

MEDLISTで出力された¹³⁷Cs 662 keV γ 線の強度

放医研 喜多尾 憲 助

評価済み核構造データ・ファイルENSDFの出力には、Nuclear Data Sheets 誌のような形式のほか、MEDLIST と呼ばれるプログラムによるものがある。その形式についてはすでに本ニュース前号 (No.22) で紹介されているが、もともとこのプログラムは体内に放射性核種が入ったとき、身体各部の吸収線量を計算するための基礎データを出力するためのものである。しかし線量計算用とはいえ、放出放射線の種類・エネルギー・強度といった程度の情報を得るにはまことにみやすく便利で、筆者もその活用をおおいに宣伝したい。

ところでMEDLIST の入力データであるENSDFのデータセットのなかにはMEDLIST 向けとしては完全ではないものもある。最近筆者は¹³⁷CsのMEDLIST 出力を作ったところ、そのような点に気付いたので以下で紹介する。

さて、¹³⁷CsのMEDLIST 出力は第1表に示すようなものである。MEDLIST は放射性崩壊にとまなう放射線のうち100崩壊当たり0.01個以上の放出強度をもつすべての光子および電子が、タイプ別に、エネルギー、強度の値をとまなうて出力される。しかしいま示した表には662 keVの γ 線は出てくるがそれにとまなうX線や内部転換電子やオージェ電子は現れない。¹³⁷Csの γ 線の多重極度はM4で、内部転換係数は0.11程度であるから、蛍光収率を考えても当然出力されてもよいはずである。

よく知られているように662 keV γ 線は¹³⁷Baの核異性体^{137m}Ba (2.55 min)から放出される。念のためにそのMEDLIST 出力を打ち出してみる。第2表のように今度はX線・内部転換電子・オージェ電子は予想した通り得られた。しかし、今度は崩壊当たり8.02%という662 keV γ 線の強度に問題がある。これが正しいとすると¹³⁷Csの崩壊によって^{137m}Baが生成する割合(分岐比)は9.443%であるから、¹³⁷Csの崩壊に伴う662 keV γ 線の強度は 0.802×0.9443 すなわち崩壊当たり7.57%という値になってしまう。これは第1表の8.521%と矛盾する。

その原因はNuclear Data Sheets 誌をいくら眺めても出てこない。たといENSDFに記入ミスがあったとしてもNuclear Data Sheets にはexplicit には現れてこない場合があるからである。ENSDFのデータセットには、個々の γ 線の強度を崩壊あたりの絶対値に直すためのnormalization factor を書き込んだデータが挿入されている。¹³⁷Ba IT Decay のデータセットではその値が誤って0.890と記入されていた上、662 keV γ 線の強度の欄がブランクにな

っていたことによるのである。これはたとえばそれぞれ0.901, 100 とすべきものである。

また、 ^{137}Cs のMEDLIST 出力でX線・内部転換電子・オージェ電子のデータが出力されなかったのは、そのデータセットに内部転換係数に関する情報が欠落していたためである。そこでこれらの点を修正したENSDFを使用すると、第3, 4表のような満足すべきMEDLIST 出力を得ることができる。しかしこのような欠陥は他にもあるかもしれない。改めてMEDLIST 利用者の注意を喚起したい。

なお、0.901(6)は、662 keV γ 線の内部転換係数に対する6個の独立した測定値の荷重平均であるENSDFの採用値0.1097(7)から得られる。一方ENSDFはすでに述べたように ^{137}Ba 崩壊の β 線分岐比に対しては94.43(1), 662 keV γ 線の強度には85.21(7)を採用している。これから計算した値は0.9024(7)である。(内部転換係数の理論値をつかうと0.870となる)ENSDFは一つの事象に対してもっとも信頼できる一つの数値を与えることを方針としている訳だが、この点いささか気になるところである。

第1表 ^{137}Cs データの MEDLIST出力

137Cs B- DECAV (30.0 Y 2)				I(MIN)=0.010%	
Radiation Type	Energy (keV)		Intensity (%)		$\Delta(\text{g-rad}/\mu\text{Ci-h})$
β^- 1 max	511.5 9				
avg	173.4 4		94.430 10		0.349
β^- 2 max	1173.2 9				
avg	415.2 4		5.570 10		0.0493
Total β^-					
avg	186.9 5		100.000 15		0.398
γ 1	661.660 3		85.21 7		1.20

第2表 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ データの MEDLIST出力

137BA IT DECAV (2.5513 M 7)				I(MIN)=0.010%	
Radiation Type	Energy (keV)		Intensity (%)		$\Delta(\text{g-rad}/\mu\text{Ci-h})$
Auger- L	3.67		7.0 5		0.0005
Auger- K	26.4		0.74 20		0.0004
Ce-K-1	624.219 3		7.43 23		0.0987
Ce-L-1	655.671 3		1.34 5		0.0187
X-ray L	4.47		0.95 25		0
X-ray $K\alpha_2$	31.8171 3		1.90 9		0.0013
X-ray $K\alpha_1$	32.1936 3		3.51 15		0.0024
X-ray $K\beta$	36.4		1.28 6		0.0010
γ 1	661.660 3		80.2 6		1.13

第3表 修正された ENSDFによる¹³⁷Cs データの MEDLIST出力

137Cs B- DECAY (30.0 Y 2)				I(MIN)=0.010%	
Radiation Type	Energy (keV)		Intensity (%)		Δ (g-rad/ μ Ci-h)
Auger- L	3.67		7.4	5	0.0005
Auger- K	26.4		0.78	21	0.0004
Ce-K-1	624.219	3	7.89	24	0.105
Ce-L-1	655.671	3	1.42	5	0.0199
β^- 1 max	511.5	9			
avg	173.4	4	94.430	10	0.349
β^- 2 max	1173.2	9			
avg	415.2	4	5.570	10	0.0493
Total β^- avg	186.9	5	100.000	15	0.398
X-ray L	4.47		1.0	3	~ 0
X-ray $K\alpha_2$	31.8171	3	2.02	9	0.0014
X-ray $K\alpha_1$	32.1936	3	3.73	16	0.0026
X-ray $K\beta$	36.4		1.36	7	0.0011
γ 1	661.660	3	85.21	7	1.20

第4表 修正された ENSDFによる^{137m}Ba データの MEDLIST出力

137BA IT DECAY (2.5513 M 7)				I(MIN)=0.010%	
Radiation Type	Energy (keV)		Intensity (%)		Δ (g-rad/ μ Ci-h)
Auger- L	3.67		7.9	5	0.0006
Auger- K	26.4		0.83	22	0.0005
Ce-K-1	624.219	3	8.33	3	0.111
Ce-L-1	655.671	3	1.50	5	0.0210
X-ray L	4.47		1.1	3	0.0001
X-ray $K\alpha_2$	31.8171	3	2.14	10	0.0014
X-ray $K\alpha_1$	32.1936	3	3.94	17	0.0027
X-ray $K\beta$	36.4		1.44	7	0.0011
γ 1	661.660	3	90.1	6	1.27