核燃料非破壊分析技術の核データ

(日本原子力事業(株)総合研究所) 村田 徹, 田村 俊幸

核燃料の非破壊分析技術(NDA)は、保障措置などの核物質管理を目的として開発が進められている技術であるが、その開発に必要な核データの中で、核物質の中性子発生率、発生中性子のエネルギースペクトル、 γ 線発生データについて述べる。

I. はじめに

核燃料の非破壊分析(Non-Destructive Assay, NDA)は、核燃料サイクルの各施設で保障措置や品質管理、臨界管理などを目的として要求されている技術⁽¹⁾である。この NDA 技術は核物質が自然崩壊や中性子などの照射によって放出する放射能を測定して行われる。自然崩壊を利用する方法をパッシブ法、誘導放射能によるものをアクティブ法という。

各核燃料使用施設の各工程における試料形態は実に様々であり、NDA 技術の開発はまだ十分にされていない。測定対象が γ 線や中性子であるため、試料容器や試料自身による吸収などの効果が無視できず、精度よく絶対測定を行うことは、一般には困難である。したがって、ほとんどの場合は標準試料との相対測定となる。このため、NDA 技術の核データに対する依存度は、一般に原子炉設計ほどに大きくはないが、分析手法の検討や分析装置の設計に核物質の核データが用いられている。

このような核データとして、核物質の自然崩壊により放出される γ 線や中性子、 α 粒子の発生量、エネルギーなどのデータが必要になる。アクティブ法では、このほかに中性子や γ 線の照射で誘起される放射能に関するデータが必要となる。中性子照射に伴うデータは、核分裂生成物の収率や崩壊データも含めて、原子炉の設計で要求されるものと共通であり、これらはここでは取り上げない。以下では、NDA 技術の手法検討と、装置設計に必要な核物質の中性子発生データおよび γ 線発生データを中心に述べる。なお、核物質の自然崩壊で発生する中性子は自発核分裂に伴うものと、 α 崩壊に伴う (α, n) 反応とによるものがある。

これらの中性子発生データは、使用済燃料の燃焼度や超ウラン元素の生成量測定を目的としてなされる使用済燃料の中性子測定⁽²⁾のデータ解析および使用済燃料

の輸送、貯蔵の際の遮蔽設計、原子炉再起動時の中性子源強度評価などにも必要となるデータである。

II. (α, n) 反応による中性子発生

核物質から放出された α 粒子は周囲の原子との散乱でエネルギーを失うが、その過程で、あるものは (α, n) 反応を起こす。この α 粒子のエネルギーは高々6.5MeV程度であるので、 (α, n) 反応を起こす元素は軽中重核に限定される。特に Li から F 程度までの軽元素では、反応のしきい値の高い ^{12}C 、 ^{16}O を除き、ほとんどの同位元素が比較的大きな反応断面積を有する。特に核燃料から中性子発生で問題となる軽元素は、酸化物燃料中の ^{17}O 、 ^{18}O 、炭化物燃料中の ^{13}C 、溶融塩燃料の ^9Be 、 ^{19}F などが考えられる。この中で最も一般的なものは酸化物燃料であり、当然、酸素の (α, n) 反応がもっとも問題となる。U の濃縮過程ではフッ化物が使用されるのでフッ素との反応が、また使用済燃料の再処理過程では硝酸溶液中のチッ素との反応が問題となる。

核燃料中で発生したエネルギー $E_{\alpha 0}$ なる α 粒子が、その中で停止するまでに (α, n) 反応を起こして中性子を発生する量 $Y_n(E_{\alpha 0})$ は次式で与えられる。

$$Y_n(E_{\alpha 0}) = \sum_i N_i \int_0^{E_{\alpha 0}} \sigma_{\alpha n}^{(i)}(E_{\alpha}) \left(-\frac{dE_{\alpha}}{dx} \right)^{-1} dE_{\alpha}$$

ここで、 N_i は反応を起こす同位元素 i の原子数密度、 $\sigma_{\alpha n}^{(i)}$ はその (α, n) 反応断面積、 $(-dE_{\alpha}/dx)$ は核燃料の α 粒子阻止能である。 α 粒子阻止能は各元素の阻止能⁽³⁾をもとに簡単に計算できるので、 (α, n) 反応断面積が得られていれば上式中で中性子発生量を求めることができる。また、厚いターゲットを用いて直接 Y_n を測定した結果も、Li, Be, B, C, 酸化物, フッ化物, Mg, Al などについて報告されている⁽⁴⁾。

Some Nuclear Data for NDA Techniques, Tohru MURATA, Toshiyuki TAMURA.

(1981年 10月19日 受理)

酸化物燃料の (α, n) 反応でもっとも寄与の大きな $^{18}\text{O}(\alpha, n)^{21}\text{Ne}$ 反応の断面積については2つの実験が報告されている。1つはORNLのBairにより測定⁽⁴⁾されたもので、測定エネルギー範囲は $E_\alpha=1.0\sim 5.1\text{ MeV}$ であり、この全領域にわたり共鳴構造を示している。この断面積の値は一部領域で再校正がなされ、その値を1.35倍すべきと報告⁽⁴⁾されている。もう1つはLLNLのHansen⁽⁶⁾により行われたもので $E_\alpha=5\sim 12\text{ MeV}$ とエネルギーの高い領域の測定であるが、 $E_\alpha=5\text{ MeV}$ ではその分解能が $\pm 2.5\text{ MeV}$ 程度とかなり悪く、必要となる $E_\alpha=5\sim 7\text{ MeV}$ 領域での断面積の傾向は明らかではない。この領域での断面積の傾向を推定するため、理論計算(Hauser-Feshbachモデル)がなされている⁽⁷⁾。これらの値を第1図に示す。なお、この理論計算は $E_\alpha=2.4\sim 5.1\text{ MeV}$ でBairの実験値⁽⁴⁾に規格化されている。

無限厚さの UO_2 中での中性子発生量と放出 α 粒子エネルギー(E_α)との関係を第2図に示す。この図には文献(4)に与えられている実験結果に基づくものと、 $E_\alpha > 5.1\text{ MeV}$ では上記の理論計算により外挿したもの、文献(8)に与えられている計算結果およびORIGENライブラリーに使用されているものとの示してある。現状で最も信頼性のあるものは文献(4)(図中実線で示されている)に与えられているものと考えられる。この値をもとに計算された代表的なUおよび超ウラン元素の UO_2 中での中性子発生率を α 崩壊データとともに第1表に示す。 $^{238}\text{PuO}_2$ については中性子発生率が実測されており、自発核分裂中性子を補正した (α, n) 中性子発生量としてLANLのBubernak⁽⁹⁾は $9.95 \times 10^3\text{ n/s}\cdot\text{g Pu}$ なる値を、Bair⁽⁴⁾は $1.44 \times 10^4\text{ n/s}\cdot\text{g Pu}$ という値を得ている。前者の値は文献(8)に与えられている Y_n を用

Bair (1962) の値⁽⁴⁾は文献(3)に従って1.35倍してある。

第1図 $^{18}\text{O}(\alpha, n)^{21}\text{Ne}$ 反応の断面積

第2図 無限厚 UO_2 中での (α, n) 反応による中性子発生率

いて計算した値に近く、後者は文献(4)の値による計算値にかなり近い値である。

次に、この反応で放出される中性子のエネルギースペクトルであるが、それは α 粒子の減速過程で生ずる (α, n) 反応を残留核の各準位ごとに求め、それを重ね合わせて得られる。つまり次式で与えられる。

$$\frac{dY_n}{dE_n} = \sum_{i,j} N_i \int_0^{E_{n0}} \frac{d\sigma_j^{(i)}}{dE_n}(E_\alpha, E_n) \left(-\frac{dE_\alpha}{dx} \right)^{-1} dE_\alpha$$

ここで、 N_i 、 $(-dE_\alpha/dx)$ は前式の記号と同様であり、 j は残留核の準位番号、 $d\sigma_j^{(i)}/dE_n$ は中性子の放出角度 θ にも依存する量で、角度分布 $d\sigma_j^{(i)}/d\Omega$ を用いて

$$\frac{d\sigma_j^{(i)}}{dE_n} = \frac{d\sigma_j^{(i)}}{d\Omega} \cdot \frac{d\Omega}{dE_n} = 2\pi \sin \theta \frac{d\theta}{dE_n} \cdot \frac{d\sigma_j^{(i)}}{d\Omega}$$

と表わせる。ここで、 $d\theta/dE_n$ は反応の運動学で定まる関係である。

このように放出中性子のスペクトル計算には各準位ごとの角度分布が必要となるが、 $^{18}\text{O}(\alpha, n)$ 反応の場合問題となるようなエネルギー領域では、そのようなデータは得られていない。そこで、前述した反応断面積の理論計算と同じモデルにより残留核 ^{21}Ne の各準位への反応による中性子の角度分布を計算し、 $\sigma_{\alpha n}$ の実験値のある領域では、その値に規格化を行なってスペクトル計算を行なった。

第1表 UO_2 中に各種核物質が存在する場合の
(α, n)反応により発生する中性子量(α 崩
壊データは文献(1)による)

核種	α 崩壊データ			中性子発生量	
	$T_{1/2}(\text{yr})$	E_α (MeV)	分枝比 (%)	($n/s \cdot$ 核種)	($n/s \cdot g$)
^{234}U	2.445×10^5	4.724 4.776	27.5 72.5	1.21×10^{-21}	3.13
^{235}U	7.038×10^8	4.364 4.370 4.396 など	11 6 55	3.00×10^{-23}	7.68×10^{-4}
^{236}U	2.3416×10^7	4.445 4.494	26 74	9.85×10^{-24}	2.51×10^{-2}
^{238}U	4.468×10^9	4.147 4.196	23 77	3.73×10^{-26}	9.43×10^{-5}
^{237}Np	2.14×10^6	4.766 4.771 4.788	8 25 47	1.39×10^{-22}	3.54×10^{-1}
^{238}Pu	8.774×10^1	5.457 5.499	28 72	5.86×10^{-18}	1.48×10^4
^{239}Pu	2.411×10^4	5.105 5.143 5.155	12 15 73	1.67×10^{-20}	4.22×10^1
^{240}Pu	6.537×10^3	5.123 5.168	26.5 73.5	6.21×10^{-20}	1.56×10^2
^{242}Pu	3.763×10^5	4.856 4.900	22.5 77.5	8.77×10^{-22}	2.18
^{241}Am	4.322×10^8	5.388 5.443 5.486 など	1.4 12.8 85.2	1.18×10^{-18}	2.95×10^3
^{243}Am	7.380×10^3	5.181 5.234 5.275	1.1 10.6 87.9	5.96×10^{-20}	1.48×10^2
^{242}Cm	4.557×10^{-1}	6.070 6.113	25.9 74.1	1.67×10^{-15}	4.16×10^6
^{244}Cm	1.811×10^1	5.763 5.805	23.6 76.4	3.46×10^{-17}	8.53×10^4

^{242}Cm 等の α 崩壊に伴って UO_2 中で放出される中性子のエネルギースペクトルの計算結果を第3図に示す。

第3図 無限厚 UO_2 中での(α, n)反応により発生
する中性子のエネルギースペクトル

Ⅲ. 自発核分裂に伴う中性子発生

この過程で発生する中性子数は単純に自発核分裂の崩壊定数 λ_{sf} と自発核分裂当り放出される中性子数 ν_{sf} との積で与えられる。つまり、自発核分裂核種1個当り単位時間の中性子発生量 $Y_{n, sf}$ は

$$Y_{n, sf} = \lambda_{sf} \nu_{sf}$$

である。 λ_{sf} の値は *Table of Isotopes*⁽¹¹⁾ や *Nuclear Data Sheets*⁽¹²⁾ に与えられているが、最新のものとしては IAEA の推奨値⁽¹³⁾がある。 ν_{sf} については、システマティックスなどの研究は行われているが、総合的な新しい評価はなされていないようである。

第2表に、主な核種の自発核分裂に伴う中性子発生率を示す。この表に示した λ_{sf} は上記の IAEA の値を、 ν_{sf} は Swiatecki⁽¹⁴⁾ のシステマティックスに従って Johnson のまとめた値⁽¹⁵⁾を用いている。この ν_{sf} の誤差は10%程度とされている。

第2表 各種核物質の自発核分裂
により発生する中性子量

核種	自発核分裂データ		中性子発生量	
	$T_{1/2}^{sf}(\text{yr})^\dagger$	$\nu_{sf}^\dagger$	($n/s \cdot$ 核種)	($n/s \cdot g$)
^{234}U	$(2.0 \pm 1.0) \times 10^{16}$	(1.621)	1.78×10^{-24}	4.58×10^{-3}
^{235}U	$(3.5 \pm 0.9) \times 10^{17}$	1.695	1.06×10^{-24}	2.73×10^{-4}
^{236}U	$(2.0 \pm 1.0) \times 10^{16}$	1.784	1.96×10^{-24}	5.00×10^{-3}
^{238}U	$(8.19 \pm 0.09) \times 10^{15}$	1.960	5.26×10^{-24}	1.33×10^{-2}
^{239}Pu	$(4.77 \pm 0.13) \times 10^{10}$	1.977	9.10×10^{-19}	2.30×10^3
^{239}Pu	$(5.5 \pm 0.5) \times 10^{15}$	2.069	8.26×10^{-24}	2.08×10^{-2}
^{240}Pu	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^{11}$	2.160	3.95×10^{-19}	9.92×10^2
^{242}Pu	$(6.84 \pm 0.08) \times 10^{10}$	2.340	7.51×10^{-19}	1.87×10^3
^{244}Pu	$(6.56 \pm 0.32) \times 10^{10}$	2.518	8.43×10^{-19}	2.08×10^3
^{241}Am	$(1.06 \pm 0.03) \times 10^{14}$	2.383	4.94×10^{-22}	1.23
^{243}Am	$(3.35 \pm 0.31) \times 10^{13}$	2.566	1.68×10^{-21}	4.17
^{242}Cm	$(6.5 \pm 0.6) \times 10^6$	2.594	8.77×10^{-15}	2.18×10^7
^{244}Cm	$(1.344 \pm 0.002) \times 10^7$	2.780	4.54×10^{-15}	1.17×10^7

† 自発核分裂半減期($T_{1/2}^{sf}$)の値は文献(12)による。また、 ^{234}U の ν_{sf} の値は文献(14)の値を外挿して定めた。

Ⅳ. γ 線発生データ

NDA 技術の手法検討や装置設計に用いられる核物質から発生する主な γ 線のエネルギーと発生率を第3表に示す。この表に示した値は、主として *Nuclear Data Sheets* の崩壊データに基づいて求めたものであるが、崩壊データはこの文献のほかに *Table of Isotopes*⁽¹¹⁾ や評価済み核構造データファイル ENSDF⁽¹⁶⁾ などにも収録されており、それらの相互比較などもなされている⁽¹⁷⁾。また、特にNDA 技術のためには、その

第 3 表 各種核物質の主要 γ 線放出データ

核種	主崩壊モード	$T_{1/2}(\text{yr})$	$E_\gamma(\text{keV})$	$I_\gamma(\gamma/100 \text{ 崩壊})$	発生率 ($\gamma/\text{s}\cdot\text{g}$)
^{234}U	α	2.445×10^5	53.2	0.119 ± 0.01	2.75×10^5
^{235}U	α	7.038×10^8	143.8	10.5 ± 0.8	8.40×10^3
			185.7	54	4.32×10^4
			205.3	4.7 ± 0.7	3.76×10^3
$^{238}\text{U}^*$	α	4.468×10^9	no γ (?)		
(^{243}mPa)	$(99.9\%\beta^-)$	(1.17m)	766.6	0.207 ± 0.008	2.57×10^4
			1,001.0	0.59	7.33×10^4
^{239}Pu	α	2.411×10^4	38.7	$(58.6 \pm 0.6) \times 10^{-4}$	1.35×10^5
			51.6	$(208 \pm 2) \times 10^{-4}$	4.77×10^5
			98.8	$(13 \pm 1) \times 10^{-4}$	2.98×10^4
			129.3	$(62.0 \pm 0.6) \times 10^{-4}$	1.42×10^5
			375.0	$(15.8 \pm 0.2) \times 10^{-4}$	3.63×10^4
^{240}Pu	α	6.537×10^3	413.7	$(15.1 \pm 0.2) \times 10^{-4}$	3.47×10^4
			45.2	$(4.50 \pm 0.05) \times 10^{-2}$	3.79×10^6
^{241}Pu	β^-	1.44×10^1	160.3	$(4.20 \pm 0.04) \times 10^{-4}$	3.54×10^4
			no γ (?)		
(^{243}mPa)	α	$(2.45 \times 10^{-3}\%)$	94.7	12.3	1.15×10^7
			148.6	7.60	7.09×10^6
^{242}Pu	α	3.763×10^5	44.9	$(4.2 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	6.10×10^4
			103.5	9.11×10^{-3}	1.32×10^4
$^{244}\text{Pu}^*$	α	8.26×10^7	no γ (?)		
(^{240}mNp)	$(99.9\%\beta^-)$	(7.4m)	554.6	22.4	1.47×10^5
			597.4	12.5	8.20×10^4
^{238}Pu	α	8.774×10^1	43.5	$(390 \pm 5) \times 10^{-4}$	2.47×10^8
			99.9	$(72.4 \pm 2) \times 10^{-4}$	4.59×10^7
			152.7	$(10.1 \pm 2) \times 10^{-4}$	6.40×10^6
^{241}Am	α	4.322×10^2	59.5	35.9 ± 0.6	4.56×10^{10}
			123.0	$(1.00 \pm 0.1) \times 10^{-3}$	1.27×10^6
			125.3	$(4.00 \pm 0.1) \times 10^{-3}$	5.08×10^6
			208.0	$(8.0 \pm 2.0) \times 10^{-4}$	1.02×10^6
			335.4	$(4.96 \pm 0.1) \times 10^{-4}$	6.30×10^5
			662.4	$(3.6 \pm 0.2) \times 10^{-4}$	4.57×10^5

* 印を付した核種は()内核種の γ 線が観測される。
その強度は放射平衡時の値である。

開発が進められている LANL でも核データの評価がなされている⁽¹⁸⁾。なお、*Nuclear Data Sheets* に与えられている ^{242}Pu の γ 線強度はかなり大きく、誤りがあると考えられるので、第 3 表のこの値は *Table of Isotopes* の値を掲げた。

この表に示した γ 線のなかでも比較的能量の高いもの ($E_\gamma \geq 0.2 \text{ MeV}$) は燃料棒などのように金属等の容器に収納された核物質の分析に用いられ、エネルギーの低い γ 線は溶液など γ 線吸収の少ない試料の同位体比測定などに用いられる。

V. おわりに

以上、NDA 技術の開発に用いられている核データについて略述したが、上記の核データのほかに、核

分裂を利用したアクティブ法では (n, f) や (γ, f) 反応に伴う中性子や γ 線の発生データが必要になる。また、パッシブ法では核物質の熱発生データのカロリメトリー測定の際に必要なほか、自発核分裂を計数する中性子同時計数法の詳細な検討には、同時発生中性子数の確率分布が必要になる。核データではないが核物質の K 吸収端、L 吸収端近傍の X 線吸収係数の精度の良い値が、X 線デンストメトリー法⁽¹⁹⁾による溶液中の核物質濃度の絶対測定では要求される。

これらのデータが現状ですべて整備されているわけではないので、必要に応じて中性子核データ(光核反応を含む)の文献索引集である CINDA (Computer Index of Neutron Data) を調べるとか、ENSDF 等のファイルを利用する必要がある。これらのファイルは日本原子力研究所核データセンターに相談することにより利用できる。

(追記: 酸化燃料の中性子発生データについては最近 Ombrellaro⁽²⁰⁾ により評価結果が報告されている。その値は本稿に記したものと大きな差は認められない。)

—参考文献—

- (1) 松田泰彦, 他: 原子力誌, 19(1), 24 (1977).
- (2) YOKOYAMA, T.: *J. Nucl. Sci. Technol.*, 18(4), 249 (1981).
- (3) ZIEGLER, J.F.: "HELIUM Stopping Powers and Ranges in All Elements", (1977), Pergamon Press.
- (4) BAIR, J.K., GOMEZ del CAMPO, J.: *Nucl. Sci. Eng.*, 71, 18 (1979).
- (5) BAIR, J.K., WILLARD, H.B.: *Phys. Rev.*, 128, 299 (1962); BAIR, J.K., HAAS, F.X.: *ibid.*, C7, 1356 (1973).
- (6) HANSEN, L.F., et al.: *Nucl. Phys.*, A98, 25 (1967).
- (7) 村田 徹, 田村俊幸: 原子力学会第 51 分科会予稿集, A43, (1976).
- (8) LISKIEN, H., PAULSEN, A.: *Atomkernenergie*, 30, 59 (1977).
- (9) BUBERNAK, J., et al.: *Trans. A.N.S.*, 11, 457 (1968).
- (10) BAIR, J.K., BUTLER, H.M.: *Nucl. Sci. Eng.*, 19, 202 (1973).
- (11) LEDERER, C.M., et al.: "Table of Isotopes", (7th ed.), (1978), John Wiley.
- (12) A=234 ELLIS, Y.A.: *Nucl. Data Sheets*, 21, 493 (1977).
- A=235 SCHMORAK, M.R.: *ibid.*, 21, 117.
- A=236 *idem*: *ibid.*, 20, 192.
- A=238 ELLIS, Y.A.: *ibid.*, 21, 549.

- A=239 SCHMORAK, M.R.: *ibid.*, 21, 153.
 A=240 *idem*: *ibid.*, 20, 218.
 A=241 ELLIS, Y.A.: *ibid.*, 23, 123 (1978).
 A=242 ELLIS, Y.A., HAESE, R.L.: *ibid.*, 21, 615.
 A=243 ELLIS, Y.A.: *ibid.*, 19, 103 (1976).
 A=244 SCHMORAK, M.R.: *ibid.*, 17, 402.
- (13) LORENZ, A. ed.: *INDC (NDS)-121/NE*, (1980).
 (14) SWIATECKI, W.J.: *Phys. Rev.*, 100, 937 (1955).
 (15) JOHNSON, D.L.: *Trans. A. N. S.*, 22, 673 (1975).
 (16) EWBANK, W.B.: *IAEA-TECDOC-232*, p. 109 (1980);
 田村 務: 原子力誌, 22[12], 836 (1980).
 (17) REICH, C.W.: *IAEA-TECDOC-232*, p. 45 (1980).
 (18) GUNNINK, R., *et al.*: *UCRL-52139*, (1976).
 (19) CANADA, T.R., *et al.*: "*Nuclear Safeguards Analysis*", (HAKKILA, E.A. ed.), p. 95 (1978), Am. Chem. Soc.
 (20) OMBRELLARO, P.A., JOHNSON, D.L.: *Nucl. Technol.*, 54, 180 (1981).

IAEA Programme of Scientific Meetings in 1982

Conferences and Symposia

1. IAEA/NEA Int. Symp. on Management of Wastes from Uranium Mining and Milling	Albuquerque, USA
10~14 May
2. FAO/IAEA Int. Symp. on Agrochemicals: Fate in Food and the Environment Using Isotope Techniques	Rome, Italy
7~11 June
3. IAEA/CEA/NEA Int. Symp. on the Conditioning of Radioactive Wastes for Storage and Disposal	Utrecht, Netherlands
21~25 June
4. Int. Symp. on Radioimmunoassay and Related Procedures in Medicine	Vienna, 21~25 June
5. Int. Conf. on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research	Baltimore, USA, 1~8 Sep.
6. Int. Conf. on Nuclear Power Experience	Vienna, 13~17 Sep.
7. Int. Symp. Nuclear Power Plant Control and Instrumentation	Munich, Germany, F.R.
11~15 Oct.
8. Int. Symp. on Recent Advances in Nuclear Materials Safeguards	Vienna, 8~12 Nov.
9. Int. Symp. on Water Chemistry and Corrosion Problems of Nuclear Reactor Systems and Components	Vienna, 22~26 Nov.

Seminars

1. FAO/IAEA Seminar on the Control and/or Eradication of the Mosquito by Use of the Sterile Insect Technique (SIT) as the Basis for an Integrated Pest Management Programme, for Developing Countries in Latin America	Mexico City, Mexico
8~12 Mar.
2. Seminar on Testing and Operation of Off-Gas Cleaning Systems at Nuclear Facilities	Karlsruhe, Germany, F.R.
3~7 May
3. Seminar on Safety Aspects of Nuclear Power Plant Siting for Developing Countries	Buenos Aires, Argentina
17~21 May
4. Training Seminar on Nuclear Analytical Technology and Application in Mineral Exploration, Mining and Processing	Ottawa, Canada
28 June~2 July
5. Seminar on High-Dose Dosimetry in Industrial Radiation Processing	Risø, Denmark
20 Sep.~2 Oct.
6. FAO/IAEA Seminar on the Utilization of Induced Mutations for Crop Improvement for Countries in Latin America	Lima, Peru, 17~23 Oct.
7. Seminar on Radiation Emergency Preparedness for Developing Countries in Europe and Near East	
8. Seminar on Quality Assurance in the Use of Nuclear Medicine Instruments for Developing Countries in Asia and the Pacific	