

13-(3) 医学・生物学における核データ

放医研喜多尾憲助

はじめに 医学生物学は、中性子に関する核データと、中性子に直接関係しない核データ (non-neutron nuclear data) の双方を利用する。しかしこの分野での、放射線やRIの利用の広がりから見ると、むしろ、電子や低エネルギーの光子に中心が寄せられ、したがって、まず「nuclear」よりも、「atomic」に眼が向けられて来た。もちろん中性子についても、放射線防護・保健物理の立場から、線量計算上のデータが早くから準備されてはいるが、原子炉における中性子データのように、絶えず compilation と evaluation を受け、精度を上げて来たというものでは無い。

本報告は、医学生物学の分野において、現在どのような種類の、そしてまもどのような精度の核データが使われているのか、また現在利用できる compiled (又は evaluated) data にはどんなものがあるのか、を調べ、この分野で必要な基礎データについて、考えをまとめようとするものである。

医学生物学における核データ 医学生物学において、断面積、放射性核の崩壊のパラメータなどの核データが関係するのは：

(1) 線量評価 (線量推定), (2) 放射化分析 (prompt nuclear analysis と含む), (3) RIの生産,

などの仕事においてである。いわゆる核医学の進歩や原子力発電所や原子力施設の増加にともなつて、放射性物質による体内被曝線量の詳しい推定が要求されるようになってきている。また放射線治療においては、利用する放射線の種類を、中性子、陽子、パイ中間子、あるいは重イオンへと広げようとする傾向にある。とくに中性子照射は、14 MeV T-d 中性子源の進歩、サイクロトロンが普及によつて、実用化の段階に入ろうとしている。また加速器利用の普及は、高エネルギー放射線による被曝や保健物理上の問題をもたし、ここでの基礎データは、何よりもまず核データである。

i) 崩壊に関するデータ について言えば、われわれが現在利用するのは Nuclear Data Sheets⁽¹⁾, Lederer の Table of Isotopes⁽²⁾ であるが、これらは基礎的・一般的データとしては十分かも知れないが、線量計算から見れば、十分とはいえず、使いやすさといへない。たとえば、 β 線放出核種についての線量計算では、 β 崩壊の各分岐の β 線の最大エネルギーや半値値などより、平均エネルギーの方が、むしろ重要なのである。この点がいえば、Martin & Blichert-Toft の Table⁽³⁾の方が、余程利用しやすい。この Table には 69 核種 (1 割のものについては、その娘核種もとり上げていた) が、記載されている。また内部被曝の推定という立場から、この種の基礎データを集めたのが、Dillman の Table⁽⁴⁾ である。これは米核医学会の MIRD 委員会を中心とするグループの作業の一つとして行

なわかれものであつて、放射性崩壊で放出されるガンマ線、ベータ線、内部殻電子、オージェ電子、X線などのエネルギーと放出強度を、Table of Isotopes などをもとにして作り出したもので、現在54核種について発表されてあり、まゝに65核種の分が発表されることになつてゐる (Fig. 1. に、その一例を掲げる)。また ORNL (米) の Information Center for Internal Exposure では400種以上の核種について、この種の情報をfileしてゐる⁽⁵⁾。ちなみに、このMIRD委員会の作業の主な目的は、経口または他の方法によつて、体内に放射性物質が入つた場合、その種類と放射能の強さがわかれば、全身線量、臓器線量あるいは臓器の吸収線量をたゞちに導くような量——微量はこれを比効果エネルギー (Specific effective energy) と呼んでゐる——を作つておけることにある。この計算はまた自作をわめて大がかりなものであつて、それから見れば、核データは必要をもちであるが、全体の、ほんの一部に過ぎない。

保健物理上、よく使われる量として、比γ線放射定数とよばれるものがある。これはγ線放出核種の真状態から、空气中で、ふつと一定の距離に分離した点での照射線量もしくは吸収線量を算出したものであつて、吸収係数(γ線の) μ_a とガンマ線のエネルギー E_γ 、崩壊定数の放射率 I_γ との積であるからである。したがつて、ここでも必要なのは、 μ_a と原子データと E_γ , I_γ との核データであり、この二者は同じ精度が要求されるのである。一般に吸収線量の計算では、このように原子データか、核データと同様か、あるいはより重量を weight を与へてゐる。

ii) 放射線エネルギーの吸収による生物学的効果 をミクロ的に眺めると、物質と放射線との相互作用と(1)原子に立ち度をつけておける。生物学的効果の、放射線の種類や線量に対する依存性は確立されたものではなく、不確かさだらけである。生物学的効果と放射線のタイプとの間に理論的説明はつてゐない。Dennisは、この辺の消息について、それは生物学的過程の解明の不十分であるが、適切な物理的データの不足と、物質と放射線との相互作用を完全に記述する理論のないことに帰すべきものであると述べ⁽⁶⁾、核データを含む物理的データの充實を望んでゐる。中性子の生物組織中でのエネルギー付着は、中性子と水素、炭素、窒素、酸素、カルシウムとの相互作用についての詳細知識が必要である。現在わかれが使用するデータは、Bachのものである⁽⁷⁾。このTableは18 MeVまでの中性子について、カルシウムを除く、上記4核種の各断面面積をもとに作成されたものであるが、効果と線量との関係をもつと詳細に検討するにわたれば、(1)中性子エネルギー10 KeV ~ 40 MeV、とくに1 MeV ~ 20 MeVの範囲について、上にあげた各元素と中性子との反応のKineticsと断面積について、(2) 0.1 KeV ~ 40 MeVの範囲について、質量数Zから16までのイオンに対する比エネルギー損失について、(3) 電子イオンによるエネルギー損失過程の詳細について、その流れが明かされるべきである。

iii) 放射化学分析 prompt nuclear analysis は、医学生物学のみならず、他の分野でもよく使われる手段である。ここには断面積や半減期、放出した放射線の種類とそのエネルギー

ルギーおよび精度などのデータが必要であり、そのためのデータの充実は、こうした分析手法の利用を促進させることになった。中性子放射化分析に関する検データを Survey したもののとして、Csikai の仕事があり⁽⁸⁾、Z. Body と Csikai は、実験値および N-Z Systematics にもとずいて、14.7 MeV 中性子に付した (n, 2n) 反応の断面積を Survey している⁽⁹⁾。それによると、実験的断面積はほとんどの 10% 以上の誤差をもつている。そこで、γ線スペクトルと半導体検出器を用いた放射化分析では、一般にきわめて多数のγ線ピークを扱わなければならないが、ピークの assign はきわめて困難である。このようにする場合、放射性核種が放出するγ線をエネルギー順に並べた Bowman と MacMurdo の Table⁽¹⁰⁾ が、放射性核種の示すγ線スペクトルを集大成したもので⁽¹¹⁾ は、分析を容易にするためのきわめて便利である。

精度の高いデータ 医学や生物学の分野では、例えは崩壊のデータは、1~2%の精度（不確かさ）で求め、大勢の役に立つが、ある場合には 0.1~0.2% のものが要求された。放射化分析のときの場合、断面積の決定に使用した標準的核種の崩壊のデータは、この程度のものである。これらのパラメータを 0.1% の精度で測定することは、さう簡単にはできない。また数々の数多くのデータを整理し、矛盾のない値を決めることも、下層平肉のまのかわる仕事である。最近、このように高精度の高いデータに付した要求に答えて、Grinberg によつて、 ^{51}Cr , ^{59}Fe , ^{60}Co の評価されたデータが発表されたことと、⁽¹²⁾ 最近の、ついでに述べたい。

References

- (1) D.J. Boren et al., Nuclear Data Sheets, Academic Press, New York, continuing.
- (2) C.M. Lederer, J.M. Hollander and I. Perlman, Table of Isotopes, Wiley, New York (1967)
- (3) M.J. Martin and P.H. Blichert, Radioactive Atoms. Auger-Electron, α -, β -, γ -, and X-ray Data, Nuclear Data (Table) 8, 1 (1970).
- (4) L.T. Dillman, Radionuclide Decay Schemes and Nuclear Parameters for Use in Radiation-Dose Estimation, J. Nucl. Med., 10, Suppl. 2 (1969); 11, Suppl. 4 (1970).
- (5) L.T. Dillman, W.S. Snyder and M.R. Ford, Nuclear Data Compilation of Utility in Medical and Biological Application, Proc. Symposium on Nuclear Data in Science and Technology, Paris, 12-16 Mar. 1973, IAEA, Vienna, p. 529 (1973).
- (6) J.A. Dennis, *ibid.*, p. 313.
- (7) R.L. Bach and R.S. Caswell, Energy Transfer to Matter by Neutrons, Radiat. Res., 35, 1 (1968); Neutron Fluence, Neutron Spectra and Kerma, ICRU report No. 13 (1968).
- (8) J. Csikai, M. Buczkó, Z. Body and A. Demyeny, Nuclear Data for Neutron Activation Analysis, Atomic Energy Review, 7, 93 (1969).
- (9) Z.T. Body and J. Csikai, Recommended Values of (n, 2n) Cross-section at 14.7 MeV, Atomic Energy Review, 11, 153 (1973).
- (10) W.W. Bowman and K.W. MacMurdo, Radioactive Decay Gammas Ordered by Energy and Nuclide, Atomic Data and Nuclear Data Tables, 13, 90 (1974).
- (11) F. Adams and R. Dans, Applied Gamma Ray Spectrometry, Pergamon Press, New York (1970); G. Zaddach, Katalog von Ge(Li)- γ -Spectren, KFA-Beicht JUL-914-DE (1973).

(12) B.Grinberg, J.P.Berthon, F.Langoutine, Y.Le Gallic, J.Legrand, A.H.Wapstra, H.M.Weiss, W.Bamynek, E.de Roost, H.H.Hansen and A.Spernol, Critical Evaluations of Decay Properties and Compilations of Other Useful Data of Frequently Used Radionuclides, Atomic Energy Review, 11,515 (1973).

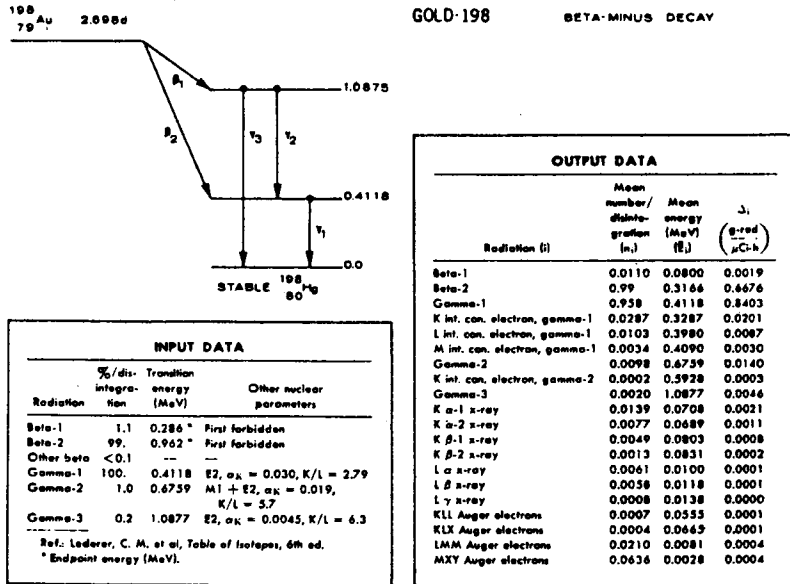


Fig. 1. Dillman's Table of 1971

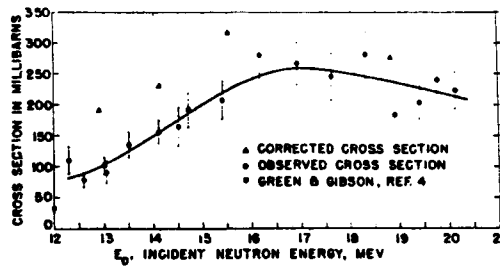


Fig. 2 $^{12}\text{C}(n, n' \alpha)$ cross-section.