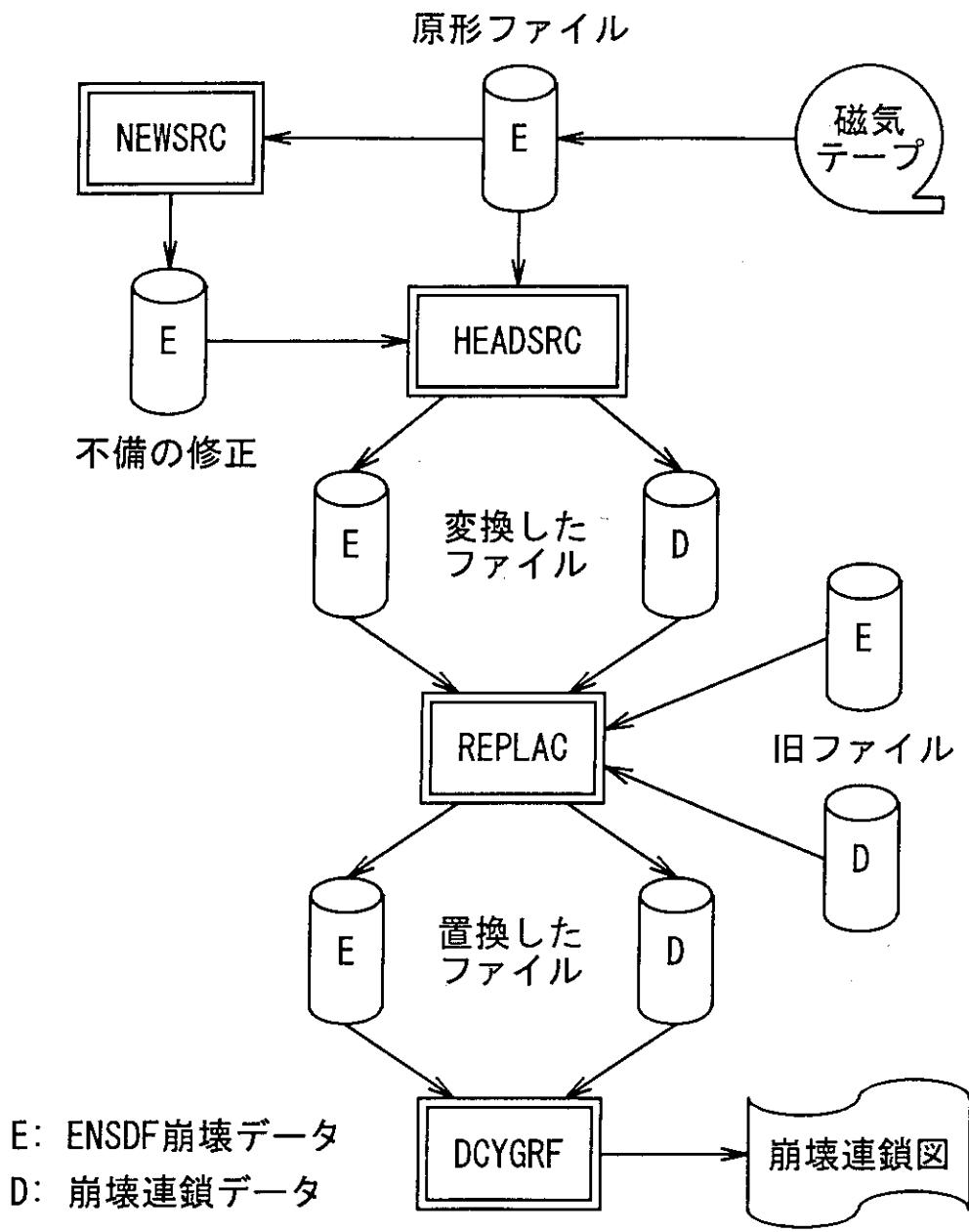
第1図 線量換算係数算出コードシステム DOSDAC の構成



第2図 1993年版 ENSDF崩壊データを用いて作成された $^{60}\text{Co}$   $\beta^-$  崩壊の崩壊図式  
(ENSDF提供コード PREND を用いて図示)

60NI	60CO	B-	DECAY	(5.2714 Y)	76CA18,68HA03	93NDS	930708
60NI	N	1.0		1.0	1.0		
60CO	P	0.0		5+	5.2714 Y 5	2823.64	11
60NI	L	0		0+	STABLE		
60NI	L	1332.517	5	2+	0.9 PS 3		
60NI	B	1492	20	0.057 20	15.03 16		2U
60NIS	B	EAV=625.87	5				
60NI	G	1332.501	5	99.9856 4 E2		1.33E-4 499.9989	2 B
60NI	L	2158.82		5 2+			
60NI	B	670	20	0.022 LT	12.9 GT		2U
60NIS	B	EAV=274.93	5				
60NI	G	826.28	9	0.0076 8 D+Q	+0.9 3		
60NI	G	2158.77		90.00111 18			
60NI	L	2505.766	7	4+	0.30 PS 9		
60NI	B	317.88	10	99.925 20	7.5099 6		D
60NIS	B	EAV=95.77	4				
60NI	G	346.93	7	0.0076 5			
60NI	G	1173.237	4	99.9736 7 E2(+M3)	-0.0025 22	1.77E-4 599.9913	5 A
60NI	G	2505		2.0E-6 4 E4			C

第3図  $^{60}\text{Co}$   $\beta^-$  崩壊に関する 1993 年版 ENSDF 崩壊データ



第4図 ENSDF 崩壊データの更新と保守の手順

88E	8LI B- DECAY		88AJ01		89022
88E CL J	FROM ADOPTED LEVELS				
8LI P 0.	2+	838 MS	6	16003.7	8
8BE N 1.0		1.0			
8BE L 0.0	0+	6.8 EV	17		
8BE L 3040	302+	1500 KEV	20		
8BE B	100	AP	5.4		
22F	220 B- DECAY		89HU07		90NDS
220 P 0.0	0+	2.25 S	15	6650	93020
22F G 709.6	3				
22F G 1874.2	10 8	4			
22F L 0.0	4+, (3+)	4.23 S	4		
22F L 71.6					
22F G 71.6	2 100	32			
22F L 709.0	10 (2,3)+				
22F G 637.4	2 100	7			
22F L 1627.0	101+				
22F B	38	AP	4.55		
22F G 918.0	2 34	4			
22F L 2571.5	101+				
22F B	62	AP	3.93		
22F G 1862.6	3 56	7			
24NA	24NA IT DECAY (20.20 MS)		90EN08		90NDS
24NA N	1.0	0.9995			93062
24NA PN					3
24NA L 0	4+	14.9590 H 12			
24NA L 472.207	9 1+	20.20 MS 7			M
24NA2 L %IT=99.95					
24NA G 472.202		M3			100
24NA	24NE B- DECAY		56DR11,69MC12,90EN08		90NDS
24NA CG TI%FROM DECAY SCHEME.					93062
24NE P 0	0+	3.38 M 2		2470	10
24NA N	1.0	1.0			
24NA PN					3
24NA L 0	4+	14.9590 H 12			
24NA L 472.207	9 1+	20.20 MS 7			M
24NA B	92.0	3	4.38 2		
24NAS B EAV=	835 5				
24NA G 472.202		M3			100
24NA CG TI%WITH 24NA(20.20 MS) IN EQUILIBRIUM.					
24NA L 1346.63	2 1+				
24NA B	8.0	3	4.38 3		
24NAS B EAV=	436 4				
24NA G 874.41				8.0	3
24MG	24NA B- DECAY (20.20 MS)		56DR11,80HE08,90EN08		90NDS
24NA P 472.207	9 1+	20.20 MS 7		5513.6	6
24MG N		0.0005	2000		
24MG L 0	0+	STABLE			
24MG B	0.05		5.80		
24MGS B EAV=	2768.3 3				
85Y	85ZR B+ DECAY (10.9 S)		76IA01		91NDS
85Y C	ISOTOPE PRODUCED BY 89Y(P,5N) REACTION AT 60 MEV. YIELDS AT DIFFERENT				91042
85Y 2C	BOMBARDING ENERGIES AND SR TARGETS WERE USED TO DISCRIMINATE AGAINST				
85Y 3C	OTHER ISOTOPES, GELI DETECTORS.				
85ZR P 292.2	3 (1/2-)	10.9 S 3		469E+1	10
85Y N 10.5	LE	0.08	GE12.5		
85Y CN NR, BR	FROM IG=100 FOR THE 292-TRANSITION IN 85ZR AND IG=9 FOR				

第5図 原形のENSDF崩壊データ(1993年版)の例(1/3)

85Y 2CN THE 417-TRANSITION ASSUMING M=E3 FOR THE 292-TRANSITION.  
 85Y 3CN BECAUSE (IE+IB+)(GS) IS NOT KNOWN ONLY AN UPPER LIMIT IS  
 85Y 4CN GIVEN.  
 85Y PN 1.0 4  
 85Y L 0.0 (1/2)-  
 85Y E 96.9LT 3.1LT 4.0GT 100 LT ?  
 85Y 2 E EAV= 181E+1 5%CK= 0.0272 21%CL= 0.00320 25%CM+= 0.00071 6%  
 85Y L 416.5 3(3/2)-  
 85Y E 7.7LE 0.3LE 4.8GE 8 LE  
 85Y 2 E EAV= 161E+1 5%CK= 0.037 4%CL= 0.0044 4%CM+= 0.00098 9%  
 85Y G 416.5 3 9

85ZR 85ZR IT DECAY (10.9 S) 76IA01 91NDS 910426  
 85ZR C ISOTOPE PRODUCED BY 89Y(P,5N) REACTION AT 60 MEV. YIELDS AT DIFFERENT  
 85ZR2C BOMBARDING ENERGIES AND SR TARGETS WERE USED TO DISCRIMINATE AGAINST  
 85ZR3C OTHER ISOTOPES, GELI DETECTORS.  
 85ZR N 0.91 0.92 LE  
 85ZR CN BRANCHING FROM IG=100 FOR THE 292-TRANSITION AND IG=9 FOR THE  
 85ZR2CN 417-TRANSITION IN 85Y.  
 85ZR PN  
 85ZR L 0.0 7/2+  
 85ZR L 292.2 3 (1/2-) 10.9 S 3 M1  
 85ZR G 292.2 3 100 (E3) 0.0975  
 85ZRS G KC= 0.0803 %LC=0.01291 % NC+=0.00037  
 85ZR CG E BECAUSE OF THE OBSERVATION OF 292 AND 417G'S WITH  
 85ZR2CG T=10.9 S 3 FROM WHICH THE 417G BELONGS TO 85Y (SEE 85Y  
 85ZR3CG ADOPTED LEVELS), THIS G HAS BEEN ASSIGNED TO 85ZR.  
 85ZR CG M FROM JPI=(1/2-) AND JPI(GS)=(7/2)+.

89KR 252CF SF DECAY 74CLZX 89NDS 900214  
 89KR C 74CLZX: ISOMERIC LEVELS OF 252CF FISSION FRAGMENTS,  
 89KR2C STUDIED BY XK AND G OBSERVATION, SILI AND GELI DETECTORS.  
 89KR3C ALSO 87KA02: FISSION PRODUCT SEPARATION, DELAYED  
 89KR4C BG COINCIDENCES.  
 89KR N 21.0E-5 13  
 89KR CN NR 1G PER 100 FISSIONS=21.0E-5 13 (74CLZX) C  
 89KR PN  
 89KR2PN PER FISSIONS OF 252CF.  
 89KR L 0 (3/2+,5/2+)  
 89KR L 28.6 1(3/2+,5/2+) 22.0 NS 13  
 89KR CL T FROM 74CLZX (SLOW COINCIDENCE WITH FISSION FRAGMENTS AND  
 89KR2CL TIME-TO-AMPLITUDE CONVERTERS). OTHER: 21 NS 3 (87KA02:  
 89KR3CL DELAYED BG COINCIDENCES).  
 89KR G 28.6 1100

106CD 106AG B- DECAY (23.96 M) 88NDS 880208  
 106CD L 0.0 0+ ?  
 106CD B 1 LT 4.1 GT

109RU 109RU IT DECAY 78FR16 91NDS 911210  
 109RU C ACTIVITY FROM 239PU(N,F) AND 249CF(SF). RADIOCHEMICAL SEPARATIONS  
 109RU C MEASURED: G, GG (78FR16), (87KA29)  
 109RU C BY ANALYSIS OF THE DECAY CURVES OF THE STRONG G AT 206 AND  
 109RU2C 226 KEV, 78FR16 FOUND A GROWTH WITH A T1/2 OF 12.9 S.  
 109RU3C THE ASSIGNMENT TO RU IS MADE BY COMPARING ACTIVITIES  
 109RU4C COMING FROM DIFFERENT FISSILE SYSTEMS.  
 109RU5C HOWEVER, 87KA29 REPORT NO EVIDENCE FOR A 12.9-S ISOMER, SO  
 109RU6C THIS HALF-LIFE WAS NOT ADOPTED.  
 109RU G 206.2 2 100  
 109RU G 225.9 2 100  
 109RU CG 74CLZX HAVE MEASURED T1/2 = 890 NS 26 FOR 225.9G IN  
 109RU2CG 252CF(SF)

第5図 原形のENSDF崩壊データ(1993年版)の例(2/3)

137BA 137BA IT DECAY (2.55 M) 83NDS 831005  
 137BA C MEASURED: G, CE, DOUBLE-DECAY PROCESSES  
 137BA CL J ADOPTED VALUES  
 137BA N 0.890 6 1.0  
 137BA L 0.0 3/2+ STABLE  
 137BA L 661.660 311/2- 2.5513 M 7 M1  
 137BA G 661.660 3 M4 0.1097 7 100  
 137BA CG E EVALUATED VALUE (78HE21); OTHERS: 661.649 12 (76B016)  
 137BA2CG 661.638 19 (68GEZV, 71HE20)  
 137BA CG CC WEIGHTED MEAN OF 0.1083 3 (83BE18), 0.1092 8 (78CH22),  
 137BA2CG 0.1100 3 (75G028), 0.1106 4 (73LEZJ), 0.1124 6 (69HA05),  
 137BA3CG 0.1100 11 (65ME03)  
 137BA CG EKC=0.0890 8 WEIGHTED MEAN OF 0.0881 2 (83BE18),  
 137BA2CG 0.0888 7 (78CH22), 0.0901 11 (73LEZJ),  
 137BA3CG 0.0916 4 (69HA05), 0.0907 10 (65ME03)  
 137BA CG M K:L1:L2:L3=1000 20:151 4:22 1:19 1 (62GE09), K/L=5.29 23,  
 137BA2CG L1:L2:L3=341 10:100:50 3 (67KA24)  
 137BA CG DOUBLE-DECAY PROCESSES: SEE 71LJ02, 71LJ01, 71P004, 69LJ01  
 137BA2 G KC= 0.0926 YLC=0.01669 CC=0.1148

137BA 137CS B- DECAY 83BE18 83NDS 831005  
 137BA C MEASURED: E(B-) (83BE18, 78CH22, 68W002, 66HS02, 58Y001),  
 137BA2C SHAPE OF THE B SPECTRA (83BE18, 78CH22, 78GR09, 69SC23, 66HS02),  
 137BA3C LONGITUDINAL POLARIZATION OF B (75D014), INTERNAL BREMSSTRAHLUNG  
 137BA4C (77WE04, 75BA20)  
 137BA C RI/IB=0.8521 7 (83BE18); OTHERS: 0.857 0 (65ME03), 0.851 4 (69HA05)  
 137BA CL J ADOPTED VALUES  
 137CS P 0.0 7/2+ 30.0 Y 2 1173.2 9  
 137BA N 1.00 1.0  
 137BA L 0.0 3/2+  
 137BA B 1176 15.57 1 12.08 4  
 137BA2 B EAV= 415.2 4  
 137BA CB E FROM 66HS02, 1176 3 (58Y001), 1176 15 (83BE18)  
 137BA CB IB FROM 83BE18; OTHERS: 5.3 4 (68W002), 5.4 3 (69HA05),  
 137BA2CB 6.0 5 (66HS02), 7.6 8 (58Y001)  
 137BA CB SHAPE:DJ=2(NO) (66HS02, 69SC23, 78GR09) M  
 137BA L 661.660 311/2-  
 137BA G 661.660 385.21 7M4 0.1097 7  
 137BA CG RI FROM 83BE18; OTHERS: 84.7 9 (78MEZM), 86.0 6  
 137BA2CG (75G028), 85.3 12 (73LEZJ), 85.1 4 (69HA05)  
 137BA CG MULT.,CC: SEE 137BA IT DECAY  
 137BA B 514.03 2394.43 1 9.616 5 1U  
 137BA2 B EAV= 173.4 4  
 137BA CB E FROM 83BE18; OTHERS: 513.89 26 (78CH22),  
 137BA2CB 511.63 84 (68W002), 514 1 (66HS02), 514 3 (58Y001)  
 137BA CB IB FROM 83BE18; OTHERS: 94.52% 7 (78CH22), 94.6 3 (68W002),  
 137BA2CB 94.0 5 (66HS02), 92.4 8 (58Y001)  
 137BA CB SHAPE:DJ=2(YES)-1U (83BE18, 78GR09, 69SC23, 66HS02)

第5図 原形の ENSDF 崩壊データ (1993年版) の例 (3/3)

8BE	8LI	B- DECAY		88AJ01			890227
8LI	P	0.	2+	838	MS	6	16003.7
8BE	N	1.0		1.0			8
8BE	L	0.0	0+	6.8	EV	17	
8BE	L	3040	302+	1500	KEV	20	
8BE	B		100	AP		5.4	
22F	220	B- DECAY		89HU07			930203
220	P	0.0	0+	2.25	S	15	90NDS
22F	G	709.6	3				6650
22F	G	1874.2	10 8	4			90
22F	L	0.0	4+, (3+)	4.23	S	4	
22F	L	71.6					
22F	G	71.6	2 100	32			
22F	L	709.0	10 (2,3)+				
22F	G	637.4	2 100	7			
22F	L	1627.0	101+				
22F	B		38	AP		4.55	
22F	G	918.0	2 34	4			
22F	L	2571.5	101+				
22F	B		62	AP		3.93	
22F	G	1862.6	3 56	7			
24NA	24NA	IT DECAY (20.20 MS)		90EN08			930624
24NA	N		1.0	0.9995			
24NA	L	0	4+	14.9590	H	12	
24NA	L	472.207	9 1+	20.20	MS	7	
24NA2	L	XIT=99.95					M
24NA	G	472.202		M3			100
24NA	24NE	B- DECAY		56DR11,69MC12,90EN08			930624
24NE	P	0	0+	3.38	M	2	2470
24NA	N		1.0	1.0			10
24NA	L	0	4+	14.9590	H	12	
24NA	L	472.207	9 1+	20.20	MS	7	
24NA	B		92.0	3		4.38	2
24NAS	B	EAV=	835 5				
24NA	G	472.202	0.0	M3			0.0
24NA	L	1346.63	2 1+				
24NA	B		8.0	3		4.38	3
24NAS	B	EAV=	436 4				
24NA	G	874.41					8.0
							3
24MG	24NA	B- DECAY (20.20 MS)		56DR11,80HE08,90EN08			930624
24NA	P	472.207	9 1+	20.20	MS	7	5513.6
24MG	N		0.0005	2000			6
24MG	L	0	0+	STABLE			
24MG	B		0.05	5.80			
24MGS	B	EAV=	2768.3 3				
85Y	85ZR	B+ DECAY (10.9 S)		76IA01			910426
85ZR	P	292.2	3 (1/2-)	10.9	S	3	469E+1
85Y	N	10.5	LE	0.08	GE12.5		10
85Y	L	0.0	(1/2)-				
85Y	E		96.9LT	3.1LT		4.0GT	
85Y 2	E	EAV=	181E+1	5%CK=	0.0272	21%CL=	0.00320
85Y	L		416.5	3(3/2)-		25%CM+=	0.00071 6%
85Y	E		7.7LE	0.3LE		4.8GE	
85Y 2	E	EAV=	161E+1	5%CK=	0.037	4%CL=	0.0044
85Y	G		416.5	3 9		4%CM+=	0.00098 9%

第6図 DOSDAC コードシステム用に変換された ENSDF 崩壊データの例 (1/2)

85ZR	85ZR IT DECAY (10.9 S)	76IA01	91NDS	910426
85ZR	N 0.91	0.92	LE	
85ZR	L 0.0	7/2+		
85ZR	L 292.2	3 (1/2-)	10.9 S	3
85ZR	G 292.2	3 100 (E3)		0.0975
85ZRS	G KC= 0.0803	¥LC=0.01291	¥	NC+=0.00037
137BA	137BA IT DECAY (2.55 M)		83NDS	831005
137BA	N 0.890	6	1.0	
137BA	L 0.0	3/2+	STABLE	
137BA	L 661.660	311/2-	2.5513 M	7
137BA	G 661.660	3 M4		0.1097 7 100
137BA2	G KC= 0.0926	¥LC=0.01669	¥ CC=0.1148	
137BA	137CS B- DECAY	83BE18	83NDS	831005
137CS	P 0.0	7/2+	30.0 Y 2	1173.2 9
137BA	N 1.00		1.0	
137BA	L 0.0	3/2+		
137BA	B 1176	15.57	1	12.08 4
137BA2	B EAV=	415.2 4		
137BA	L 661.660	311/2-		
137BA	G 661.660	385.21	7M4	0.1097 7
137BA	B 514.03	2394.43	1	9.616 5
137BA2	B EAV=	173.4 4		

第6図 DOSDAC コードシステム用に変換された ENSDF 崩壊データの例 (2/2)

8LI	8.380E+02	MS	B-	1.000E+00	8BE 0
220	2.250E+00	S	B-	1.000E+00	22F 0
24NA	M 2.020E+01	MS	IT	9.995E-01	24NA 0
24NE	3.380E+00	M	B-	0.0	24NA 1
	1.000E+00		2.020E+01	MS	
24NA	M 2.020E+01	MS	B-	5.000E-04	24MG 0
85ZR	M 1.090E+01	S	B+	8.000E-02	85Y 0
85ZR	M 1.090E+01	S	IT	9.200E-01	85ZR 0
137BAM	2.551E+00	M	IT	1.000E+00	137BA 0
137CS	3.000E+01	Y	B-	1.000E+00	137BA 0

第7図 ENSDF 崩壊データから作成された崩壊連鎖データの例

-----  
 8BE 8LI B- DECAY 88AJ01 890227  
 ---- NORM. FACTORS GIVEN IN N-CARD  
 NR= 1.00000E+00 NT= 0.0  
 NB= 0.0 BR= 1.00000E+00  
 \*\*\*\* ERROR \*\*\* UNIT OF LIFE MISMATCHED  
 UNIT INPUTTED= KE  
 TOTAL INTENSITIES OF A, B, OR EC= 100.00 %/DECAY  
 DISCREPANCY(V.S. BR USED)= 0.0 %/DECAY  
 TOTAL FEEDS TO ISM. AND GRND LEVELS= 0.0 %/DECAY  
 DISCREPANCY(V.S. BR USED)= -100.00 %/DECAY  
 -----  
 22F 220 B- DECAY 89HU07 90NDS 930203  
 NO N-CARD \*\*\* ERROR  
 TOTAL INTENSITIES OF A, B, OR EC= 100.00 %/DECAY  
 DISCREPANCY(V.S. BR USED)= 0.0 %/DECAY  
 TOTAL FEEDS TO ISM. AND GRND LEVELS= 100.00 %/DECAY  
 DISCREPANCY(V.S. BR USED)= 0.0 %/DECAY  
 -----  
 24NA 24NA IT DECAY (20.20 MS) 90EN08 90NDS 930624  
 ---- NORM. FACTORS GIVEN IN N-CARD  
 NR= 0.0 NT= 1.00000E+00  
 NB= 0.0 BR= 9.99500E-01  
 G-FEED FROM IT-LEVEL= 99.95 %/DECAY  
 DISCREPANCY (V.S. BR USED) 0.0 %/DECAY  
 TOTAL FEEDS TO ISM. AND GRND LEVELS= 99.95 %/DECAY  
 DISCREPANCY(V.S. BR USED)= 0.0 %/DECAY  
 -----  
 24NA 24NE B- DECAY 56DR11,69MC12,90EN08 90NDS 930624  
 ---- NORM. FACTORS GIVEN IN N-CARD  
 NR= 0.0 NT= 1.00000E+00  
 NB= 1.00000E+00 BR= 1.00000E+00  
 TOTAL INTENSITIES OF A, B, OR EC= 100.00 %/DECAY  
 DISCREPANCY(V.S. BR USED)= 0.0 %/DECAY  
 FEED TO ISOM. LEVEL( EL= 472.21 KEV)  
 BRANCH TO THE LEVEL= 100.00 %/DECAY  
 ( ASSUMED THAT BR USED IS CORRECT )  
 TOTAL FEEDS TO ISM. AND GRND LEVELS= 100.00 %/DECAY  
 DISCREPANCY(V.S. BR USED)= 0.0 %/DECAY  
 -----  
 24MG 24NA B- DECAY (20.20 MS) 56DR11,80HE08,90EN08 90NDS 930624  
 ---- NORM. FACTORS GIVEN IN N-CARD  
 NR= 0.0 NT= 0.0  
 NB= 2.00000E+03 BR= 5.00000E-04  
 TOTAL INTENSITIES OF A, B, OR EC= 0.05 %/DECAY  
 DISCREPANCY(V.S. BR USED)= 0.0 %/DECAY  
 TOTAL FEEDS TO ISM. AND GRND LEVELS= 0.05 %/DECAY  
 DISCREPANCY(V.S. BR USED)= -0.00 %/DECAY  
 -----  
 85Y 85ZR B+ DECAY (10.9 S) 76IA01 91NDS 910426  
 ---- NORM. FACTORS GIVEN IN N-CARD  
 NR= 1.05000E+01 NT= 0.0  
 NB= 1.25000E+01 BR= 8.00000E-02  
 \*\*\*CAUTION: NB CHANGED TO 1. FROM 1/BR  
 TOTAL INTENSITIES OF A, B, OR EC= 8.64 %/DECAY  
 DISCREPANCY(V.S. BR USED)= 0.64 %/DECAY  
 TOTAL FEEDS TO ISM. AND GRND LEVELS= 15.56 %/DECAY  
 DISCREPANCY(V.S. BR USED)= 7.56 %/DECAY

第8図 HEADSRC コードで出力される ENSDF 崩壊データに関する情報 (1/2)

```

----- 85ZR 85ZR IT DECAY (10.9 S) 76IA01 91NDS 910426
----- NORM. FACTORS GIVEN IN N-CARD
      NR= 9.10000E-01          NT= 0.0
      NB= 0.0                  BR= 9.20000E-01
      G-FEED FROM IT-LEVEL=    91.88 %/DECAY
      DISCREPANCY (V.S. BR USED)= -0.12 %/DECAY
      TOTAL FEEDS TO ISM. AND GRND LEVELS= 91.88 %/DECAY
      DISCREPANCY(V.S. BR USED)= -0.12 %/DECAY
----- 89KR 252CF SF DECAY 74CLZX 89NDS 900214
----- 106CD 106AG B- DECAY (23.96 M) 88NDS 880208
----- NO P-CARD *** ERROR
      THE DATA SET HAS BEEN SUPPRESSED.
----- 109RU 109RU IT DECAY 78FR16 91NDS 911210
----- NO N-CARD *** ERROR
      NO NON-ZERO ENERGY LEVEL IN IT-DECAY
      THE DATA SET HAS BEEN SUPPRESSED.
----- 137BA 137BA IT DECAY (2.55 M) 83NDS 831005
----- NORM. FACTORS GIVEN IN N-CARD
      NR= 8.90000E-01          NT= 0.0
      NB= 0.0                  BR= 1.00000E+00
      G-FEED FROM IT-LEVEL=    89.00 %/DECAY
      DISCREPANCY (V.S. BR USED)= -11.00 %/DECAY
      TOTAL FEEDS TO ISM. AND GRND LEVELS= 89.00 %/DECAY
      DISCREPANCY(V.S. BR USED)= -11.00 %/DECAY
----- 137BA 137CS B- DECAY 83BE18 83NDS 831005
----- NORM. FACTORS GIVEN IN N-CARD
      NR= 1.00000E+00          NT= 0.0
      NB= 0.0                  BR= 1.00000E+00
      TOTAL INTENSITIES OF A, B, OR EC= 100.00 %/DECAY
      DISCREPANCY(V.S. BR USED)= -0.00 %/DECAY
      TOTAL FEEDS TO ISM. AND GRND LEVELS= 100.13 %/DECAY
      DISCREPANCY(V.S. BR USED)= 0.13 %/DECAY

```

第8図 HEADSRC コードで出力される ENSDF 崩壊データに関する情報 (2/2)

137BA	137BA IT DECAY (2.55 M)		83NDS	831005	
137BA	N 1.0	6	1.0		
137BA	L 0.0	3/2+	STABLE		
137BA	L 661.660	311/2-	2.5513 M 7		
137BA	G 661.660	3	M4	M1	
137BA2	G KC= 0.0926	¥LC=0.01669¥ CC=0.1148	0.1097 7 100		
137BA	137CS B- DECAY	83BE18	83NDS	831005	
137CS	P 0.0	7/2+	30.0 Y 2	1173.2 9	
137BA	N 1.00		1.0		
137BA	L 0.0	3/2+			
137BA	B 1176	15.57	1	12.08 4	
137BA2	B EAV=	415.2 4			
137BA	L 661.660	311/2-	2.5513 M	M	
137BA	G 661.660	30.0	M4	0.1097 70.0	
137BA	B 514.03	2394.43	1	9.616 5	1U
137BA2	B EAV=	173.4 4			

第9図 修正された<sup>137</sup>Csと<sup>137m</sup>BaのENSDF崩壊データ

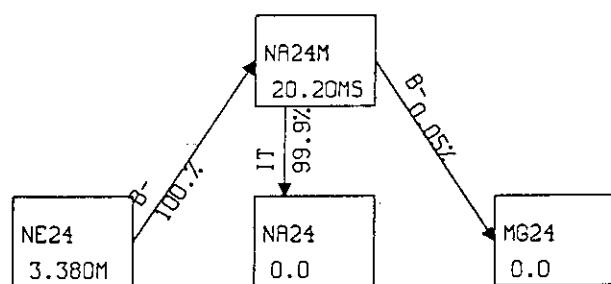
137BA	137BA IT DECAY (2.55 M)		83NDS	831005
---- NORM. FACTORS GIVEN IN N-CARD				
	NR= 1.00000E+00	NT= 0.0		
	NB= 0.0	BR= 1.00000E+00		
	G-FEED FROM IT-LEVEL=	100.00 %/DECAY		
	DISCREPANCY (V.S. BR USED)	0.0 %/DECAY		
	TOTAL FEEDS TO ISM. AND GRND LEVELS=	100.00 %/DECAY		
	DISCREPANCY(V.S. BR USED)=	0.0 %/DECAY		
137BA	137CS B- DECAY	83BE18	83NDS	831005
---- NORM. FACTORS GIVEN IN N-CARD				
	NR= 1.00000E+00	NT= 0.0		
	NB= 0.0	BR= 1.00000E+00		
	TOTAL INTENSITIES OF A, B, OR EC=	100.00 %/DECAY		
	DISCREPANCY(V.S. BR USED)=	-0.00 %/DECAY		
	FEED TO ISM. LEVEL( EL= 661.66 KEV)			
	BRANCH TO THE LEVEL=	94.43 %/DECAY		
	( ASSUMED THAT BR USED IS CORRECT )			
	TOTAL FEEDS TO ISM. AND GRND LEVELS=	100.00 %/DECAY		
	DISCREPANCY(V.S. BR USED)=	-0.00 %/DECAY		

第10図 修正された<sup>137</sup>Csと<sup>137m</sup>BaのENSDF崩壊データに関する情報

```

137BAM 2.551E+00 M IT 1.000E+00 137BA 0
137CS 3.000E+01 Y B- 5.570E-02 137BA 1
9.443E-01      2.551E+00 M

```

第11図 修正された<sup>137</sup>Csと<sup>137m</sup>Baの崩壊連鎖データ

第12図 崩壊連鎖図として出力される子孫核種の同定例

```

PARENT NUCLIDE ;24NE
NO. OF NUC. IN THE CHAIN ; 2
-----
24NE 3.3800E+00M 1 2 0 0 0 01.0000.0 0.0 0.0 0.0 0.0
24NA M2.0200E+01MS 0 0 0 0 0 00.0 0.0 0.0 0.0 0.0

```

第13図 DCYGRF コードで出力される崩壊連鎖に関する情報