

## 東北大学における核データの研究

東北大 工 梶 山 一 典

東北大学には原子炉が設置されていないので、核データの研究は専ら粒子加速器を用いて行なわれている。本学に設置され稼動している加速器を第1表に示す。これらのうち、(1)および(2)は charged particle induced reaction mechanism, isobaric analog state や photo reaction の研究に用いられており、(3)では electron scattering, photo reaction など核物理学の研究が主目的であり、ここで云う「原子力のための核データ」の研究という範ちゅうには入らないであろう。しかし、(3)は学内共同利用に供せられているので、一部、核データとして取りあげられる研究も行なわれている。

a) electron linac を用いて種々のRIの製造がなされているが、そのうち $\beta$ - $\gamma$  spectroscopy の研究結果は“decay data”として有用なものであろう。これらのものを第2表に示しておく。<sup>1)</sup>

b) 本学の electron linac 施設には、中間40mに station をもつ125mの中性子TOF設備があり、これを利用して $^{12}\text{C}$ および $^{238}\text{U}$ における fast neutron total cross section 測定、<sup>2)</sup>リチウム集合体(30cm立方)における(n, n), (n, n')の積分実験も行なわれた。また、 $^{238}\text{U}$ の photo-fission において放出される delayed neutron の energy spectrum も報告されている。<sup>3)</sup> 学内共同利用の申込みが多く、十分なマシンタイムが得られないため精度の高い満足のゆく結果を得ているとはいえないのは残念なことである。

第1表の(4)と(5)は原子核工学科の専用機ともいえるもので、2研究室の5グループが精力的に核データの測定に利用している。以下その幾つかを紹介する。

c) 軽い核の荷電粒子反応が次代の核融合炉の炉心反応検討という立場から行なわれており、 $^6\text{Li}(p, \alpha)^3\text{He}$  反応については  $E_p = 75\text{keV}$  から  $1\text{MeV}$  にわたって励起曲線と角度分布が測定された。低エネルギー荷電粒子のターゲット中での荷電変換は断面積測定に直接影響を及ぼすので、この点の補正に注意をはらい確度の高い結果を得ている。<sup>4)</sup> この結果を用いて炉内反応率の計算が行なわれている。

d) 中性子散乱(反応)断面積については、核融合炉ブランケット材料である $^6\text{Li}$ ,  $^7\text{Li}$ ,  $^9\text{Be}$  がとりあげられ、 $E_n = 4.5\text{MeV}$  から  $7.2\text{MeV}$  の領域における total cross section, 角度分布および散乱(反応)中性子のエネルギースペクトルがTOF法, NE-213 スペクトロメーターを用いて測定されている。これと呼応して、 $^6\text{Li}(d, n)$ の放出中性子スペクトルも測定され、二次中性子スペクトル形成に重要な連続中性子群の解析に努力がはらわれており、final state

Interaction の役割が大きいらしいとの結果を得ている。<sup>5)</sup>  ${}^9\text{Be}$  については 14 MeV における (n, 2n) 反応の測定も行なっている。(n, 2n) 反応を recoil particle 法から approach する試みも行なわれたが SN 比の悪さから未だ良好な結果は得られてはいない。

e) ガンマ線生成断面積の測定が自作の 70 c.c. Ge (Li) 検出体を用い、 $E_n = 5 \sim 7.2 \text{ MeV}$  において Be, C, Al, Fe, Cu,  $E_n = 14.7 \text{ MeV}$  においては Be, C, O, Na, Cl, Al, Cr, Fe, Cu からの discrete  $\gamma$ -ray について行なわれたが、<sup>6)</sup> 最近 ORNL の white 中性子による精力的な結果が報告され、吾々の仕事は ORNL の pointwise check 機能を果たすこととなった。さらに連続部の寄与を引き出すべく努力をしている。

上記 d, e の測定においては absolute cross section を求めるために中性子 fluence の絶対値を得る必要がある。このため、中性子モニターとして NE-213 を用いているが、その検出効率を O5S による計算、 ${}^{252}\text{Cf}$  による校正、(D-d) および (T-d) 反応における associated particle の計数、counter telescope による測定、さらに水素散乱断面積との比較などを行なうと同時にグループ間の相互比較も行なわれて、測定値の確度を高める努力がなされている。<sup>7)</sup> (尚、中性子検出器として液体  ${}^3\text{He}$  シンチレーションカウンターを製作し、NE-213 の欠点を補なおうとする計画が立てられたが、研究経費が得られず未だ実施に移すに至っていない。)

T-D 炉を想定した場合の核データとしては、約 15 MeV まで切れ目なしの中性子エネルギーにわたって測定されることが必要であるが、設置されている加速器の加速電圧から (Li-p), (D-d), (T-d) 反応で得られる中性子には制約がある。このため、7.5 ~ 14 MeV 領域が抜けているのが現状で、これを解決すべく (Li-d), (B-d) さらに ( ${}^{15}\text{N-d}$ ) についてその thick target における発生中性子エネルギースペクトルと収量などの基礎データをとる実験<sup>8)</sup>、これを用いる場合の測定法の開発へ努力がなされている。

f) 以上の微分断面積測定のほか、マクロスコピックな立場からの研究、たとえば、Li, C および Fe 体系からの漏洩中性子エネルギースペクトル (時間依存スペクトル) の測定もなされており、一方、モンテカルロ計算とから ENDF/B-IV の妥当性について研究が行なわれて、この data file の 4.63 MeV レベルを経由する  ${}^7\text{Li}(n, n')\alpha, T$  と弾性散乱に問題があることを見出している。<sup>9)</sup>

以上、東北大学 (主として原子核工学科) における核データ測定の現況について概略述べてきたが、非核分裂性物質を対象とした研究が殆どであることに気付かれたと思う。これは最近の法的規制の強化から、取扱諸設備が十分でない施設では止むをえないことで、今後この方面の設備強化が望まれる。また、上述の研究は順調に行なわれて来たわけではなく、c の研究を行なうまでに老朽化したコッククロフト加速器を 1 年近くを要して整備しビームエネルギー変動を  $\pm 4.7 \text{ keV}$  以下におさえる苦勞もあつたし、<sup>10)</sup> 一方 Dynamitron の導入時には安定運転にもってゆくの

に研究者達の多くの努力が必要であった。eの研究ではGe(Li)検出器が高価であるため自作の技術を得て一応の分解能をもつ70c.cの石を使用できるまでに数年を費している。さらに、中性子発生ターゲット上のカーボン付着によるC+d 中性子バックグラウンドによる測定結果の複雑化は頭の痛い問題で、現在はガスタargetを製作使用して逃げてはいるが、軸流分子ポンプによるclean vacuum化は焦眉の急であり、コッククロフトのナノ秒パルスビーム化装置とともに早急な設備費の交付が望まれる。

研究のみならず教育をも任務とする大学において行なう核データの研究には、実用上有用な確度の高い測定のみ目指すことに幾つかの問題があるが、これは多分に制度上とのからみのあることもあり、現時点では問題の指適に止めて本稿を終ることにしたい。

## REFERENCES

- 1) 東北大核理研報告 1 No.1 (1968) 37 and 50, *ibid.* 2 No.1 (1969) 59  
*ibid.* 2 No.2, 64 and 73, *ibid.* 3 No.1 (1970) 60, *ibid.* 3 No.2 53,  
*ibid.* 4 No.1 (1971) 53, *ibid.* 7 (1974) No.1, 157, 184 and 312  
J. Phys. Soc. JAPAN 29 (1970) 235, *ibid.* 30 (1971) 923, Radiochem.  
Radioanal. Letter 10 (1972) 151 and 161
- 2) 東北大核理研報告 5 (1972) No.1, 66, *ibid.* 6 (1973) No.1, 60
- 3) Proc. Conf. Nuclear Cross Sections and Technology, p.611 (NBS Special  
Pub. 425, 1975)
- 4) Annual Report, FNL, Dept. Nucl. Eng., Tohoku Univ. NETU-22 (1977)  
45. 日本原子力学会 昭和52年年会要旨集D 8
- 5) *ibid.* NETU-22 (1977) 60  
日本原子力学会 昭和51年年会要旨集E 6, 同昭和51年炉物理炉工学分科会C 6,  
昭和52年同, D10, D11
- 6) *ibid.* NETU-18 (1976) 25, NETU-22 (1977) 40  
日本原子力学会 昭和51年年会要旨集E 5, 同昭和51年炉物理・炉工学分科会C 3,  
同昭和52年分科会D 16
- 7) *ibid.* NETU-22 (1977) 28 and 65
- 8) *ibid.* NETU-18 (1976) 9, NETU-22 (1977) 78
- 9) *ibid.* NETU-18 (1976) 22, NETU-22 (1977) 50 and 55  
日本原子力学会 昭和51年年会C 1, 同昭和52年年会C 30, C 31, C 32  
同昭和52年炉物理・炉工学分科会D 20
- 10) *ibid.* NETU-22 (1977) 1
- 11) *ibid.* NETU-18 (1976) 4

第1表 ACCELERATORS AT TOHOKU UNIVERSITY

		pulse operation		flight path
		repetition	width	
(1) 4 MV Van de Graaff (理)	p, He			
(2) 25 MeV Betatron (理)				
(3) 300 MeV Electron Linac (理)	e, (n)	300	3 $\mu$ s	40 m, 125 m
(4) 600 kV Cockcroft-Walton (工)	p, d	D C		
(5) 4.5 MV Dynamitron (工)	p, d	<1 MHz	2 ns	20 m
(6) AVF Cyclotron (学内センター)	p, d, He	<1 MHz	$\sim$ 0.5 ns	40 m

(under construction, operation will be at the end of 1977)

第2表 DECAY DATA

$^{46}\text{K} \rightarrow ^{46}\text{Ca}$	$^{130}\text{Cs} \rightarrow ^{130}\text{Xe}$
$^{48}\text{V}, ^{48}\text{Sc} \rightarrow ^{48}\text{Ti}$	$^{136}\text{Cs} \rightarrow ^{136}\text{Ba}$
$^{73}\text{Se} \rightarrow ^{73}\text{As}$	$^{140}\text{Pr} \rightarrow ^{140}\text{Ce}$
$^{112}\text{In} \rightarrow ^{112}\text{Cd}$	$^{142}\text{Sm} \rightarrow ^{142}\text{Nd}$
$^{120}\text{Sb} \rightarrow ^{120}\text{Sn}$	$^{164}\text{Ho} \rightarrow ^{164}\text{Dy}, ^{164}\text{Er}$
$^{126}\text{I} \rightarrow ^{126}\text{Te}, ^{126}\text{Xe}$	$^{231}\text{Ac} \rightarrow ^{231}\text{Th}$