

炉物理の研究

(第 17 号)

1974年 5 月

巻頭言小沢 保知..... 1

「炉中性子利用」研究専用委員会講演要旨 2

- | | |
|--|-------|
| 1. JLB計画の概要 | 住田 健二 |
| 2. 繰返し型パルス炉の動特性と制御について | 吉川 栄和 |
| 3. NSRR (安全性研究炉) の炉物理 | 伊勢 武治 |
| 4. 原子炉の医療面への応用 | 神田 啓治 |
| 5. 「弥生」における医療用照射の基礎研究 | 古橋 晃 |
| 6. ELA-TOF法による高速炉材料中の高速中性子スペクトル測定 | 木村 逸郎 |
| 7. ^6Li サンドイッチカウンターによる高速中性子スペクトルの測定 | 神田 一隆 |

〈研究室だより〉17

炉物理連絡会第13回総会の報告.....30

幹事選出と「夏の学校」についてのアンケート.....30

第6回「炉物理夏の学校」開催の御案内.....32

◇編集後記◇34

炉物理から見た不自然さ

小澤 保知 (北大工)

炉物理と云うと今迄の如く、核分裂炉に於ける炉物理と云う事に理解されて来たが、昨今の如く核融合炉に於ける研究が世界的に活発になつて参るに従い、炉物理と云ふ言葉は核融合炉は勿論、速く粒子又エネルギー、解放過程迄論及する状態勢になつて来た。私は日頃、教育は出来ず又併合した理念の上で行はざる可きものと居て居りますので、基礎理論の實際的応用面への融合の重要性は、その政府が確立した時英でも重要であり、況や研究段階では格別重要であります。電磁気学は電気工学の発展の基盤として實際的に活用されて居る如く、炉物理も原子力の各分野に適用されて始めてその意義が一層深まるものと思ひます。基礎と応用、両端を融合の必要性が一層希まれる今日此の頃です。

この観点から核分裂と核融合の基礎的な面で余り気にされて居る点を一言申します。核分裂現象のヒローは中性子である事は知らず、核融合現象のそれは荷電粒子であると下す事は果論のない事と居ります。核融合研究は嘗て中性子の多量発生を目標として開始した事から考へると、核融合は中性子を多数且つ解放エネルギーの大部分が中性子のエネルギーとしてある事を素直に現在の核融合炉工学の研究路線に沿つて進んで居ります。核分裂はエネルギーの大部分は荷電粒子、エネルギーとして放出される中性子の数は余り多くない為中性子経済的臨界性が炉物理の焦点となり、中性子数の臨界状態が非常に重要な一つであるに居ります。他方エネルギー解放の観点からすれば核分裂炉は荷電粒子が主役を占めて居り、現在居る核融合炉では中性子が主役を占めて居るに居ります。この立場の立場は反対の立場にある訳であります。五月末頃に14回MHD学会で核融合状態プラズマではローレンツ力によるエネルギー変換には凝集状態にならざる最適磁場強度の存在等事を発表しての歸途、ANS及原子力委員会共催の核融合技術に関する第一回トピカルミーティングに出席の折、Rivermore Lawrenceのフアラ一所長と雑談中、彼は現在のアメリカ型の分裂炉を批判して居り、私は過去に技術は現在から見れば常に理想的でない事は、総ての工学の必然性があり、米ソ両国の国数体制から由来する事、並にフアラ一所長自身も核分裂炉に於ける核融合の技術は無いといふ事と答へて置いた訳ですが、歸國後突然平川さんから何か書かれた事があり、此の紙上でフアラ一への答への補足をする事と御許に述べたいと思ひます。前述の意義の炉物理を粒子又エネルギーの発生を自覚的立場で居るには、核融合路線も核分裂路線と同様理想的な路線を辿つて居るに居ります。

核分裂炉路線が何故今日の如き路線に進んだかは、恐らく大域的な超高温の困難を避けるに於ける事かと想像し、理想にはないが、今日から見れば賢明な選擇であつたかも知れません。然し現在の如く従来の人類が経験しなかつた、一方には地球上の40%の人口が飢饉に悩み、他方多量のエネルギー消費とその過度の集中、環境問題資源問題食糧問題等全球的に居る収束を求め、工業技術文明の将来への展望を今一度慎重に居る収束を求めた事は現時点に於ては、此から開発研究の途に在る核融合炉に於ける勿論の事、遠い将来(核融合実現の時期)に於ては核分裂炉と結果現在を以て居る路線より理想の粒子又エネルギーの発生が利用型式が原子炉技術の中に存在し得る事を知る事として提言レザンデレに於てフアラ一氏による水型炉批判に対し私の辯護の補足と致します。

昭和49年5月15日



ブースター型繰返し高速パルス炉計画

第12回原子力総合シンポジウム予稿集(P.125,126)より転載

阪大住田健二

○経過

定常炉のみ、加速器のみでは得難い強中性子源を得る方法として、パルス炉もしくはパルス炉と加速器の同期運転が重要視されてきた。我が国でも1967年のHTR-P(軽水炉の単発パルス化)を最初に、昨'73年度には彌生のパルス運転準備実験(高速中性子源炉の単発パルス化)が開始された。建設中のトリガー型単発パルス炉のNSRR(安全性実証炉)も'75年完成の予定である。これらの熱および高速パルス炉(単発ではあらず)での経験とライナックなどの大型加速器方式パルス中性子源の結合により、世界的最高水準の強パルス中性子源を建設しようとしているのがJLB(Japan Linac Booster)計画である。この計画は'66年より'72年まで日本原子力学会パルス炉委、以後は東大原子力工学研究施設・高速パルス中性子源委が中心となり、各大学および厚研・放射研などからの原子炉・加速器関係者、パルス中性子源利用関係者延約50名の協力によって進められている。日本独自の構想である即発臨界未達のパルス炉、つまりブースターと製作経験豊かなライナックの組合せにより、より安全に能率の良いパルス炉を作る開発基本方針は、日本学術会議の「大学関係原子力研究将来計画について」の対政府勧告にも取り入れられ、高中性子束炉なら重要な将来研究炉として、強力な開発基礎研究の推進が要請されている。この計画に対して、総合調査の段階から現在の総合的な開発基礎研究や試作研究に到るまでの約5年内、文部省科学研究費によって約1800万円が投じられてきたが、現実には計画参加者が自己の研究費よりそれに2~3倍程度の追加を行なってきており、海外における同種の計画に比して、さほど特色がなく、分野によっては他を大きくリードした成果を上げている。たゞ、中心とすべき機関が現段階では決まっておらず、専従者を缺いており、これが大きな制約となっていることは否めない。JLBの設計第1次案はすでに'72年春に報告され¹⁾、またそれまでに進められた関連研究と共にEuratomを相手に行った討論会の詳細を論文集²⁾を出版された。現在は設計第2次案の作成中で、基本方針がほぼ固まり、各製作業の結算の調整に入っているが、今夏には概念設計として報告できる予定である。ここではこの第2次案の要旨を中心に紹介する。

○仕様と構成の概要

目標中性子束およびパルス巾(半波高値巾) 熱中性子束 $\geq 10^{16}$ n/sec.cm², 12~30 μ s.

熱外中性子束 $\geq 10^{15}$ n/sec.cm², 10 μ s以下.

パルス時ピーク出力値対非パルス時出力値比 $\leq 10^4$. (S/N比 相当値).

繰返し周波数 5~200 pps (但し 可変可能範囲は20倍程度)

中性子ビーム・ホール数 ≥ 30 (冷・熱・熱外・高速の各エネルギー用を設ける。)

平均出力 ≤ 2 MW. 炉心形状、六角柱もしくは円柱。

炉心. U^{235} (93.5% E.U) - 10W% Mo合金燃料・小型炉心. W固定反射体. 反応度投入用側面回転反射体 (Ti合金製4翼回転体. Be反射体はめ込み, 3000rpm) 投入反応度 ± 1 井未満. -4井程度 (反応度振巾5井). 中性子平均寿命 (即発) $\Delta 30$ ns, 即発中性子増倍率 ≤ 200 . 炉心体積: 約13 l (加速器ターゲット炉中心の場合) もしくは約6 l (加速器ターゲット炉側面の場合). Na冷却. 炉心最高温度 $\leq 350^\circ\text{C}$. 冷却材入・出口温度 200°C , 240°C .

併設加速器. 速中性子生成量 $\Delta 7.5 \times 10^{18}/\text{sec}$. パルス中 $\leq 10 \mu\text{s}$. 繰返周波数: 回転反射体同期可能. 形式はLバンドマイクロ波ライナック, 出力 $600 \text{ MeV} \times 0.5 \text{ A}$. (但しプロトン加速器 $800 \text{ MeV} \times 1 \text{ mA}$ または $300 \text{ MeV} \times 15 \text{ mA}$ に置換する可能性を残す.)

制御方式. 起動・定常運転・停止共に計算機集中制御. 特に早期異常検出に配慮.

○ 開発基礎研究および利用開発研究の成果.

与えられた時間での全貌を要約することは困難であるが, 前者については概念設計に必要なものについてはほぼ今年度末に一応のメドがつか段階に入り. 次にのべる安全性の立場からの総合的検討. 試作実験的部分, 材料実験や熱化・冷化体の具体的形状決定, 早期異常検査系の開発など長期的研究を要するものが残されている. 利用開発については熱パルス源による凝集体物理条件の実験がや, 先行し. 他分野にや, 立派小が見る小が. これは最近各地にライナックなど大型パルス中性子層が次々と設置されるので. 間もなく多くの成果が生れると期待されている. また計算機実験によって. 凝集体物理への応用ではLB型パルス炉の利用で定常炉に優越しようとする冷中性子もしくは熱中性子であろうとの予測も報告されている. また他のパルス炉との技術的協力の例としては. 強パルス中性子束や反応度測定のための協同研究があり. JLBとNSRRを目標とした電流電磁箱-高速直流増巾器系の開発が, 彌生炉における実験を中心として進める小など各方面で成果を上げています.

○ 今後の課題.

概念設計の骨子がまとまるにつれ. 改めて安全性の立場から慎重な検討を行っているが. 海外でも目下稼働中の同種の炉はソ連のIBR-30のみであるため. まず安全性確保のための基本概念の確立から作業が始まっている. 最大仮想事故にどのような基準を選ぶかによっては. 設計方針も大きく変更される可能性がある. 特に高速回転反射体と併設大型加速器ターゲットの炉心部への取込は. これまでの炉に比べて新しい安全性内題といえよう. 製作上でも技術的に大きな困難が予想される前身については. すでに産業界の協力をえて1/10モックアップによる予備実験を実地中である. また核設計面では投入反応度の計算精度に十分な保証を得難いので. 静的. 動的両面からの適当な臨界実験もしくはこれに代りうる実験が必要になると考えられ. 対策を考慮中である. なお. 本計画の性質上. 学術研究のための国際協力による推進が当然必要となるが. 技術面でも日本側が提供しうるものが相当蓄積された今日. さらに強力を呼びかけを考へておきたいであろう.

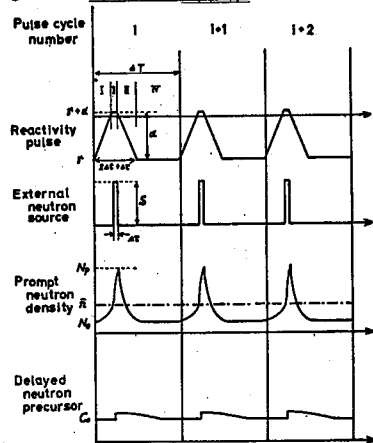
1) 日本原子力学会誌: 第14巻. p.357~367 (1972). 2) EUR 4954e p.3~p.291 (1973)

繰返し型高速パルス炉の動特性と制御について

京大原子エネルギー研 吉川栄和

§1. 序 高中性子束炉の performance 向上の一方法として source reactor を特殊化したパルス炉、ブースターは IBR 炉、SORA 炉の成功例がある。日本でも同様の Japan Linac Booster (JLB) 計画が進行している。JLB の基本的アイデアは、反応度パルス化装置である Be 回転反射体と、反応度ピークに同期し炉心に中性子を打込む加速器を結合した高速炉の周期的パルス運転であり、ここでは Repetitive Accelerator Fast-Pulsed Reactor (AFPR) と称する。以下に AFPR の動特性解析、JLB 動特性設計の検討結果および計算機制御の方法について述べる。

§2. 動特性解析



第1図

AFPR の動的挙動を第1図に示す。核動特性は、通常の1点近似式で扱う。図中、区間 I ~ IV において微小時間メッシュに分割し、1点近似式を解いて行列形式で解を表わし反復解を接続する。第 i パルスサイクルにおける AFPR 動特性は次のように表わされる。

$$x_{i+1} = A_i x_i + B_i S_i \quad (1)$$

$$P_i = f_i^t x_i + b_{pi} S_i \quad (2)$$

$$N_{pi} = A_{pi}^t x_i + b_{pi} S_i \quad (3)$$

ただし、 $x_i = \text{col.}(N_0, C_{j0})_i$, N_{pi} : 第 i サイクルピーク中性子密度

P_i : 第 i サイクル平均炉出力, S_i : 第 i サイクル外部中性子源強度

A_i : 正方行列, B_i, f_i, A_{pi} : 列ベクトル, b_{pi}, b_{fi} : スカラー

(1)~(3)式は AFPR の動特性の考察に有益である。繰返しパルス運転の漸近状態元は、 A_i, S_i を一定として (1) 式を反復使用し、

$$x = (E + A + A^2 + \dots) B S = (E - A)^{-1} B S \quad (4)$$

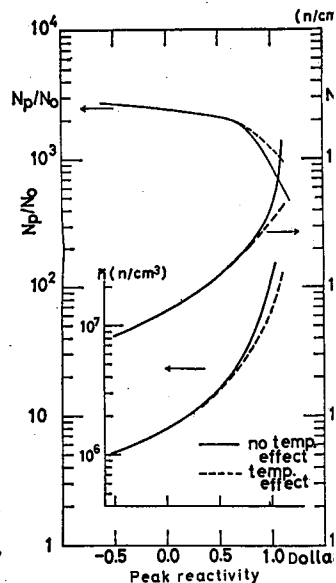
で与えられる。ただし、 E : 単位行列。(4)式が成立するためには A の最大固有値 λ_1 が $\lambda_1 < 1$ を満たさなければならない。 $\lambda_1 = 1$ は 'pulsed criticality', すなわち、パルス炉が何らの中性子源の供給なしにパルス運転を持続する条件を与える。 $\lambda_1 > 1$ (< 1) に対し、サイクル i の進行に伴い炉出力は $(\lambda_1)^i$ で増加(減少)する。(4)式により AFPR の定常パルス運転時の炉設計上の重要パラメタ $N_p, S/N$ 比 (N_p/N_0) および平均中性子密度 \bar{n} が求められる。その他、熱流力動特性モデルと結合し、AFPR 炉心動特性モデルを構成できる。これは出力脱走解析、制御アルゴリズムの導出に用いられる。

§3. JLB 動特性の検討

JLB の設計パラメタを用いた場合の $N_p, S/N$ 比、 \bar{n} のピーク反応度依存性を第2図に示す。($\Delta T = 5 \text{ms}, \Delta t = 0.4 \text{ms}, \Delta T = 10 \mu\text{s}, \alpha = 5 \text{¢}, S = 4.145 \times 10^{14} \text{n/cm}^3$)。図中、実線および点線は、各々フィードバック効果を考慮しない場合とする場合である。また、第3図は、定常パルス波形を示す。なお、JLB の定常運転条件としてピーク反応度は 100¢ 近辺を目標とする。検討結果を要約すると以下の様になる。

(1) AFPR の特性は、 S/N 比、 N_p 共に高い方が望ましく、 l の短い高速炉の有利性、反応度パルス幅が狭く、かつ、反応度の swing α が大きい程望ましいことが定量的に確認された。

(2) ピーク反応度 100¢ 近傍での反応度変化に対する N_p, \bar{n} の相対感度が大きくなる (各々 6 および 12%/¢) ので、定常運転時に、 N_p, \bar{n} を一定に保つためには、反応度制御に高精度性、即応性が要求される。



第2図

(3) pulsed criticality までの反応度余裕は 14¢ である。反応度外乱時の燃料要素への熱衝撃は相当に苛酷となり、燃料要素への安全面から反応度の高信頼度制御が要求される。

§4. 計算機制御 AFPR は、回転反射体およびその駆動装置、加速器および高速炉心と反応度制御装置よりなる多重のループで構成されること、およびパルス炉の dynamics が、discrete time system であることから、Mini-computer による on-line control が有利と考えられる。以上の観点から、計算機制御を対象として制御アルゴリズムの開発を行なった。

○ §2 に述べた炉心動特性モデルは離散形式であり、control algorithm 導出の基礎となるが、さらに計算の即応性向上のためにモデル中の matrix, vector, scalar の要素の依存性を予め、最小二乗近似で多項式近似して与える。control algorithm として、起動制御、および出力一定制御の 2 つのアルゴリズムの概要を以下に説明する。

(1) 起動制御 起動時の燃料への急激な熱衝撃を避けるために、燃料温度が所与の関数 $g(t)$ に沿って上昇するように制御反応度 ρ_{ex} および外部中性子源強度 S をプログラム制御する。

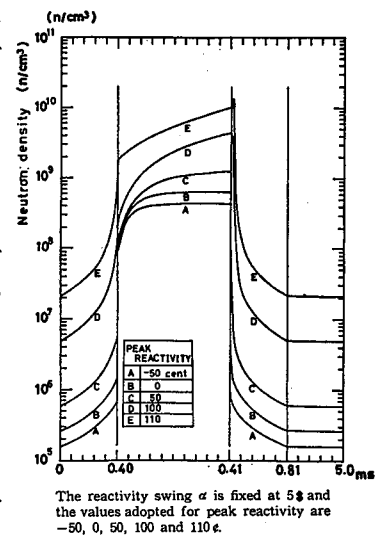
(2) 平均出力一定制御 定常パルス運転中の、平均出力の変動要因として、 S の統計的変動と、加速器の偶発故障による S の突発変動が考えられる。制御系は、炉出力が設定値 N に追随するように動作する。平均炉出力 P 、温度 T 、制御棒位置 p_c が検出可能とし、制御反応度は、微調整用と診断・適応ループ用の 2 種類を考える。制御棒の構成は、以下のループで構成される。

(i) 微調整ループ-----平均中性子密度 \bar{n} の設定値 N の近傍の微小変動に即応して制御する。

(ii) 診断・適応ループ----- \bar{n} の設定値 N からの大変動時に起動し、モニターした (\bar{n}, T, p_c) と N から現在の外部中性子源強度 S_{est} を推定し、 S_{est} と変動前の推定値 S_{old} を比較し、異常原因が外部中性子源強度に基因するものか、設定値のレベル変動によるものかを診断する。さらに、現在の status から設定値レベル迄に、制御反応度 ρ_{ex} を急速に調整して、 \bar{n} を N に飛躍的に制御する適応性を有する。

[参考文献]

- 1). Yoshikawa, H. et al : Dynamics of Accelerator Fast-Pulsed Reactor, J. of Nucl. Sci. Technol. Vol. 11, No. 4 (1974).
- 2). Yoshikawa, H. et al : Control of Accelerator Fast-Pulsed Reactor, J. of Nucl. Sci. Technol. Vol. 11, No. 5 (1974). (To be published)



第 3 図

NSRR (安全性研究炉) の炉物理

原研 伊勢武治

NSRR (Nuclear Safety Research Reactor) は軽水炉および高速炉の反応度事故現象解明の為に、反応度事故を模擬した短い炉周期 (μmsec) の burst pulse を炉にて作り、このパルスで中央実験孔内の試験燃料に熱量を与えてその破壊機構を調べようという研究炉である²⁾。この為に中央に大きな実験孔 (直径 24cm) を有し自己制御性の高い安定な原子炉が必要で、このことから TRIGA-ACPR (Annular Core Pulse Reactor) が選ばれた。この原子炉は熱容量の大きい ZrH を moderator と一緒にした固体均質型燃料 (表 1) を使用しているのだから、パルスの立ち上がり可早 (即ち小さい)、高い自己制御性 (即ち中性子の温度係数が大きい) の特徴を持っている。ZrH 型は他の炉に較べて臨界半径、臨界質量が小さく (経済性)、熱中性子束が一重多く採れ、また、均質燃料であることから熱中性子束の spectral shift (図 1) による温度係数が大きくなり、更に、ZrH₂ の蒸気発生を抑制する相 (ZrH と記す) に採れば、広い温度範囲 (常温 ~ 1100°C) に亘り安定性が良く、また ZrH と水との反応がないので水が冷却材として使用できる等の特徴を持つ。

熱中性子スペクトラムと温度係数³⁾ 大きい温度係数の原因は燃料要素中では uran と ZrH₂ とが均質に混ざっているのだから、同時にしかも瞬時的に温度上昇する。これが突効断面積の減少となって温度係数に負をもたらしことによる。温度係数の約 8割は熱中性子の寄りに依るので ZrH による散乱過程の理解が重要である。現在では、この中性子の加速減速に伴って発生する振動数分布モードは Einstein 型であると説明されている。このようなことから、温度係数 (以下記す) 算出の際には熱群を多群にして臨界計算を行うは必要であり、また散乱を念慮計算コードの重要性となる。動特性パラメータについても同様のことが出来る (表 2)。またこれらのパラメータは温度依存性を持つが、実験物にも依存することが注目される (図 2)。

パルス能力の解析) 実際のパルス発生はパルス制御棒の引抜きによる挿入反応度と温度係数による負のフィードバックに依る。1 動特性、断熱近似の解析的 Fuchs-Nordheim モデルでもパルス特性の理解に役立つ。図 3 は温度係数および熱容量を温度の 1 次式と近似したときのパルス特性であるが、実験値との一致は良い。同じ TRIGA-ATPR に対して表 3 は同じモデルによる解析であるが、遷移中性子は無視できることがわかる⁴⁾。其の後計算コードによるパルス特性の解析がなされ、更に詳しい情報が得られた。表 4 は K-III コードによる NSRR のパルス特性であるが燃料から冷却材への熱伝達は無視できる (断熱近似) とみてよい。更に温度係数の入力や熱伝達に改良がなされた EUREKA コードによる結果が表 5 に示されていて、K-III コードとの差が注目される。図 4 は EUREKA の結果を示したものである。
実験孔の最適設計⁵⁾ 中央実験孔内においては、試験燃料ピンに対して最大熱負荷を与えるようキャプセルの設計をしなければならぬ。この熱負荷には熱中性子による核分裂の寄りが全体の 95% 以上占めるので、ピンの周りの軽水の厚さが適当な丸 (約 5.3mm) が最大熱

熱を与えることが図5で示されている。この場所は、ピンノーズ、Uranの濃縮度には依る
 ないことが明らかになっている。Naキャプセルについては別の問題である。

尚今後の課題は、動特性の入力定数をより正確に求め、空間依存性を採り入れること。

文献) (1) GA-471, (2) 石川; 原子力学会誌 12, 5, 276 (70), (3) Coffey et al; Neutron Dynamics & Control, p. 98 (4) Stewart: Technology of Nuclear Reactor Safety Vol. 1, Chap 9 (5) 大西他 'NSRR... 実証試験計画' 原子力報 15報 (6) 伊勢他 SAERI-M (株), M-5613

表1 燃料セルの組成

領域	半径	体積比	核種	原子数 10^{20}
U-ZrH _{1.665}	1.7792	0.6602	H (ZrH)	0.053911
			Zr	0.034426
			²³⁵ U	0.0035292
			²³⁸ U	0.0014147
Void gap	1.8224	0.0324	Oxy	5.4×10^{-5}
SUS clad	1.8732	0.0392	SUS 304	0.084311
Water	2.1897	0.2682	H (H ₂ O)	0.066809
			Oxy	0.033405

表2 動特性パラメータに及ぼす熱群数の影響

燃料温度 $^{\circ}$ C	熱群数	λ_p (μ sec)	β_{eff} (10^{-3})	α ($10^{-5}/^{\circ}$ C)
23~400	4	33.75	6.55	6.26
	1	31.78	6.46	5.18
400~700	4	34.36	6.55	7.34
	1	31.97	6.46	5.88
700~1000	4	34.91	6.66	5.82
	1	32.14	6.46	4.60
差%		6.~8.	1.4~1.5	17.~21.

表3 遷移中性子のパルス特性への影響

パルス特性	遷移中性子	
	あり	無
最大出力 MW	2835	2840
半径中 msec	9.8	9.8
燃料平均温度 $^{\circ}$ C	320	321

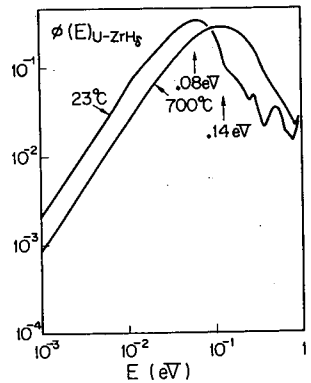


図1 燃料中の遷移中性子パルス

表4 パルス特性における断熱性

時刻(秒)	燃料 $^{\circ}$ C	被覆材 $^{\circ}$ C	冷却材 $^{\circ}$ C
0.0	20	20	20
0.5	592	60	22
1.0	598	90	27
差	6	30	5

挿入反応度 = 4.9 β , 炉周期 = 1.33 msec

表5 パルス特性解析におけるコードの差

パルス特性	K-IVコード	EUREKAコード	差%
挿入反応度 β	5.0	5.0	
最大出力 MW	59.3	61.6	4
最大出力 MW	1.63×10^4	1.99×10^4	20
最大出力 MW	40.6	53.3	30
燃料平均温度 $^{\circ}$ C	315.5	395.5	25
炉-燃料係数	$-2.4 \times 10^{-5} T$	$-6.9 \times 10^{-5} T$ $-2.5 \times 10^{-4} / K$	

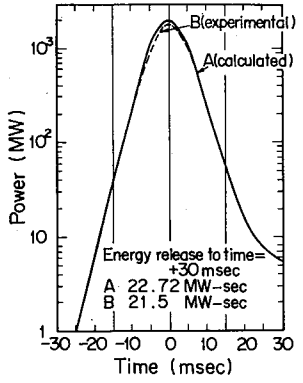


図3 断熱性近似実験値挿入反応度 β , 炉周期 2.8 msec

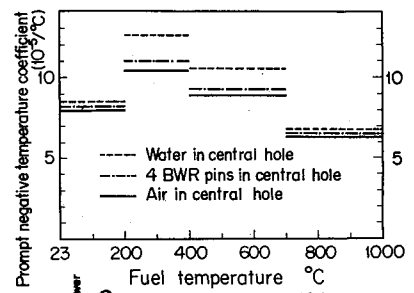


図2 NSRRの温度係数

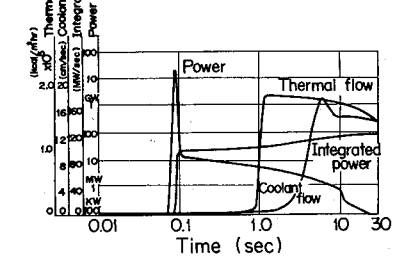


図4 NSRRのパルス特性

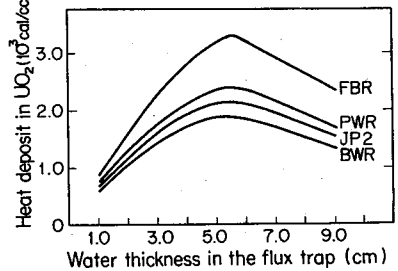


図5 実験孔内の最適設計

1974. 2. 18
 第13回国炉中性子利用専門委員会
 (於 国立教育会館)

原子炉の医療面への応用

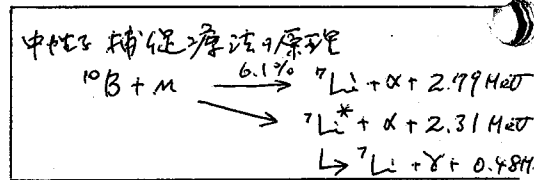
京大原子炉

神田啓治

1. はじめに

中性子を医療に使うという話は非常に古く、1940年には(M,α)反応を利用した最初の動物実験が行われた。それから9経緯については、文献(1)に詳しく述べられているのでここには省略したい。原理は右の通り、αの組織内の飛程は約10μmであることを利用するところである。

医療面への応用と云うことも、現在臨床に使われているのは脳腫瘍に照射したところ、近頃は皮膚がんその他にも使われるところがある。また、診断に短寿命のアイソトープを使うことにも利用され、核医学の重要な一部になるかも知れない。



2. 中性子線量の問題

医療用の中性子線量にはいくつかの問題があるが、詳細は文献(2)に譲るとして、そのうち重要なものをだけ考えてみた。1つは、中性子捕獲療法で標的である選択性(腫瘍のみ破壊し、正常組織はとどめ残す)にあり、平均自由行程が考慮して選択性の高い中性子とそれ以外のガンマ線を分離する必要があり、原理的には、中性子吸収の少ないビスマス厚い層状にして、そこから中性子を取り出すのはいいが、厚くすると中性子束の絶対値が小さくなること及び高価であることのため、実用的には言い難い。そこで我々はビスマス散乱体という考えを提案し、ほぼ理想的にガンマ線を分離することに成功した。(図)

次は中性子エネルギースペクトルと吸収線量分布の関係を明らかにすることである。熱中性子は木炭の吸収のため自己限界があるが、熱外中性子を利用することにより、その深部の腫瘍まで治療が可能となる。2つとも意味は京大炉の基礎実験の結果が示している。熱中性子については問題が解決していることを云う。

3. 京大炉の実験

京大炉の重水炉中性子設備は、最初から医学生物学への応用を考慮して作られた。生物実験には早くから利用された。しかし、本格的に医療用としての基礎実験を開始したのは、昭和45年以来で、後に述べるようにおこなった。その結果を公表している。所外からも多くの協同研究者を招いているが、その内を担ったのは、筆者の他に佐藤孝司、小野光一、志林徹技官、川本広行氏(理国互)などである。

昨秋のガン学会で発表したのは、上記ビスマス散乱体の他に、線源中に含まれるガンマ線がホウ素集積効果による影響を明らかにし、皮膚表面から深部腫瘍を手術なし

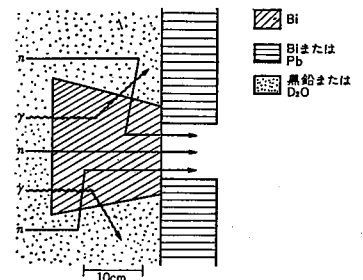


図 ビスマス散乱体による熱中性子とガンマ線の分離の概念図

と治療できる限界を説明した。又、人体フロント4による線量分布の実験と解析を行なった。
 二十子と皮膚がんについて、和歌山五大学の三島豊教授と、ハラスターとを用いた動物
 実験を15回、脳腫瘍について、東京大学の島中坦教授と大田を用いた照射実験を3回行った。
 2.13. 何れもほぼ満足な結果が得られた。人体照射も同様に思われる。

附録 京大附で行った五臓照射に関する研究

1. 中性子束とガンマ線と精密測定
 - (1) 中性子束の線量測定とスペクトル測定
 神田啓治也, KURRI-TR-60 (69); 分科会 B-10, B-14 (68)
 - (2) 中性子線とガンマ線の混合場中、ガンマ線の分離測定
 佐藤孝司也, 分科会 B41, B42 (68); 分科会 C-46 (70); 理工学RI利用(5aE-3(70))
2. 照射実験
 - (1) ビススス法の鉛散乱体法によるガンマ線と中性子線の分離
 神田啓治也, 分科会 A-28 (71); 年会 C-9 (72); 分科会 B-40 (70)
 - (2) 人体フロント4中の線量分布
 佐藤孝司也, 分科会 D-26 (71), 理工学RI利用 14p L-2 (72)
 - (3) コクメ-9の物質と形状の検討
 古林 徹也, 分科会発表予定 (74)
 - (4) ハラスターによる悪性黒色腫の動物実験
 神田啓治也, 原子炉の五学生物学への利用素行研究会報告集 (71)
 三島豊 也, 五学会誌 15, 94 (72); シトニ-国際会議 (72), 日本がん学会 645(72)
- 3 計算、評価
 - (1) 中性子-ガンマ線量の分布から体内線量の評価
 佐藤孝司也, 日本がん学会 643 (72)
 - (2) γ/n 比とB集積効果の関係
 神田啓治也, 日本がん学会 642 (72)
 - (3) γ/n 比を限りなく大に近づける厚さを最適化する方法
 古林 徹也, 年会 C18 (74)

文献 (1) 神田啓治, 五臓用原子炉, 原子力工業 19, 52 (73)
 (2) 神田啓治, 研究炉の中性子線質の向題点, KURRI-TR-110 (72)
 (3) 神田啓治, 五学生物学用中性子照射設備の向題点, KURRI-TR-93 (71)
 (4) 喜多屋憲助, 五学生物学用原子炉の展望, 放射線科学 16, 243 (73), 17, 32 (74)

附記 1. 素行委員会発表後、LIFサイクルの作成に成功し、後ガンマコクメ-9が実現した。
 2. 本原稿締切向題になら、2. 京大附の五臓照射が承認され、5月4日に才(田)の設備
 が稼働した。2.2. (田) 也。

「弥生」における医療用照射の基礎研究

東京大学

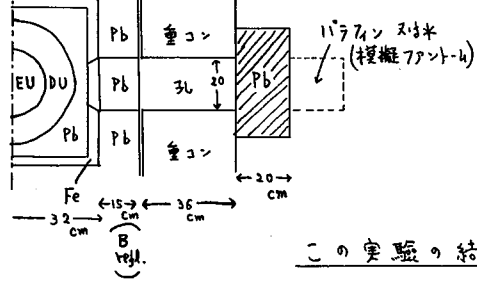
古橋 晃, 他 弥生医療用照射研究グループ

[弥生における眼目] 高速スベクトルは必ずしも必要でなく、適度の中間減速材を用いて熱中中性子束を作り、生体への入射後それ自身の熱化能力を利用して、熱中中性子束のビームを患部において生ぜしめ、もって深層部にある腫瘍を照射治療することを目指す。

[必要線量その他] 患部に 2000 rem を与える。このとき L_1 を ν の $R.B.E.$ は 2.0 とみて、 $1000 \text{ rad} = 6.24 \times 10^{10} \text{ MeV/g}$ を実現させる。 ^{10}B (n, α) の平均 Q は 2.33 MeV とみて、患部 1g 中に 2.58×10^{10} 個の反応を起させる必要がある。患部 1cc 中に ^{10}B が 40 μg 入るとすると Σ は $8.15 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ 位だから、必要な $\phi_{th} t$ は 3.17×10^{12} 、これを 6hr ($=2.16 \times 10^4 \text{ sec}$) で実現するには $\phi_{th} = 1.46 \times 10^8 \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ を要する。実際の線量としては炉心からの γ 、生体の (n, γ) の γ 、 $N(n, p)$ の p などもあるが、これらは正常部にもまわりので差の量を 2000 rem とすると考えればよい。正常部の γ 線量は (n, γ) も含めて 400 rem ($R.B.E.$ は 0.8 とみて 500 r) 以下に抑えたい。又、眼は 100 rem 以下、胸は 50 rem 以下、その他全身は更に低線量にした。

[弥生における照射場] 炉出力が低いので 2KW 全出力運転をしても実験孔外ではたぬで、空の熱中中性子柱内に入って、36 cm 厚重コン板の 20 cm 幅プラグを抜いた所に患部を持ってゆく必要がある。要は γ の遮蔽を增强することと、適当な材質、厚さの中間減速材を炉心との間に存在させること、並びにコリメーションを含む全体のジオメトリーを、 ϕ_{th} を上げ、 ϕ_f/ϕ_{th} を下げるようにして最適化してゆくことである。1 MeV 以上の ϕ_{th} は切る。

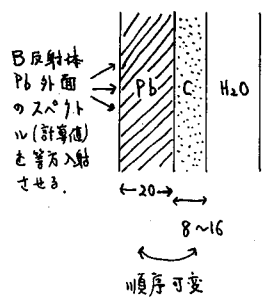
[48年1月期線量実験]



重コン板のプラグを抜くと、後に Pb を 20 cm は置かないと、柱内の空間 γ 線量率は 20 数 r/hr 迄落ちない。ファントムを置くと ϕ_{th} は 2cm 位入った所にビームを生じ、 $\phi_{th} \approx 1.3 \times 10^8$ 、そこで 100mg/cm² の Au 箔の Cd 比 ≈ 10 である。 γ は (n, γ) が入って 100 r/hr 位に示える。

この実験の結論…… Pb は少くとも 20 cm は必要である。(なお重コン 36 cm は γ に対しては Pb 11 cm 位の効果とみられる。)

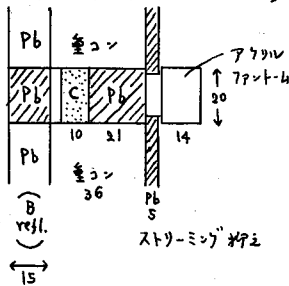
[48年4月期一次元輸送計算]



DTF-IV コードで、Hansen-Roach 16 群定数を用いて S_4 計算を行なった。C 層厚 8 ~ 16 cm に応じて、 H_2O 中の ϕ_{th} のビーム位置は入射面より 2.5 ~ 1.5 cm 奥に生じ、大体よさそうである。C-Pb の順より固の Pb-C の順の方が ϕ_{th} が 2 ~ 3 倍とれ、 ϕ_f/ϕ_{th} 比も少し下がる計算である。C の代りにポリエチレンを用いるなら 3 cm 厚位がよさそうである。

この計算の結論…… Pb 20 cm の他に中間減速材 C 8 ~ 16 cm が必要。

[48年5月期線量実験] (実験は主に500Wで行ない、2kWに換算している。)

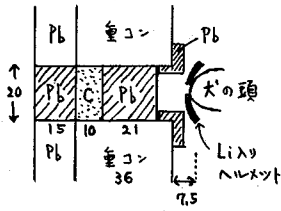


多数ケースをやっているが、主要なのは左図で、フロント-ムの入射面より2cm奥で $\phi_{in} \approx 2 \times 10^8$ のビームを得た。そこで γ は捕獲 γ のみで $\approx 100 \text{ r/kh}$ 。CとPbの順を逆にすると ϕ_{in} は変らず、 γ が2倍位に増す。但し ϕ_f/ϕ_{in} 比は少し下がる。C-Pbの順でCを15cmに増すと $\phi_{in} \approx 1.3 \times 10^8$ になるが、 $\gamma \approx 60 \text{ r/kh}$ で γ/n 比は少し向上する。又、 ϕ_f/ϕ_{in} は左図の体系と変うない。

この実験の結論... Pb 21cmの他にC 10~15cmを用いるのが良いことを確認した。

順序はC-Pbの方が良い。左図の体系でやりえうである。

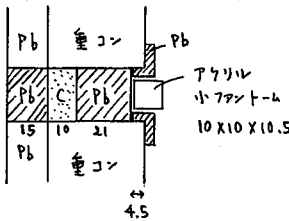
[48年7月期ビーグル犬照射実験]



犬は'B'は注入せず、表皮のみ切開して頭蓋骨の一部を露出した形で麻酔して照射した。骨の表面でCd比4を仮定すると $\phi_{in} \approx 8 \times 10^7$ 、骨内部分をCd比10と仮定すると $\approx 9.3 \times 10^7$ と見積られる。 $\gamma \approx 150 \text{ r/kh}$ で、n, γ 共5月期実験より悪かった。犬体は總じて $\phi_{in} \approx 1 \sim 2 \times 10^6$ 、 $\gamma \approx 20 \sim 50 \text{ r/kh}$ の場であり、全身被曝が大きかったので2.3kで照射を打切った。脳での7レインスは $\phi_{in,t} \approx 0.77 \times 10^{12}$ 、 $\gamma \approx 370 \text{ r}$ にとどまり、前頁で述べた必要 $\phi_{in,t}$ の1/4位だった。犬は一時衰弱したが健在である。

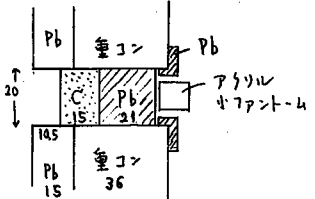
この実験の結論... 頭を炉心に近づけ難いこと、ヘルメットの影響などで、線量実験より条件は悪くなる。 ϕ_{in} を2倍近く上げ、 γ は逆に半分近く逸落した。なお必要個所以外の全身被曝を避ける工夫が必要である。

[48年11月期線量実験]



ϕ_{in} を小さくするために重コンの厚み内に頭を突込むケースを仮想した。小フロント-ムの2.4cm位奥で $\phi_{in} \approx 3.4 \times 10^8$ 、 $\gamma \approx 280 \text{ r/kh}$ が得られた。(ϕ_{in} のビームはもう少し前に生ずる。)

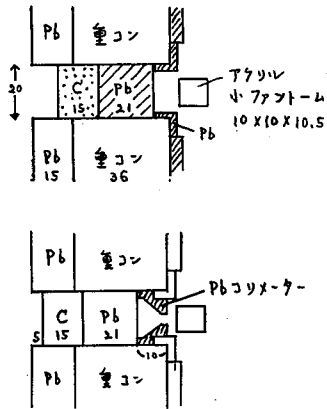
この実験の結論... 炉心に近づくと大切である。重コン板を照射用に作り直し、10cm位近づけ得れば見込みがある。(なお空間 γ はこのフロント-ム位置で110~140 r/kh)



ϕ_{in} を更にかせぐためにB反射体の15cm厚Pbプラグを除去してみた。C層の厚さは代わりに10cmより15cmに増した方がよく、左図の体系で、小フロント-ムの2.4cm位奥で $\phi_{in} \approx 4.5 \times 10^8$ のビームを得、そこで γ は $\approx 300 \text{ r/kh}$ であった。C層を20cmにすると $\phi_{in} \approx 3.6 \times 10^8$ 、 $\gamma \approx 240 \text{ r/kh}$ になる。 γ/n 比は總体的にみると少し改善される。但し ϕ_{in} のビームは1.2cm辺に移り、少し減速しすぎになるようだ。

この実験の結論... B反射体のPbプラグによる γ の遮蔽は必ずしもいらないようで、黒鉛も結構 γ をへらす力がある。黒鉛層の厚さはPbプラグと同一の場合は15cm位が良いようである。すると重コン板を一部Pbに変えて薄くすれば、全体的にもっと炉心に近づけよう。

[49年1月期線量実験]



B 反射体の 15 cm 厚 Pb プラゲを除いた状態で、ファントムが外表面に接して外側にある場合を検討したが、ファントムの 2.4 cm 奥で $\phi_{th} \approx 2.1 \times 10^8$, $\gamma \approx 163 \text{ 1/h}$ となり、 γ/n 比は 11 月期の重コン内に頭を突込むケースより、少し悪かった。C 層を 20 cm にしたり、逆に Pb を 27 cm にしたりしてみたが γ/n 比は改善されなかった。

そこで左図のように 4 cm 中の孔を持つ Pb コリメーターを併用した所、ファントムの 2.4 cm 奥で $\phi_{th} \approx 2.0 \times 10^8$, $\gamma \approx 129 \text{ 1/h}$ となり、 ϕ_{th} を落さずに γ を落すことができた。なおファントムなしの空間線量率は $\approx 76 \text{ 1/h}$ である。

この実験の結論—鉛コリメーターは γ 抑之に有効である。下図に示した体系で、このファントムの位置に頭をおしつけるようにもってこれれば、一般線量的には見込みがある。しかし重コン板はいくらぬ限り、これより大中に良くなる可能性は無いようである。

以上により、最後の図の体系で、頭を極力炸側におしつけ、且つ全身被曝をなるべく減らすような姿勢をとらせつつ、ビーグル犬の照射実験も 49 年度 3 月期に再行してみる予定である。その眼目は最初に述べた $\phi_{th} \approx 3.17 \times 10^{12}$ のフルインスを正常脳に与えた場合、附随する 500r 程度の γ 線量と併わせても正常脳は破壊されないことを確かめることにある。これは $\phi_{th} \approx 2.0 \times 10^8$ がとれた場合、2 kW で 4.5 時間位の照射に当る。

なお以上において、測定に使用した金箔は 0.05 mm 厚 (約 100 mg/cm^2) のもので、裸の場合 5 mm 角、Cd-covered のものは 10 mm 角、Cd カバーの厚さは 1 mm であった。これをうけて Cd 比は、大径の場合、ファントム入射面で 3.5 ~ 4、2 mm 2.4 cm 奥で 9 ~ 10、5 cm 奥で 13 ~ 20 位になり、ケースによって大きな変動はない。熱化が不十分なので Maxwell + 1/E のような形をしているという保証はないが、仮りにそうしてみると、1/E 部分の振幅 (単位レシオ一中途りの ϕ_{epi}) と ϕ_{th} の比は、この金箔によって考えると、Cd 比 4, 10, 20 に対して、それぞれ、0.052, 0.017, 0.008 位に当り、案外熱化が進んでいるようである。またファントムなしの空間スペクトルでは Cd 比は 2.3 ~ 3 である。

γ 検出器としては TLD を用いており、50r 辺は 110S (CaSO_4), 2000r 辺は 100M8 (CaSO_4) 又は 170B (BeO) を使用した。中間的な重なり合う範囲で、それぞれを示す値はわりによく揃っており、矛盾は起きていない。

今後の予定としては、49 年度以降、科学研究費その他により予算が獲得できれば、ビスマスや鉛を購入して、重コン板自身もこれらのもを含めや、諸体系によって置換してゆき、良好な照射場を作り上げてゆくつもりである。

ELA-TOF 法による高速炉材料中の高速中性子スペクトル測定*

京大炉 木村逸郎

1. 序 言^林

最近パルス状中性子源, とくに電子線型加速器(ELA)の発達に伴ないこれに中性子源とした飛行時間分析法(TOF法)による高速炉材料中の中性子スペクトル測定が盛んになってきた。さらに極く最近ではいわゆる duoplasmatron などの大電流イオン源の開発につれて小型加速器による TOF 実験も盛んになりつつある。また, いわゆる封じ切り型の中性子発生管を用いた TOF 実験さえ報告されている。一方, ^{252}Cf などの定常源で核分裂片や γ 線をトリガにした TOF 実験も試みられている。現在, ELA-TOF 実験を活発に行なっているグループとしては, 増倍系では VERA, ZEBRA, STSF, 非増倍系では GGA, RPI, Harwell, 京大炉などがある。ここでは京大炉での実験を中心に述べる。

2. 実験の方法

現在までに採用してきた測定対象と解析方法を表1に示す。試料はいずれも集合体の中心に鉛の光中性子ターゲットを置き, これに ELA からのパルス状電子ビームが入射して中性子を発生する。中性子とトリ出しのためにリエントラント孔があり, この孔の底から流出した中性子が飛行管を通り中性子検出器に入る。このトリ出し位置と方向は表1に示すように多くの場合, $r = 15/20 \text{ cm}$, $\mu = 0$ (90° 方向)である。飛行管は真空で, この中に鉛と BaC のコーリメータがある。中性子検出器としては ^6Li ガラスシンチレーションカウンタと ^{10}B -ワセリン-NaI (TL) カウンタを主に用いた。前者は直径 12.7 cm, 厚さ 1.27 cm の ^6Li ガラスシンチレータ (NE912) を厚さ 1.65 cm の石英板を介して EMI-9618R にマウントしたものを3組でバンクとした。後者は ^{10}B 粉末 884 g と白色ワセリン 972 g を混合して 13 cm x 13 cm x 8.5 cm のアルミカンに密閉し, この周辺を直径 12.7 cm, 厚さ 5.08 cm の NaI(TL) シンチレータで囲んだものである。この場合も EMI-9618R を使用している。中性子検出効率として前者では GGA の Neill らの値, 後者では Harwell の Coates らの値を参考とし, のち

表1 測定対象と解析方法

試料	純度	形状と大きさ	トリ出し条件	解 析*
ボロン黒鉛	B 2.6%	直方体, 70x70x80	$r=20, \mu=0$	A, D; R, J-F, ABBN
金丸	軟鋼	直方体, 70x100x100	$r=20, \mu=0$ $r=28, \mu=20^\circ$	A, D, C; R, J-F, J-E, ABBN ^{KFK}
アルミナ	99.5%	球(60φ)	$r=15, \mu=0$	D; J-F, ABBN
トリウム	99.9%	球(60φ)	$r=15, \mu=0$	D; J-H, ABBN
酸化鉄	99.2%	球(60φ)	$r=15, \mu=0$	D; J-E, ABBN
鉛	99.99%	立方体, 70x70x70	$r=20, \mu=0$	A, D; R, J-Pb, ABBN

* A = ANISN, D = DTF-IV, C = CYGNUS (Monte Carlo), R = RSIC-99G, J-F = JAERI-FAST, ABBN = Abayyan et al., J-E = Revised J-F type 70G by Nakagawa, J-H = J-F type 70G for Th, J-Pb = J-F type 70G for Pb, KFK = KFK-120.

共同研究者 西原宏(京大工), 小林理, 林 徹, 山本修(京大炉), 金沢哲(京大工) 中島洋(京大工, 現在 NAIG), 部分的参加: 東原美(動燃, 現在川崎重工) 林紙面の都合で文献名は省略する。関心ある方は直接著者へ照会されたい。

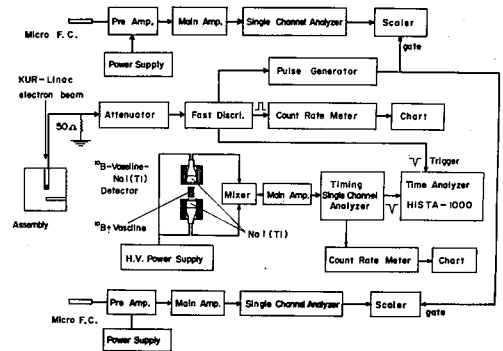


図1 測定回路ブロック図 (^{10}B -ワセリン-NaI(TL) の場合)

に、ボロン黒鉛の中性子スペクトルを標準として再校正した。測定回路のブロック図を図1に示す。ただし、これは ^{10}B -ワセリン- NaI(Tl) カウンタの場合である。時間分析器としては着者が開発した磁性線メモリ方式のものを用いたので死時間補正が不要である。バックグラウンド測定法は2, 3 試みたが主にトンネル法による。

他のグループの実験と異り、われわれは一貫して中性子束の空間分布の測定を併せ行った。これによって計算上、ている球対称性の仮定がテストできるし、さらに空間分布の形状そのものを計算結果と比較検討できる。高速中性子束は $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}$ 反応、熱および熱外中性子束は $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$ 反応によって求めた。

3. 計算の方法

計算は主として Sn コードを用い、一部 Monte Carlo コードを用いた。組定数は JAERI-FAST その他を採用し、新たに組定数を作成したものもある。これらは表1にまとめた。

4. 実験と解析の結果

(1) ボロン黒鉛

非常に単純な組成で、しかもその中性子断面積がよく知られているために標準中性子スペクトル場と考えられ、中性子検出器の効率再校正に使用できる。中性子スペクトルの計算結果は図2に示すようになり一部分を除けば計算法や組定数に拘らず一致する。ここでは ANISN-RSIC を標準とした。図3, 図4は空間分布である。

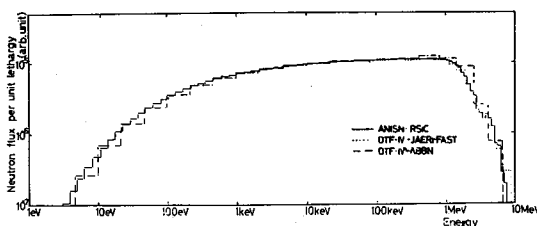


図2 ボロン黒鉛の中性子スペクトル ($r=20\text{cm}$, $\mu=0$)

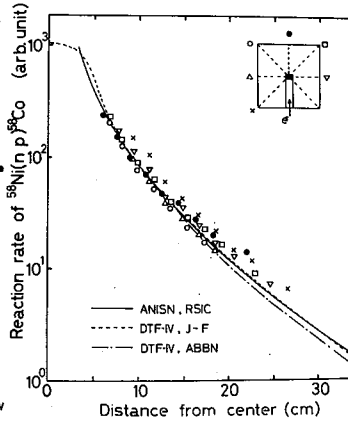


図3 ボロン黒鉛中の中性子束分布(1)

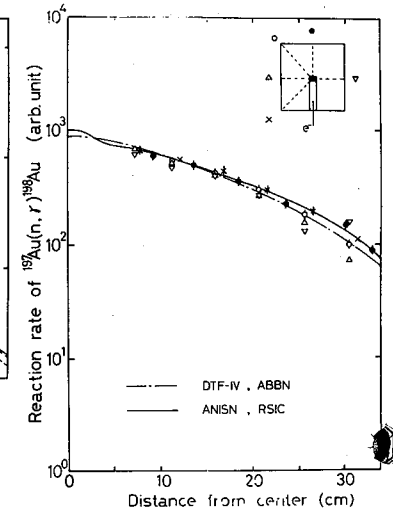


図4 ボロン黒鉛中の中性子束分布(2)

(2) 鉄

鉄中の中性子スペクトルの計算結果と実験結果と比較したものを図5に示す。これ

からみて、ANISN-RSICの計算結果が実験値に最も近いことが分る。

(3) 鉛

図6は鉛中の中性子スペクトルである。実験値は計算値にはほぼ合致する。

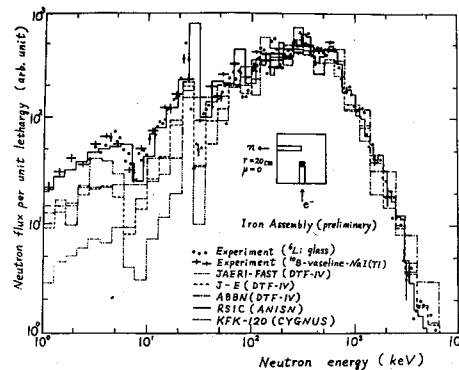


図5 鉄中の中性子スペクトル ($r=20\text{cm}$, $\mu=0$)

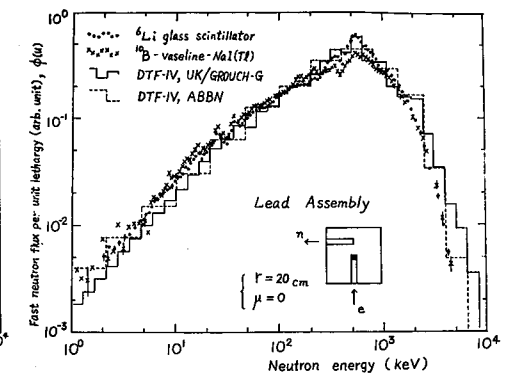


図6 鉛中の中性子スペクトル

⁶Li サンドイッチカウンターによる高速中性子スペクトルの測定

東北大・工

神田一隆

1. 序論 中性子スペクトルの測定法は今日まで種々開発されてきたが、中性子が電荷を持たないということから、広いエネルギー範囲にわたってこれを測定するにはいずれの方法も問題が多い。Love and Murray によって開発された⁶Li サンドイッチカウンターによる中性子スペクトルの測定法もその一つで、現在ではその特性もよく知られている。

⁶Li サンドイッチカウンターは⁶Li(n, α) τ 反応(Q-値: 4.78 MeV)の α , τ 粒子を⁶LiF 膜をはさんで相対する2枚の表面障壁型半導体検出器(以後 SSD)を用いてとらえ、両者の波高を加え合せて全エネルギーを求め、これからQ-値を引いて入射中性子のエネルギーを得るという方法に基づいている。本研究においては、このカウンターを用いて、原研FCA, 東大炉などにおいてスペクトル測定を行なった。

2. カウンターの特性 このカウンターの特色として次の様なものがあげられる。

i) 単色中性子に対して、パルス波高と α の応答が1対1に対応する。

ii) 中性子と γ 線の弁別が波高から容易に行なえる。

iii) SSDの配置や形状にある程度自由度を持っている。

これらの特色から、このカウンターは炉内中性子スペクトルの測定手段として非常に有能なものとなっている。しかしながら、SSDの素材がSiであることから $Si(n, p)$, $Si(n, \alpha)$ 反応によるバックグラウンドが存在すること、あるいは、照射損傷を受け易いなどの問題点もある。

3. 検出効率 ⁶Li サンドイッチカウンターの幾何学的検出効率は、SSDの荷電粒子に対する検出効率が100%であることから容易に計算から求められる。このカウンターの幾何学的検出効率をモンテカルロ法を用いて三次元的に求めた。本研究においては、照射損傷の影響が顕著になる前に十分な統計精度を得るために、両SSDを近接させて用いた。

α の幾何学的検出効率を図1に示す。相対的検出効率は幾何学的検出効率に、⁶Li(n, α)反応の断面積を乗ずることによって容易に得られる。

4. 解析方法 中性子エネルギーと波高は理想的には1対1に対応するのであるが、実際にはSSDの分解能とか、 τ, α 粒子の⁶LiF膜中でのエネルギー損失のゆらぎなどによりある程度の広がりを持っている。今、波高分析器の n チャンネルに蓄められる計数値 C_i は $C_i = \sum_j \phi_j \epsilon_j R_{ji}$ で与えられる。但し、 ϕ_j, ϵ_j は j チャンネルに対応する中性子束、及び検出効率; R_{ji} は応答関数である。これを繰返し法によって解く方法がGoldによって提案されている。本研究においては、これに近い以下のような方法を用いて繰返し計算を行なった。(1) $\Delta C_i^n = C_i - \sum_j \phi_j^n \epsilon_j R_{ji}$, (2) $\Delta \phi_i^n = \Delta C_i^n \frac{\epsilon_i^n}{\epsilon_i^n}$, (3) $\phi_i^{n+1} = \phi_i^n + \Delta \phi_i^n$ 但し $R_{ji}^0 = \epsilon_j R_{ji}$, 上つきの n は繰返しの数, ϕ_i^{n+1} は次の繰返しの入力である。 ϕ_i^0 としては通常 C_i を用いた。繰返しは、 $\Delta \phi_i^n$ が十分小さくなったところ、あるいは、大部分

のチャンネルが統計誤差内に入ったところで止めた。

5. 測定結果及び検討 測定結果としては原研FCAにて行なったものを示す。図2,3はそれぞれ IV-I 炉心, V-III 炉心の測定結果である。これらは 1MeV 以上では計算値と比較してほぼ満足できる結果を与えている。 ${}^6\text{Li}(n,\alpha)$ 反応には 250 KeV 付近に大きな尖鳴があり、Unfolding を行なうと、この付近のスペクトルは応答関数の形に大きく影響される。一方、応答関数としては、熱中性子にて得たものを用いているが、測定中に照射損傷によるゲインの変動を受けたりしてこれが広がっている。測定中のゲインの変動は FCA IV-I 炉心での測定では約 10^2 nrt の速中性子照射で約 4% のゲインの変動があった。しかしながら、1MeV 以上ではその影響が小さいので、この範囲では十分信頼性があるといえる。

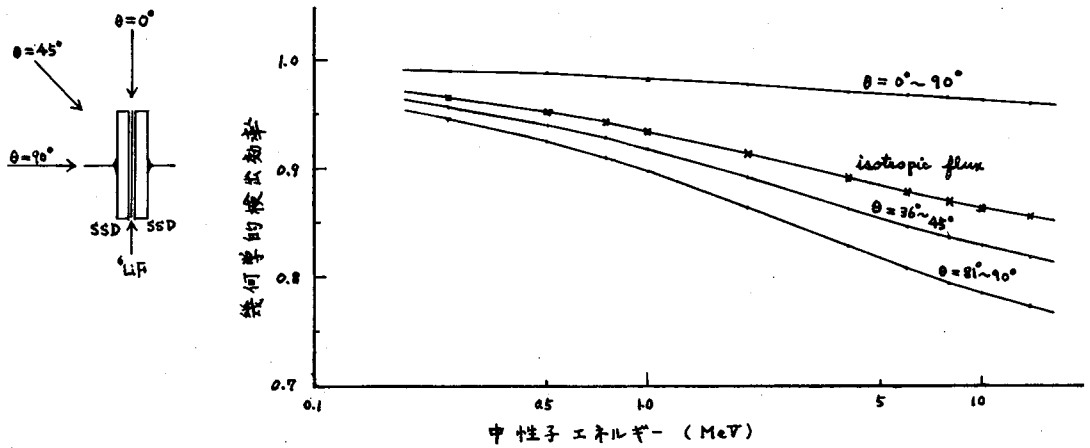
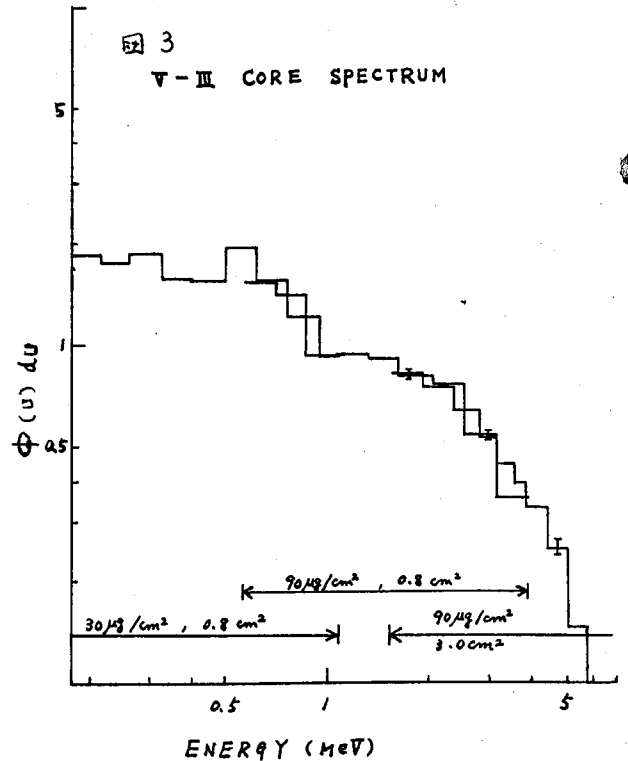
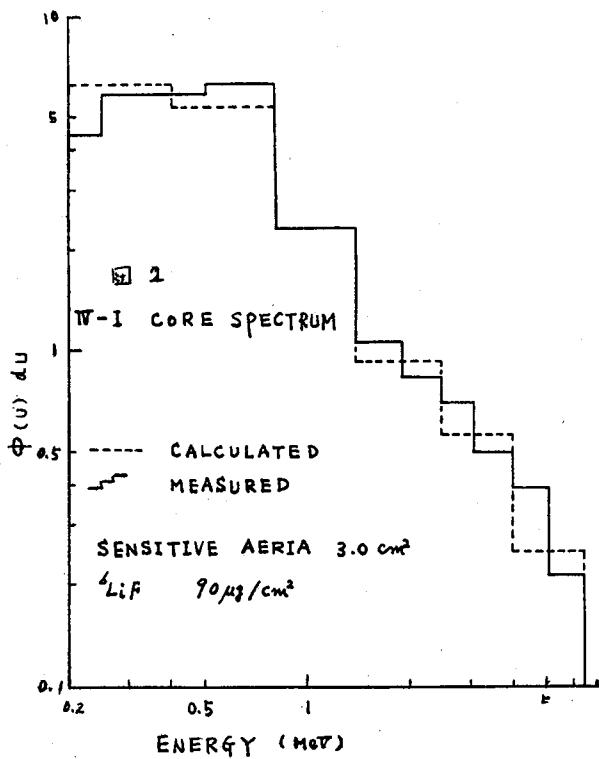


図1 ${}^6\text{Li}$ サンドインチカウンターの幾何学的検出効率



研究室たより
(到着順)

(1) 北海道大学原子工学科 原子炉工学講座

スタッフ 小川雄一教授、松本高明助教授、秋本正助手
辻雅司、阿部利男(M₂)、板垣正文、安武泰三(M₁)

4月は新しく学生が講座配属になり 研究室の気分の改まる増ですが、時を同じくして 45 MeV-ライナックが完成して これからは研究室の方も忙かしくなります。研究室のスタッフ全員で半年程前から準備を始めていた高速中性子スペクトルの研究も最近ようやく軌道に乗りつつあって ライナックを使って いろいろ興味あるデータがとれそうで 大いに期待している次第です。

昨年11月頃は、沸騰流体のゆらぎに関する研究のデータが出て 電気学会北海道支部に発表しました。またその時分は 建設途中のライナックで熱中性子散乱の装置と整備していて 完成後は何とかやれそうだと目途の立った時期でもあります。

いずれにせよ 高速中性子スペクトルや熱中性子散乱の研究でこれからライナックをつぶれない程度につぶれるぐらい使ってデータを出そうと意気込んでいる次第です。

研究論文

((松本高明))

'Response of Reactor Power to Fluctuation of Inlet Mass Flow Rate'

Y. Ogawa, H. Komatsu J. Nucl. Sci. Technol., 11[1], 29 (1974)

'Measurements of the Down-Scattering of Neutrons from Molecules with a Methyl Group'

T. Matsumoto Memoirs of the Faculty of Eng. Hokkaido Univ., 14, (1974)

○ 「冷減速材における冷中性子パルスの減衰」

秋本正、齊藤隆、小川雄一 北大工学部研究報告 72, (1974)

修士論文

○ 「高出力運転時の原子炉雑音に関する解析的研究」 辻 雅司

○ 「De-Coupling 法による高中性子束炉の制御」 辻 雅司

○ 「黒鉛体系中の単一エネルギーパルス中性子波位播実験」 阿部利男

(2) 動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター 重水臨界実験室

昭和44年12月初回臨界以来5年目を迎えた当実験室は当初の目的である原型炉「ふげん」の基礎データの収集とその解析において着々とその実を挙げており、最近は特にその主力をフルトニウム燃料を使用した実験へと移している。現在の0.54%フルトニウム富化燃料を装荷した炉心での実験が一段落し、一応の成果が得られた。これらの実験に関しては昭和49年年会要旨集のD40~D44にまとめてある。今後0.87%フルトニウム富化燃料を装荷した炉心での実験を続けていく予定である。

現在 当実験室では大きく分けて二つの問題を抱えている。一つは「炉心が非均質である効果を如何にして評価するか」であり、もう一つは「炉心が二領域である効果を如何にして評価するか」である。

DCAのような圧力管型炉ではその非均質性のため軸方向と半径方向の中性子漏洩効果に差を生じ、特に冷却材ホイド率の大きい炉心ではこの差が大きい。軸方向と半径方向の中性子漏洩量の違いがどの程度であるか計算であたっているが、いまのところ明確な結論は得ていない。将来実験で両方向の拡散係数の測定が必要になって来ると思われる。また 炉心全部に装荷できるだけのフルトニウム燃料の手持ちがないため実験は周辺部にウラン燃料を装荷した二領域炉心で行なわれる。このような複雑な炉心からフルトニウム炉心のデータを求めるためには置換法が有力な方法である。当実験室では中性子束の歪及びエネルギースペクトルの変化の効果を取り入れた二次の摂動論に基づく置換法で解析を行い、非常に良い結果を得ている。

更に ATR原型炉「ふげん」の評価研究及びATRの将来炉についての調査研究についても地道な研究活動が行われている。

(村松 精)

(3) 京都大学工学部 原子核工学科 西原研究室

当研究室の炉物理グループでは 現在次のような研究が進められている。〔 〕内に昭和49年年会要旨集(炉物理, 炉工学)の論文番号を示す。

- ・ SN法の計算プログラムによる輸送方程式の P_N 近似解 (小林, 丁)
- ・ P_N 近似による輸送方程式の数値解 (小林, 大谷D₃, 鶴田M₁)
- ・ 有限フーリエ変換による2, 3次元拡散方程式の解法 (小林, 丁, 大谷, 安藤M₂) [D-6, D-7]
- ・ 鉛, アルミナ, トリア等の体系におけるエネルギースペクトルの測定及び各種組定数による数値解析との比較検討 (西原, 安藤, 金沢, 木村^{*}, 小林^{*}, 林^{*}, 山本^{*}, *京大炉) [D-53]
- ・ 有限円柱に対する輸送方程式の解析解 (西原, 堀江) [D-12]
- ・ 殻模型, 集団模型等に基づく核分裂機構の解明及びその断面積の評価 (小林, 大村D)

- 中性子雑音の伝播 (森島) [C-50]
- 冷中性子散乱断面積測定による重水氷の静的構造解析 (森島, 大賀 M., 宇津呂*, 杉本*, *京大炊)

なお 近いうちに掲載予定の論文としては次のものがある。

Jungchung Jung, Nobuo Ohtani, Keisuke Kobayashi and Hiroshi Nishihara ;
 Solution of Standard Diamond Difference Equations for Discrete Ordinate Neutron
 Transport Equations Equivalent to the P_L Approximation in X-Y Geometry,
 Nucl. Sci. Eng..

(森島 信弘)

(4) 船舶技術研究所 東海支所

船研東海支所遮蔽研究室における昨年11月から本年3月迄の主な研究は

1. これまでの研究のまとめとして研究報告作製。このうち原子力学会誌に投稿した論文は下記の3件である。
 - i) K. Takeuchi, A. Yamaji : Neutron Transport Benchmark Calculations, (I) PALLAS Calculations, J. Nucl. Sci. Technol., 11[2], (1974)
 - ii) K. Takeuchi, A. Yamaji : Characteristics of Discrete Sn Calculation for Angular Distribution and Scalar Flux of Neutrons Penetrating through Media, J. Nucl. Sci. Technol., 11[3], (1974)
 - iii) T. Miura, A. Yamaji, K. Takeuchi : A Two-Dimensional Benchmark Experiment for Neutron Transport in Water, to be published to J. Nucl. Sci. Technol..

また 船舶技術研究所報告に下記の2件投稿した。

- i) 三浦俊正 : He^3 比例計数管による中性子スペクトル測定
 - ii) T. Miura, et al. : Fast Neutron Streaming through a Cylindrical Air Duct in Water
2. 実験は東大高速中性子源炉と原研JRR-4炉で行なった。
 - i) 東大「やよい」炉では 高速中性子の鉄層透過スペクトル測定で、京大兵藤教室と原研宮坂氏との共同実験である。測定値は PALLAS計算値と比較した。
 - ii) 原研JRR-4炉では 鉄-水多重層の鉄層透過中性子スペクトルおよびガンマ線線量測定である。中性子のエネルギー領域は 10 MeV ~ 100 KeV の範囲を測定した。この実験は鉄層より発する2次ガンマ線を測定することを目的として行なっている一連の実験のうちの一つである。

(竹内 清)

(5) 三井造船株式会社 原子力事業室

1. 発表論文 なし

2. 発表予定論文

S. An, T. Kanemori et al., Review of Published Results, Current Work and Future Plans of Benchmark Shielding Experiments in Japan, Paper to be presented at EACRP Specialist Meeting to Discuss Integral (Benchmark) Shielding Experiments, Ispra, Italy, Apr.

17-19, 1974

3. 口頭発表 なし

4. 近況

八谷が原研シグマ研究委員として 酸素の核データの評価作業を行なっている。また金森他で核計算関係計算プログラムの整備を行ない高速炉の炉心特性に関する研究の準備をしている。

(八谷 雅典)

(6) 原研 動力試験炉部開発室 TCAグループ

1. 概況 TCAを用いた臨界実験では発泡ポリスチレンを用いて作製した模擬ホイド(平断面に7×7本の燃料棒が挿入できるブロック構造)を用いて PuO_2-UO_2 燃料格子を構成し、主に出力分布を測定した。約40%および50%ホイドの場合について行なったがホイドの無い場合にくらべ大変大きなヒーキングが生ずることが判明した。

一方J線のスเปクトロメトリーによる非破壊的燃焼度測定については、今期はハルデンHBWR炉において約16000 MWD/Ton照射された PuO_2-UO_2 燃料について行なった。 UO_2 燃料と異なり特徴的であるのは ^{106}Ru の比率が約10倍高いことである。 $^{134}Cs/^{137}Cs$ が燃焼度にほぼ比例することは UO_2 燃料と同様にここでも示された。

2. 口頭発表

49年年会 B32 照射済み PuO_2-UO_2 燃料の非破壊的γスเปクトロメトリー(松浦他)

D37 PuO_2-UO_2 と UO_2 との2領域炉心の臨界量と出力分布(筈島他)

D38 PuO_2-UO_2 格子の反応度温度依存性(小林他)

3. 発表予定論文

"Critical Experiments and Analyses on 7×7 PuO_2-UO_2 Lattices in Light-Water Moderated

UO_2 Core", H. Tsuruta, et al., JAERI 1234

(小林 岩夫)

(7) 京都大学 原子炉実験所 原子炉設備部門 (岡本教授他)

現在の主な研究テーマは次の通りである。

1. 中性子の小角散乱の実験

KURのBI実験孔に curved slit の rotor を設置して、波長 $1 \sim 5 \text{ \AA}$ の中性子の小角散乱の実験で Pb や Al 結晶等の長周期構造の研究を行なっている。

2. 中性子の偏極

磁化された中性子全反射鏡を利用して中性子の偏極を行なうために、BI 実験孔及び中性子導管に種々の実験を行なっている。

3. 熱中性子の非弾性散乱

中性子導管を用いて波長 4 \AA 以上の長波長の中性子の水による非弾性散乱の実験を行なっている。これは液体水素等での散乱実験の予備実験で、2号炉での冷中性子源の設計とも関連している。

4. (n, γ) 反応

中性子導管を用いて、熱中性子捕獲 γ 線のスペクトル測定の前備実験を行なっている。次に当部門では中性子回折関係の研究も行なわれていて、干渉性弾性および準弾性散乱による固体の核的、磁氣的構造の解析を中心として、誘電体、磁性体相転移の研究が系統的に行なわれている。

さらに2号炉計画に伴い、関連実験設備の検討、設計等が行なわれている。

(秋吉 恒和)

(8) 東北大学工学部 原子核工学科 百田研究室

我々の研究室は、高速炉安全解析のための原子炉計算法の開発研究、原子炉計算の基礎をなすミクロな中性子断面積の測定および炉内中性子スペクトルの測定を中心に研究を行なっている。

1. 安全解析のための研究としては、現在燃料と冷却材の相互作用を含めた高速炉事故解析コードの作成を進めている。これはUCRLのJ.C. Millsの論文を基礎としたもので、反応度フィードバックについては spatial-time kinetics 法を用いて、またエネルギー依存性については spectral synthesis 法を用いて解析することを考えている。

2. ミクロ断面積の測定として、核理研の電子リニャックと120 m 飛行管を使い ^{235}U の高速中性子全断面積の測定を行ない、white beam と生かした測定を行なって来たが、昨年のGd添加大型液体シンチレーションカウンタ(400l)の完成に伴い、現在はこれを使用した各種の部分断面積 σ_p の測定の準備を行なっている。そして ^{252}Cf を用いた特性のチェックなどを行なったが、昨年11月にはその年始めとして ^{235}U の σ_f の測定を試みた。測定そのものは、equivalent scatterer の問題などで満足な結果を得られなかった。しかし本学科で現在建設中のダイナミトロン加速器が完成すれば、その強力な連続および単色中性子源を用いて、keV \sim MeV 領域の測定を行なう予定である。

3. 炉内中性子スペクトルの測定としては、これまでに ^6Li サンドイッチカウンタや

SSDを用いた核分裂計数管の製作開発研究が行われてきたが、現在は一段落といつたところである。

4. 本学科では現在ダイナミトロン加速器を建設中である。その性能は陽子3 MeVで電流3 mAが得られ(最大電圧4.5 MeV) また2 nsecのパルス化も可能である。現在(5月初旬) 高圧発生試験が終わり、イオン加速の試験を行っている。炉物理関係の実験としては、上記の断面積の測定以外にも体系にパルスを打ち込み、時間空間依存性を測定することも計画している。現在研究室の精力は、ダイナミトロン加速器の建設に注がれており、その完成が待たれる。なお人事関係では三井助手が3月31日に退職され、住友重機へ移られました。

5. 発表論文(口頭)の例

i) 野本, 馬場, 白田, 神田, 平川, 三井
 U^{238} の高速中性子全断面積の測定 (48年年会)

ii) 井筒, 馬場, 堀江, 白田
中性子検出用大型液体シンチレーション装置 (49年年会)

iii) 横山, 神田, 馬場, 平川
核分裂測定用計数管の試作 (49年年会)

(井筒定章)

(9) NAI&研究所 炉物理第1研究室 (核データセンター, 高速炉物理グループ)

NAI&研究所の自然環境は非常に良いとは云えない。左隣りが花王石けん、前と右隣りが石油地帯、後ろに多摩川河口をへたて、羽田の滑走路端が見える。風向きによって訳の判らない香りがする。正面本館2階の左隅みがおぼろげな研究室である。

我々の研究室は原研を除けば、原子力では最も古い歴史をもつものの一つであろう。それ丈に基礎的部門での原子力学界への寄与も数多くあり、衝突確率法(深井, 牧野), invariant imbedding法(清水, 青木), 共鳴吸収理論(氷田; RICHコード), 熱中性子散乱理論(飯島, 徳沢, UNCLE-TDMコード)等は我々の大きな財産でもある。又、表立ってはいないが、二次元拡散コード BOAR, FASTMUGY(青山他)は能率の良さで米国のindustryでも名産を得ていることをさよっぴり自慢させて頂きたい。

研究室には現在、軽水炉物理、高速炉物理、核データセンター、計算センターの4つのグループがある。軽水炉の方は、1966年頃から発電炉の受注が活況になり、同じころPNCが発足して高速炉開発のプロジェクトが始まった。この時期から研究室の仕事も設計と密接に結ばれた研究が主になって来ている。ここでは核データ評価と高速炉物理の仕事について紹介させて頂く。この数年間の仕事のうち主なものを表1に掲げる。

核データの研究

和達の所には、小さい年から核データセンターという他の研究と独立した専任のサービシステムがある。実際の炉の核設計、安全性設計の部門から核データの要求が可成り

あり、この要求に片手間の仕事では応じ切れないので、こういうシステムを設けた訳である。普通の臨界計算では現れない、予想外のタイプのデータが来るのも楽しみの一つである。核データを広く整えることは勿論自力ではカバー出来ない。大部分の仕事はシグマ委員会のワーキンググループに積極的に加わり、委員会をフルに利用する行き方を採っており、委員会での他機関の人々との交流が私達にとって大変良い刺激となっている。

高速炉の核計算のために私達の所では1970年にNNS-5 (NAIG Nuclear Set No.5) というABBN型の25群定数を作った。これは常陽、もんじゅのモックアップ実験解析から設計に至る迄、一貫して使っているもので、欠点も長所も良く判っており、悲喜交々の歴史を含めて大変愛着を抱いている群定数である。これはこのセットも改善して行かなければならないが、そのためにシグマ委員会で進んでいるJENDL (Japanese Evaluated Nuclear Data Library) 作成に大きな期待を寄せている。

今後必要とされる仕事は、FP断面積の評価、FPのdecay energyの計算と評価、ガンマ線データの整備、Pu元素断面積評価、核融合炉用核データ評価等沢山ある。研究的に奥行きを深めることも、核データセンターとして広くデータを整えておくことの両面があり、人員上の制限があるので種々悩みもある。

高速炉物理

このグループは設計のための基礎データも提供し、計算法の改善をアドヴァイスする役目を持っている。ここ数年間、表1のテーマの他にも幾つかの研究を行なったが、常陽もんじゅのモックアップ実験解析が一番力を注いだ仕事である。この仕事は研究というよりもむしろ作業的な内容が多いが、非常に思い掛けないこと、見落していたことの発見が、愕然ともし、楽しいことでもある。又設計側は仲々手厳しく、我々が悪戦苦闘の末C/E比を導出して渡すと、すぐにそのC/Eの不確かさは何%か、その誤差根拠は何かと訊ねて来る次第で、今でも時折汗をかいている。

今後やって行きたいことは、今迄の実験解析の結果問題になった沢山の事柄を解決することや、大型炉のための研究がある。問題点と整理して、基礎研究テーマとして採り上げたいが、現状仲々余裕がない。

表1. 1971-1973年の主な研究

テーマ	関係機関	主なレポート
<u>核データ評価</u>		
1. 熱中性子炉用FP核データ	0年	飯島, 他: JAERI-1206 (1971)
2. 高速炉用FP核データ	0年	川合, 他: JAERI-1228 (1973), 飯島, 他: JAERI レポート (1974, 予定)
3. ^{239}Pu , ^{240}Pu 核データ	0年	川合, 村田: JAERI-1228 (1973)
4. 25群定数NNS-5の作成と積分リスト	NAIG	飯島, 川合, 飯田, 吉田, 山本: JAERI-1228 (1973)

高速炉物理		
1. ナトリウムホイド反応度	NAIG	亀井, 山本: 第1回トピカルミーティング (1973)
2. 鉄反射体付炉心の向題集	NAIG	吉田: 第1回トピカルミーティング (1973)
3. 高速臨界実験値の収集	PNC	飯島, 水田, 亀井, 飯田, 山本, 吉田, 川合: PNCレポート J201, Vol.1-6 (1972-1973)
4. SEFOR トリプラー データ解析	PNC	松野, 吉田, 他: PNCレポート J201, Vol.1 and 2 (1972-1973), Tokyo symposium (1973) paper No. B22
5. 「常陽」モックアップ実験解析	PNC	飯島, 飯田, 山本, 吉田, 川合: PNCレポート, SJ201, Vol.1-3 (1971-1972), 飯島, 清水, 井上: Tokyo Symposium (1973) paper No. A. 43
6. モックアップ実験解析	PNC	飯島, 亀井, 吉田, 山本, 川合: PNCレポート, SJ201 (1973)
7. 共鳴吸収計算法の研究	PNC	亀井, 水田: PNCレポート J201 (1970-1971)

(飯島 俊吾)

京都大学原子炉実験所原子炉部門 (柴田俊一教授)

1. 発表論文

印刷物は次回まとめて報告するとして、今回は春に仙台で開催された学全年会の発表を
けまとめてみる。

- (1) R. C. Block, 藤田薫顕, 小林捷平, 大崎徹, 「 ~ 24 keVにおける黒鉛中性子全断面積の精密測定」 A. 11
- (2) 杉本正明, 宇津呂雄彦, 「金属製冷中性子導管の透過スペクトル測定」 C. 10
- (3) 宇津呂雄彦, 「液体減速冷中性子源に関する解析的研究」 C. 13
- (4) 古林徹, 神田啓治, 「熱中性子線質の改良(1), ピスマスと鉛の検討」 C. 18
- (5) 木村逸郎, 小林捷平, 林修平, 山本修二他, 「鉛集合体中の中性子束分布」 D. 54
- (6) 木村逸郎, 小林捷平, 林修平, 山本修二他, 「ホロ>黒鉛中の中性子スペクトル(II)」 D. 55
- (7) 柴田俊一, 神田啓治, 三島嘉一郎, 「高中性子束炉の ^{41}Ar 対策(1)」 E. 49

2. 京都大学臨界集合体実験装置 (KUCA)

昨年6月に着工したKUCAは、予定工事期間1年の終りに近づき、いよいよ完成向近である。途中石油危機、物価暴騰と思われぬ打撃を受けながら、大した遅れもなく順調に進んでおり、6月末には臨界になる予定である。

御存知の通り、KUCAは3つの炉心が組めるようになっており、とりあえず高中性子束炉の設計のための実験を優先させるため、軽水減速のC架台の特性試験から始めることにしている。7月からはその特性試験に協力研究者として、全国大学関係者に参加して頂くことになっているが、すでに5~60名の中込みが来ている。

関係者は最後の追いつみに頑張っている。

2. 短期研究会

5月には炉物理に多少関係のある短期研究会が開かれる。本誌が発行される頃にはすでに終わっていると思うが、この種の研究会についての情報は「KURニュース」で随時知らせてあるので、希望者は京都大学原子炉実験所共同利用掛に「共同利用者グループ員」として登録されたい。(無料)

(1) 核分裂に関する短期研究会 5月13日～14日

(2) 研究炉の安全性に関する短期研究会 5月16日

また去る2月4～5日には、中性子断面積短期研究会が、測定法を中心として開かれ、約50名の参加者があり約20件の研究発表が行なわれた。R.C. Block教授が参加されたことがあって、ディスカッションが盛んに行なわれ有意義な研究会だった。この成果は近日中にKURRI-TRとして発行される予定なので、入手希望者は所内の渡瀬悦子嬢宛文書で申し込まれたい。

(神田 啓治)

原 研

核設計研究室

桂 木 学

熱中性子炉断性解析法の研究テーマでは、主として1) NSRRの断性解析、2) 中性子・ γ 線透過発熱計算が実施された。また時間依存中性子輸送の新らしい取扱い方法がしらべられた。

1) NSRRの断性解析では a) 安全性研究用炉 NSRRの制御棒の干渉効果、実験孔および実験物の制御棒効果への影響がしらべられた。 b) 実験孔内に挿入される各種原子炉燃料ピン中の出力および発熱分布を求め蒸融条件等をめきらかにした。 c) NSRR実験を解析するための解析コードシステムの開発に着手した。

2) 中性子・ γ 線発熱計算では、群定数作成から2次元 S_N 計算までを連結してひとつのシステムとしてまとめ、ついで、これを用いてFCA, JMTRおよび核融合ブランケットの発熱計算を行った。

高速炉断性解析法の研究では 1) 炉定数の作成と修正、2) 炉断性解析法の開発、3) コードシステム開発 が行われた。すなわち、

1) a) ^{238}U , ^{239}Pu , ^{241}Pu の実験値の統計解析と断面積比を固定した炉定数修正理論の研究、これらを用いたJ-Fast setの改訂 b) JNDCとCookeのデータから作成した高速炉用FP炉定数の感度解析とベンチマークテスト c) ^{241}Pu の炉定数の全面改訂と ^{238}U の発熱減断面積の評価 d) 原子炉構造研核種の炉定数の温度依存性の研究

2) a) 平板多領域格子系の非均質効果の取扱い方法の開発 b) 中層核の共鳴散乱による除去断面積の解析的取扱い方法の開発 c) 散乱のP₁成分がスペクトルに及ぼす効果の研究

3) a) 平板格子系の詳細スペクトル計算コード b) J-Fast setを用いた共鳴吸収と共鳴散乱の効果と考慮した平板非均質系の計算コード c) 詳細燃焼計算コードシステム用の3次元随伴中性子束計算コード、燃料ピン用3次元燃焼計算コード、動断性パワーマータ計算コード、3次元 γ 線出力分布計算コード、 γ 線生成・輸送・発熱用定数作成コード d) 総合解析システム用のシステムプログラムの作成、モジュールの型式の決定、モジュール化用作業コードの開発 が実施された。発表記録は末尾にまとめた。

前号で指摘されたように、研究室の研究課題の再検討が行われコード開発の将来像、炉物理研究の意義と本研究室の関係が吟味された。その結果49年度からは新規のテーマとしてシステム解析を策定させることになり、高速炉断性解析の研究は動燃復託を除いて来年度は現在の半分以下に下げることと目標とすることになった。来年度は新課題を求めて活動の方向が大きく変わることになろう。

成果発表

年月日	題目	発表者	発表箇所
48. 4.	ZrH炉の炉物理(II): 安全性研究炉(NSRR)の反応度係数	伊勢, 中原	原子力学会年会
" "	黒鉛の物理的性質と熱中性子散乱特性	中原	JAERI-M5245
" 6.	放射線発熱計算のためのコードシステム	田次地	高速炉物理 トピカルミーティング
" "	Analysis of Energy Deposition due to Neutron and Gamma Rays	田次地	EACRP
" 8.	NSRRの制御棒効果(NSRRの炉物理と校核計. 3)	伊勢, 中原	JAERI-M5261
" 10.	ZrH炉物理(IV), NSRRの制御棒効果	伊勢, 中原	炉物. 炉工学会
" "	平板系における中性子輸送	田次	
49. 2.	NSRRの試験燃料1本ピンの発熱計算(NSRRの炉物理と校核計. 4)	伊勢, 中原	JAERI-M5613
" 3.	放射線発熱計算コードシステムによる2次元体系の解析	田次地	原子力学会年会
48. 4.	核燃料の不安定さとその積分燃料に及ぼす効果	長谷川, 高野, 松本	" "
" "	非分離統計領域における共鳴レベル間の干渉効果	高野	" "
" "	共鳴領域における非均質効果の解析	菊地, 松本	" "
" "	JAERI-Fast Set の改訂(1)	高野, 長谷川, 松本	JAERI-memo 5236
" "	MEAの非均質効果 Na-Void効果の解析	菊地, 中川, 松本	JAERI-memo 5258
" "	一次元70群PIコード: FRAU-PO-70	松本, 成田 鈴木, 長谷川	JAERI-memo 5237
" "	Comparison of Effective Cross sections and Doppler Coefficients for Structural Materials Calculated by Three Evaluated Nuclear data	高野, 石黒	JAERI-memo 5290
" "	高速炉用3次元燃焼コード HONEYCOMB	鈴木, 長谷川, 松本	原子力学会年会
" "	常備運転校核性解析コードの作成	鈴木, 長谷川, 松本	JAERI-memo 5240
" "	炉内流量配分計算コード FDICAL の作成(詳細計算)	秋元, 松本	JAERI-memo 5242
" 5.	Comparison of Effective Cross sections and Doppler Coefficients for Structural Materials Calculated by Three Evaluated Nuclear Data	高野, 石黒	The working Group meeting (EACRP and EANDC) at Karlsruhe

年月日	題 目	著 者	著 者 簡 所
48. 6.	ベ>チマ-7リストに基づく JAERI-Fast Set の改訂	高野, 名谷川, 植木	高速炉物理 トコロ. ミニ. 71, 77
" "	ナトリウム, 不付効果の解析	中川	" "
" "	板状セルの非物質効果の解析	菊池, 植木	" "
" "	7>70化されたFP断面積の誤差の検討	菊池	" "
" 8.	Analysis of Sodium Void Reactivity Measured in FCA F-1 Assembly	中川, 高野, 植木	J. Nucl. Sci. Technol. 10, 419 (1973)
" "	Neutron Resonance Absorption in Heterogeneous Fast Reactor Assemblies	石黒	Nucl. Sci. Eng., 51, 411 (1973)
" "	Application of Intermediate Treatment of Resonance Absorption to Heterogeneous Fast Reactor Assembly	石黒	Nucl. Sci. Eng., 51, 512 (1973)
" 9.	JAERI-Fast 70群構造定数 Utility Programme System	名谷川, 植木	JAERI-M 5281 (1973)
" 10.	Development of JAERI Calculation System for Fast Reactor	植木他	IAEA Symposium (東京)
" "	Measurements and Analysis of the Doppler Effects of Structural	石黒他	" "
" "	Materials Group Constants of Fission Products	菊池他	" "
" 11.	2.85 keV Na 炭素附近の弾性除去断面積の取り扱いについて	植木, 菊池, 名谷川	48年度炉物理 合科会
" "	重心系における非対称散乱を考慮した減速方程式の recurrence formula による解法	大久保 (夏期実習生) 石黒	" "
" "	Transport Solution for Multilayer Slab-cell Systems	名谷川, 植木, 鈴木	Transport Theory and Statistical Phys. 3, 47 (1973)
49. 7.	²³⁵ U(m,f), ²³⁹ Pu(m,f), ²³⁸ U(m,r) 測定断面積の断面積の 定性的な検討 (断面積の統計解析)	名谷川, 植木	JAERI-M 5536
" "	PEACO-II: A Code for Calculation of Effective Cross Section in Heterogeneous Systems	石黒	JAERI-M 5527
" 2.	多重子-7比較用オドル-7>GPLOT2 の開発 (汎用7 77作成オドル-7>GPLOT2 の改良及び断面積7 7検索システム NESTOR への応用)	名谷川	JAERI-M 5550
48. 12.	Multiregion Equivalence Relation for Resonance Heterogeneity Effects	石黒	Submitted to Nucl. Sci. Eng., (Technical Note)
49. 7.	Effective Admixture Cross Section in plate-lattice Heterogeneous System	菊池	Submitted to Nucl. Sci. Tech. (Short Note)

年 月 日	題 目	著 者	著 者 簡 状
49. 2.	Numerical Solution by Recurrence Formula of Slowing Down Equation with Anisotropic Elastic Scattering in the Center-of-Mass System	大久保, 石黒 前田	Submitted to J. Nucl. Sci. Tech.
" 4.	$^{235}\text{U}(n, f)$, $^{239}\text{Pu}(n, f)$, $^{238}\text{U}(n, f)$ 測定断面積分- ρ の 関心の確率性について	長谷川, 松本	49年度原子力学会 (仙台)
" "	PF炉定数の積分実験との比較	前池	" "
" "	JAERI-Fast Setの群定数の評価	高野, 長谷川, 松本	" "
" "	板状非均質系群組スロウダウンコード ESELEM 4	成田, 中川, 松本	" "
" "	ESELEM.4 による臨界集合体の解体	中川	" "
" "	英鳴非均質知果に付与する領域系等価定理	石黒	JAERI-memo に著表予定
" "	JAERI-Fast Setの改訂(2)	高野, 長谷川, 松本	" "
" "	^{239}Pu の炉定数の作成	前池	" "

炉物理連絡会第13回総会の報告

日時: 昭和49年3月31日12時30分~13時30分
場所: 東北大学工学部電気系 (原子力学会年会D会場)
出席者: 約20名

[報告] 1. 平川幹事から下記の通り、幹事選挙の結果および同時に実施した夏の学校に関するアンケートについての報告があった。

[議事] 1. 第6回炉物理夏の学校の企画について審議し、プログラム案を内定した。
2. 49年度(以降)の会費について、物価上昇の激しいことおよび海外原子力調査研究連絡会との関係から1,000円に値上げしてはどうかという提案がある。正会員1,000円、学生会員800円という案が承認された。会員を増加させるために、自分の周囲の非会員に働きかけてはどうかという提案があり、賛同を得た。

[その他] 1. 名大に科助教授から Univ. of Michigan の Z. Actasu 教授を学振を通じて招聘した。5,6月は名大に、7月は東海大に滞在し公開の講義を予定しているとの報告があった。

2. 東北大百田教授から同く学振を通じ、ANL の A. Langsdorf 博士を招聘した。8月~10月位にわたって滞在の予定であることが報告された。

3. 京大炉神田講師から、京大炉の臨界集合体について、初期特性試験参加希望者は4月4日までにメモ程度のものを送って欲しい、また夏休み中に教官のための研修会を開く予定である。というアナウンスがあった。又5月13日、14日の2日間 Fission の物理と化学という短期研究会を開くことが予告された。

(平川直弘)

幹事選出と夏の学校についてのアンケート

1. 幹事の選出について

×切は昭和48年12月20日となっていたが、郵便事情を考慮し49年1月5日までに到着したものは全て有効とした。その間に到着した総数は55通で、開票結果は次の通りであった。

平川直弘 (東北大) 21	仁科浩二 (名大) 6	大田正男 (九大) 4
百田光雄 (") 14	金子義彦 (原研) 5	福山一典 (東北大) 4
若林宏明 (東大) 8	神田啓治 (京大炉) 5	松浦祥二 (原研) 4
青藤慶一 (北大) 7	阪本重康 (東海大) 5	山室信弘 (東工大) 4
新井栄一 (東工大) 6	住田健二 (阪大) 5	3票以下 田谷

なお同席の場合はアイウエオ順に示した。

なお開票に当って定員5名のうち1部しか記入していないもの(左とえは3名)はその分だけ有効とした。その結果 平川は当番校幹事とし、百田、若林、有藤、新井、に科と選出幹事とした。

2. 夏の学校についてのアンケート

昭和49年度の夏の学校の開催についての考えをより詳しくさせるためアンケートを出した。結果は次の通りであった。

1. 夏の学校の開催に賛成ですか、反対ですか。

イ. 賛成 51 ロ. 反対 0 ハ. 意見なし 4

2. 夏の学校が開催された場合 参加されますか

(i) 参加する 1 (iv) 参加しない 11
(ii) テーマ講師によっては参加する 29 (v) 未定 12
(iii) 開催場所によっては参加する 10

2ヶ所以上つけられた人がいるので、合計は55より多くなっている。

3. 夏の学校に参加する場合の条件として

(i) 宿泊費は多少高いが東京大阪等からの旅費の比較的安い所 (中部地方)
(ii) 宿泊費は多少安いが東京、大阪からの旅費の高い所 (東北地方)

どちらを選びますか

(i) 20 (ii) 26 (iii) 無解答 7

4. 夏の学校の期間はどの位が適当と考えられますか

(i) 2日 (1泊) 1 (ii) 4日 (3泊) 16 (iii) 意見なし 3
(iv) 3日 (2泊) 33 (v) それ以上 2 (1週間程度)

5. 夏の学校の対象が主にどこにあると考えられますか

(i) 大学院修士課程 11 1と2 2
(ii) 大学院博士課程 6 2と3 3
(iii) 就取後向かない技術者、研究者 15 3と4 1
(iv) 就取後相当の期間のたつた人の再教育 5 1と3 6
(v) その他 3

6. テーマについて

(i) 臨界実験とその結果の原子炉設計への反映について 4

イ. F. B. R 18 ロ. A. T. R. 4 ハ. L. W. R 3

(ii) 原子炉の運転経験と今後の課題について 1

イ. 研究炉 (原研, 京大, 東大) 3

ロ. 動力炉 (ガス冷却炉, PWR, BWR) 21

(iii) 大学にある原子力関連装置の利用と展望について 4

イ. 研究炉 5 ハ. ガンテックラフ加速器 0 ホ. 電子計算機 6

ロ. コッククロフト加速器 0 ニ. リニャック 2 (ハ. 臨界実験装置) 5

- (iv) 遮蔽に関する問題 2
1. 計算法 10 2. 実験法 2 3. 実際の施設における実測 2

(v) 核融合炉の炉物理 22

7. 講師として特にこういう方の話が聞きたいという希望があれば書いて下さい。
- 吹田徳雄 (阪大) 竹内 清 (船技研) 宮坂駿一 (原研) 吉川庄一 (東大)
- 深井信造 (NAIG) 大西忠博 (日主) 弘田実弥 (〃) 小林節雄 (動燃)
- 関谷 全 (阪大) 清水彰直 (NAIG)

本会主催 大学原子力教官協議会協賛
第6回「炉物理夏の学校」開催の御案内

今年の「炉物理夏の学校」は、山梨県河口湖町の日本産業会議菅記念研修館において開校することになりました。

東京から約2時間の景勝の地、富士山麓河口湖に近いこの研修館に全国各地から多数の会員が参加され、共に勉強し、討論しまたお互いの親睦を深められることを期待しております。今回は昨年暮に行なったアンケートに基づき核融合炉に関する基礎的な勉強と「高速炉の臨界実験とその核設計の反映について」という2つのテーマについて講義をして頂くことになりました。後の方のテーマについては主に比較的若い方を講師にお迎えしましたので、特に若い方々の参加を期待いたします。申込順に定員50名になり次第締切りますので、お早めにお申込み下さい。なお、研修館の宿泊定員が28名ですので、あの方はお付近の民宿を利用して頂くこととなります。

・とき : 8月5日(月) ~ 8日(木)

・ところ : 山梨県南都留郡河口湖町大石字島打山 2799

日本原子力産業会議 菅記念研修館 (TEL 05557(6) 7021)

(中央線大月乗換 富士急河口湖駅から車で15分 大石バス停(終点)下車)

なお 河口湖駅までは新宿から直通急行もあります)

・プログラム

第1日 8月5日(月)
 ~ 18.00 集合 夕食

第2日 8月6日(火) 核融合炉についての勉強会

9.30 ~ 10.00	開校挨拶	百田光雄 (東北大工)
10.00 ~ 11.30	核融合炉のプラズマ物理	内田公二郎 (東大工)
13.30 ~ 15.00	核融合炉の設計について	関 泰 (原研)
15.30 ~ 17.00	核融合炉のエネルギーバランス	能沢正雄 (原研)

第3日 8月7日(水) 高速炉臨界実験とその核設計への反映について

9.00~10.30	Introductory Remarks	平川直弘 (東北大工)
10.30~12.00	諸外国の現状とわが国の概観	小林節雄 (動燃)
13.30~15.00	核設計計算法について	長谷川明 (原研)
15.30~17.00	FCAにおける工学的モックアップ実験	溝尾宣辰 (原研)

第4日 8月8日(木)

9.00~10.30	JOYOの例	吉田 正 (NAIG)
10.30~12.00	MONJUの例	関 雄次 (MAPI)
12.00~13.00	閉校	

・参加費 (テキスト代を含む)

正会員 2000円 非会員 3000円 学生会員 1500円

宿泊費 (1泊3食付) 2500円

・申込方法

氏名、所属、連絡先、宿泊日、食事の要否などを記入し、参加費と宿泊予約金(1泊につき300円)を添えて下記宛に申し込んで下さい。なお各研究機関には一括申込用紙を送付してあります。

・申込締切 7月20日(土) 上記し定員50名になり次第締切ります。

・問合せ 申込先

(〒980) 仙台市荒巻字青葉 東北大学工学部原子核工学科

平川直弘 (Tel 0222-22-1800 内線3638)

編集後記

昨年の分科会の時に本年度の幹事をお引受けすることがきまりましたが、その直後からの激しい物価上昇で一体どの程度の計画を立てて良いかのやら見当がつかず、ともかく木村前幹事に話を伺った所、連絡会誌の発行は年2回程度でないは大変苦しいとのことでしたので、5月、11月の2回発行という計画に致しました。

今回はシンポジウム、トピカルミーティングなどの大きなイベントがなかったので、記事も学会の「炉中性子利用」専門委員会の報告と、研究室便りだけの緊縮財政型としました。このため「炉中性子利用」委員会の報告を書かれた方には無理をお願いして1篇2頁にとめて頂きました。

研究室便りの執筆をお願いする範囲がよく分らなかったため、昨年の全員名簿とここ数回の研究室便りを頼りに約40名の方に依頼状を出しましたが、依頼状が届かなかったために便りを頂けなかった所もあるのではないかと心配しています。次号の研究室便りの締切りは恐らく10月末頃になると思いますが、それまでに是非便りをお寄せ下さいますようお願いいたします。

なお夏の学校の一括申込用紙を各研究機関（大学以外は会員数々名以上の所に限らせて頂きました）にお送りした時にも感じられたことですが、各研究機関ごとに予め代表者と決めておいてそこへ連絡するという方式が取れたら好都合ではないかと思えます。郵便料金の大幅値上げの噂も伝えられる折柄、こういうことで多少なりとも支出を減らすことも出来ようかと思えます。

大変立派な編集後記となりましたが、本号の企画後会費も値上げされたことでもありますので、次号はより充実したものにしたいと考えております。

(東北大・平川直弘)

炉物理連絡会の概要

1. 趣意 原子力研究の最近の進歩は誠に目ざましいものがあり、本学会の責任もますます大きくなってきた。また、とくに原子力研究においては、諸外国との交流がきわめて重要なものとなってきた。このような情勢に対処するためには、まず、国内における研究者間の十分な情報交換や連絡・調整が大切である。この点については、従来わが国の原子力研究体制の進展があまりに急であったため、必ずしも適当な現状にあるとはいえない。かねて炉物理関係研究者の間において、約2年前より4回にわたる“炉物理研究国内体制のインフォーマルミーティング”を初め、いろいろの機会をとらえて、意見の交換が重ねられた結果、本学会内に常置的な組織を設け、その活動を通じてこれらの問題を解決して行くべきであるという方針により、この連絡会が設置された。

2. 事業 国内における炉物理研究者間の相互連絡、調整の役割りを果たすため、連絡会報として、『炉物理』(B5判オフセット印刷20~30頁)を編集刊行する。『炉物理』はオリジナル・ペーパーの前段階としての報告・発表、検出器・試験装置など研究に関する情報交換、研究を進める上で必要な各種の意見発表および討論等を活発に行うためのもので、さらに、関連するニュースをも含ませ、また諸外国からのインフォーマー

ションも伝わるように努める。また、春秋に総会を開催し、討論会・夏の学校なども計画して、学会行事として実施する。

3. 対象 対象とする専門分野の範囲は、つぎのとおり。

- ① 原子力の基礎としての核物理
- ② // 中性子物理
- ③ 原子炉理論
- ④ // 実験
- ⑤ // 核計算(Burnup Physicsを含む)
- ⑥ // 動特性
- ⑦ 原子炉遮蔽
- ⑧ 関連する計測
- ⑨ その他の関連分野

(たとえば、エネルギー変換の基礎反応)

4. 運営 理事1名のほか、企画・編集両委員より各2~3名および加入会員より選出した幹事若干名により運営する。~~(43年度は京大炉が当番幹事となる)~~

5. 連絡会員 本連絡会に加入する本会会員は、氏名・専門分野・所属・連絡先を明記して書面で事務局へ申込み、連絡会費(年間正会員1,000円・学生800円)を前金で納付する。なお、前金切れと同時に失格する。