



炉 物 理 の 研 究

(第 24 号)

1977年12月

<解 説>

最適制御理論のこころ 川合敏雄 1

<第 8 回炉中性子工学研究専門委員会講演要旨>

原子炉-チョッパー法による中性子全断面積の測定 神田啓治 7

武蔵工大炉に新設されるチョッパー・TOF実験装置 相沢乙彦 9

LINAC-CHOPPER法による熱中性子スペクトル測定 阪元重康 11

全エネルギー透過形中性子チョッパーの設計 金子義彦 16

<国際会議報告>

SMORN-2 に出席して —— 動力炉物理の 2, 3 の話題 斎藤慶一 17

<研究報告>

「弥生」における医療用照射の基礎研究(Ⅲ) 古橋 晃,他 19

弥生医療用照射研究グループ

<研究室だより> 23

(原研) 動力試験炉部開発室TCAグループ, (東京大) 清瀬研究室, 原子力工学研究施設・
原子炉設計工学部門, (東海大) 原子力工学科, (京都大) 原子エネルギー研究所・若林研
究室, 原子炉実験所・原子炉部門, 原子核工学教室・西原研究室

◇「炉物理夏の学校」の今後について

——今年「夏の学校」での討論から—— 30

◇「炉物理連絡会 第20回総会」報告◇ 31

◇編集後記◇ 33

<炉物理連絡会会員名簿> 35

最適制御理論のころ

日立製作所電力事業本部

川合 敏 雄

炉物理の研究者に最適制御理論の解説文と、との御依頼である。

炉物理の方には無縁の話題と思われるかも知れないが、決してそうではない。最適制御の精髓は最大原理である。そこに現れるハミルトニアンは古来物理学者の専有物であった。神が最適に制御した結果とわれわれは自然現象として目のあたりにしているのであるから、物理法則は最適制御法則と同一である。物理学者がこの点を意識せず、最適制御理論の建設に寄与しなかったのは残念なことであった。

われわれは微分法によって最適化をはかることには慣れている。しかし身の廻りにはダイナミカルシステムを最適化する問題も多い。たとえば遮敵重量の最小化は、ダイナミックではないが空間座標を時間と見做せばダイナミカルシステムとなり、その解は最大原理を用いて求められる。私がこの分野に足を踏み込んだのも、炉心の燃焼を制御するという、炉物理的問題を解決するためであった。

いまや最大原理が発見されて20年になり、応用すべき局面も無数にあるのに、「あれは制御屋の道具で、とてもおもしろいそうだが」と思う方が多くて、普及・実用は遅々として進んでいない。筆者も実はそう誤解していた。

そこでこの一文では思い切って日常の言葉で最大原理のころと体得していただくこととした。すべての真理は単純である。最大原理は偉大な普遍的真理(実は原理)であるだけに、本来わかりやすい筈のものである。読者が丁寧に以下の文をお読み下さってなおわからないのであれば、それは説明の仕方が悪いのである。どこがわからないかとぜひ御指摘いただきたい。私自身の理解を深めるための素材とさせていただきます。

1. 人生モデル

以下の例題は、人生の最適化に関するものである。「ふざけるな」と怒られる方には、筆者の「最大原理の一解釈」原学誌11~17(1977)を御覧いただきたい。私はふざけているのではなく、講師としての経験からこの例題が良いと考えている。思うに、最大原理には効用の概念が不可欠で、人生モデルならそれが自然に納得できるからであろう。

つぎのような問題を考える。「人は学習によって能力を高め、能力と労働の相乗効果で業績を蓄積してゆくものとする。一生にわたる業績の総量を最大とするには、どのような長期計画をたてるべきか？」

能力や業績を定量的に測るのはむづかしいが、あえて測ったものとしてそれを x_1, x_2 とする。また学習と労働にふり向ける時間を u_1, u_2 と記す。これは本人が刻々自由に操作できる「操作量」である。しかし総時間 $u_1 + u_2$ は無制限に大きくすることはできない。一日の時間は限られている。すなわち

$$u_1 + u_2 \leq 1 \quad u_1, u_2 \geq 0$$

という制約条件がある。

能力 α_1 は学習 u_1 により増してゆく。学習の飽和的傾向も加味して

$$\dot{\alpha}_1 = \sqrt{u_1}$$

と仮定しよう。同様に業績量 α_2 の増加速度は

$$\dot{\alpha}_2 = \alpha_1 \sqrt{u_2}$$

としよう。初期条件は

$$\alpha_1 = 0, \quad \alpha_2 = 0 \quad \text{at } t = 0$$

とする。

これで方程式は完全に揃った。一生にわたる制御 $u_1(t)$, $u_2(t)$ を試みに加えてみると、 α_1 , α_2 は時間の関数として定まる。それは平面(人生空間という)内の人生軌跡を描く。ところで人生の評価は人によりマチマチであるが題意によると彼は60才(=T)までに蓄積した業績の総量、すなわち $\alpha_2(T)$ を最大にしようとしている。すなわち評価関数は $\alpha_2(T)$ であって、この基準により最適制御が定まる。

問題1. 人生の最適化と大上段に構えたにしてはお粗末なモデルである。これでは問題を解く気すら起らないかも知れない。そのような人は、もっとマシな人生モデルを考えよ。そして価値観や、未来の不可知性なども考えて、人生の問題が最適化計算に帰着できない問題点を教項目にまとめよ。実際、工学問題でも類似の本質的困難がある。

(略解は末尾)

2. 基礎的な考え方

このモデルの範囲でもよいから、結末まで見たいという方には、こゝで頭を使っていただく。方程式で見られるように、勉強せずに低い能力で働いても、逆に学習のみで少しも働かない計画でも、ともに業績は上らない。限られた時間を学習と労働に割り当てなくてはならないことはわかるが、その配分法は年齢とともに変化するべきものであろう。これを求めるのが問題である。これを以下のような筋で考える。

私はすでに年齢も才に達した。省みて悔いの多い半生で、到達した能力も蓄積した業績も同僚に比して見劣りが著しい。つまり過去の制御が最適でなかったらしい。しかし今更後悔しても及ばない。現在の状態 α と年齢 t を直視し、今後ベストをつくすつもりである。今日から60才までの制御 $u(t)$ を一つ試みにえらぶと、それに対して一つの人生軌跡 $\alpha(t)$ と60才での業績累積値 J が定まる。他の制御に対しては他の J が定まる。人生にはやり直しがきかないが、思考上はあらゆる制御を加えて成績 J を調べ上げることができよう。その中で成績最高の J が一つ定まる。その値をとくに W と記す。今の段階では W の値も、それを実現する制御も、最適の人生軌跡も、一つとしてわかってはいないが、それは気にしなくてよい。たゞ W が定まるということはおわかったであろう。

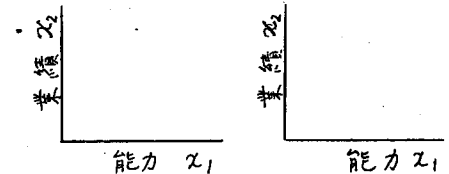
W は最大原理やダイナミックプログラミングの根底にある基礎的概念であるから、くどいけれども繰り返そう。人生には急がば回れという諺がある。いかに業績が彼の最終目的とはいえ、毎日業績の増分の最大化に汲々としていたのでは長期的には却ってまずい。実世界では個人の軌跡は思いがけぬ社会変動などで予知不能であろうが、この簡略人生方

程式では人生のダイナミクスは確定している。だから、回り道も含めてすべての可能性を教えつことが論理上は可能である。その結果から最適のJを探してWとするのである。

Wはその人の年齢 t と状態(能力と業績) x によって定まる。このことは上の記述からおわかりであろう。 t が共通の同級生でも、彼と私では現在の状態に差があって、今日から二人ともベストをつくしたときに達成するWには差がある。二人の間には取り返しのつかない差ができてしまっている。つまりWは x の関数である。また同じ私でも一年無為に馬令を重ねれば、 x は同じで t のみ増しているが、一年後のWはあきらかに減っている。何故なら一年遊んでいる間に使える時間は一年だけ減ってしまうからだ。つまりWは t の関数でもある。

x と t の関数としてのWを、ハミルトンの主関数とかベルマンの最適関数と呼んでいる。しかしそれにはイメージが伴わない。皆が尊敬する著名人で、一日もゆるがせにせず一生を貫いた国際人(たとえばフランクリン)の名を冠して***関数と呼びたい。同意の方は、い、候補者をお教えいただきたい。

問題2. 人生空間 (x_1, x_2) の上に等W線の略図を記入せよ。年齢として一般の t と、60才の二つの場合について考えよ。(略解末尾)



正解を見て下さい。とくに $t=T$ では $W=x_2$ であることに気付いたか? 60才ではもうタイムアップであって、制御の余地なく人生の成績は x_2 だからである。

現状 x が僅かに違っていたとすれば、そこから出発したWもまた僅かに違う。 $\partial W/\partial x_1$ は能力1単位が最終的な業績に対してなしうる寄与をあらわし、 $\partial W/\partial x_2$ はいま業績が1単位多かったとしたら目標とする60才時点の業績が何単位増すかをあらわす重みである。一般に $\partial W/\partial x_i$ が状態 i の持つ効用と解せられる。これを ψ と記す。

$$\psi_i = \partial W / \partial x_i \quad \psi \equiv \text{grad} W$$

問題3 60才における能力と業績の効用 ψ_1, ψ_2 を求めよ。

正解を見て下さい。 $\psi_i=0$ とは能力の効用はゼロであることを意味するが、今のモデルでは60才の人は能力を行使すべき時間が残っていないからである。

3. 最大原理

子供のときは無限とみえる可能性を秘めていた人も、怠惰と悪かな制御のために、得べかりし最大評価量Wを減らしつづけてきた。Wはその定義上、年とともに増加することはあり得ない。うっかりすると減ってしまうので、ただ最適制御によってのみWの損耗を防ぐことができる。

状態 x を駆動する動特性方程式は一般に $\dot{x} = f(x, u)$ とあらわせる。人生モデルもこの一般形の一例であった。

今日 x にある人は、任意の制御によって明日($t+dt$)は $x + f(x, u)dt$ になる。そして明日のWは今日のWより小さい。一日の間のWの変化は、一次の微小量まで取って

$W(x + f(x, u) \delta t, t + \delta t) - W(x, t) = (f \text{grad} W + \frac{\partial W}{\partial t}) \delta t$
 となる。ここで $\psi \equiv \text{grad} W$, およびこの増加率が非正であることを用いて

$$\frac{DW}{Dt} = \frac{\partial W}{\partial t} + \psi f(x, u) \leq 0$$

とくに u が最適制御のときのみ等号が成り立つが、それは $\psi f(x, u)$ を最大にすることによって達成されることわかる。 ψf をとくに \mathcal{H} と記してハミルトニアンと呼ぶ。 \mathcal{H} を最大にしたときのみ $\frac{DW}{Dt} = 0$ であり、最適でないときの W の損耗速度は

$$\frac{DW}{Dt} = -(\mathcal{H}_{\max} - \mathcal{H}) \leq 0$$

となることが自然に納得されたことであろう。毎日毎日ハミルトニアン \mathcal{H} が最大になるように制御をきめてゆけば W の損耗がなく、もし生まれた時から隙のない制御を加えれば子供の時の "無限" の可能性が実現される。

たしかに、一生の最適化のためには一日たりともゆるがせにできない。これは常識でわかる。それでは毎日何を最適化すればよいか。これは常識ではわからない。いまそれが最大原理によって与えられた。それは効用 ψ の重みで加えた状態変化速度 ψf — ハミルトニアン — である。毎日毎日を最適化するというと、人は近視眼的な生き方を連想するかも知れないが、ここで言う毎日の最適化はそれとは違う。ここで目的はあくまでも長期の最適化問題であり、長期的目標達成のために今日なすべきことが求められるのである。

もしこの原理と知らずに試行錯誤で探索したらどうなるだろうか。毎年10の可能な制御があるものと離散化しても、60年にわたる制御の組合せ数は 10^{60} ほどのぼる。この数は地球上の原子の総数より多い。ところが最大原理によれば過去や未来を気にせず、今日の状態から今日の制御が決定できるという。これは最大原理の哲学的意味であると同時に、計算量の劃期的節減という点で実際上の意義でもある。

以上で最大原理に現れる ψ, \mathcal{H} の意味はわかった。その本質は一生の問題を毎日の問題の積み上げに分解したことにある。だが、考えてみると真の最適化は、未来の人生軌跡周辺の状況を知らずして可能の筈はない。話がうますぎるのは、 ψ に秘密があるようだ。一体、今日の生き方の基準を与える ψ とは、どのように決定されるものであろうか。

4. 効用のきめ方

効用 ψ の従うべき微分方程式は、以下に導くように

$$\dot{\psi} = -\text{grad} \mathcal{H} \quad (\text{この } \partial/\partial x \text{ は } \psi \text{ に作用しない約束})$$

という極めて単純なものである。この法則は直観的に導かれる筈であろう。しかし筆者はその方法を知らない。以下の導出は余りに計算的な欠点はあるが、他に名案もない。

$$\begin{aligned}
\frac{d}{dt} \psi_i &= \left(\frac{\partial}{\partial t} + \sum_j f_j \frac{\partial}{\partial x_j} \right) \psi_i \\
&= \left(\frac{\partial}{\partial t} + \sum_j f_j \frac{\partial}{\partial x_j} \right) \frac{\partial W}{\partial x_i} \\
&= \frac{\partial}{\partial x_i} \frac{\partial W}{\partial t} + \sum_j f_j \frac{\partial^2 W}{\partial x_i \partial x_j} \\
&= \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\partial W}{\partial t} + \sum_j f_j \frac{\partial W}{\partial x_j} \right) - \sum_j \frac{\partial f_j}{\partial x_i} \frac{\partial W}{\partial x_j} \\
&= - \sum_j \frac{\partial f_j}{\partial x_j} \psi_i \\
&= - \frac{\partial}{\partial x_i} \mathcal{H}
\end{aligned}$$

t と共に x も変る *Lagrange* 微分

ψ_i の定義式

微分順序入れ替え

再編成

第一項()は最適軌跡で0

\mathcal{H} の定義と、 ψ と x の独立性規約

人生方程式 f が与えられれば、直ちに ψ に対する微分方程式が上のように定まり、初期条件さえ与えられれば ψ が解ける。問題2で見たように W 、ひいては $\psi = \text{grad} W$ は人生の終りで与えられていた。価値 ψ は人生の終りから時間を逆に遡って解くのである。その時に人生軌跡 x が必要だが、これは0才から時間順に解くしかない。

人生の最適化には未来についての情報が要る。これをもたらすのは ψ で、未来の軌跡周辺の状況を積分して求めることになっている。これでさきの疑問も定性的には解消した。が、具体的に数値解を求めるときには、時間の向きに下ったり遡ったり何回かの繰り返しなどの工夫が必要となる。計算達者の抄物理学者には、計算法の詳細を述べるのは蛇足というものであろう。とにかく解くべき方程式と、変数の意味はわかったのである。

「やはり簡単には解けないな」と思う方が居られるであろうか？世の中の方程式は大抵繰返し法で解かれていることを思い出してほしい。質点の力学でも数値解は結構煩わしい。そして最適制御と質点力学では、数値解の面倒さ程度はほぼ同じなのである。何故なら質点の運動方程式は、まさに最適制御の「標準方程式」なのであるから。(この文章は説明不足ゆえ、わからなくても気にしないこと)

最後に演習問題。

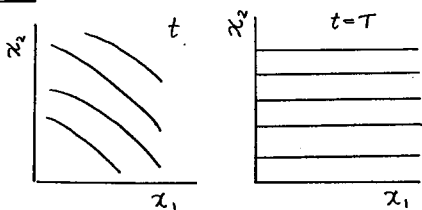
問題4 人生を最適化して、解を吟味せよ。たゞしモデルのお粗末を自覚し、解を丸呑みして人生を誤らぬよう御注意下さい。

問題略解

解1

- A. 定量化の困難。本問題における業績や能力。美しさ、使いやすさ、柔軟さなど。
- B. モデル化の困難。本問題はその顕著な例といえよう。未来の不可知性や確率も含む。
- C. 評価の困難。美しくて使いやすくて安い商品。
- D. 解くコスト。経験的にいい線に行っているものと最適化しても効果が小さい。

解2.



解3 $\psi_T = \text{grad} W = (0, 1)$

解4

① $\dot{x}_1 = \sqrt{u_1}$
 $\dot{x}_2 = x_1 \sqrt{u_2}$
 $u_1 + u_2 = 1$
 $x_1 = x_2 = 0 \quad t=0$
 $J = x_2(T)$

} 人生方程式
 制約条件
 初期条件
 評価関数

② $\mathcal{H} = \psi f$
 $= \psi_1 \sqrt{u_1} + \psi_2 x_1 \sqrt{u_2}$
 を作る。

③ ψ の方程式
 $\dot{\psi}_1 = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial x_1} = -\psi_2 \sqrt{u_2}$
 $\dot{\psi}_2 = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial x_2} = 0$
 ψ の終期値 $(0, 1)$ より
 $\psi_2 = 1, \quad \psi_1 > 0$

④ \mathcal{H} 最大化。まず $u_1 + u_2 < 1$ と遊ぶことはあり得ないことがわかり、 $u_2 = 1 - u_1$ として u_1 について微分する。

$$u_1 = \frac{\psi_1^2}{x_1^2 + \psi_1^2}, \quad u_2 = \frac{x_1^2}{x_1^2 + \psi_1^2}$$

⑤ $x_1 \dot{x}_1 + \psi_1 \dot{\psi}_1 = 0$ に戻す。

①) $x_1 \frac{\psi_1}{\sqrt{x_1^2 + \psi_1^2}} - \psi_1 \frac{x_1}{\sqrt{x_1^2 + \psi_1^2}} = 0$ より、

よって $x_1^2 + \psi_1^2 = C^2$

②) $x_1 = \sqrt{u_1} = \frac{\psi_1}{C} = \frac{\sqrt{C^2 - \psi_1^2}}{C}$

$\therefore x_1 = C \sin \frac{t}{C}$

$\psi_1 = C \cos \frac{t}{C}$

③) $\psi_1(T) = 0$ より $\frac{T}{C} = \frac{\pi}{2}, \quad C = \frac{2T}{\pi}$

④) $u_1 = \cos^2 \frac{\pi t}{2T}$

$u_2 = \sin^2 \frac{\pi t}{2T}$

$x_1 = \frac{2T}{\pi} \sin \frac{\pi t}{2T}$

$x_2 = \left(\frac{T}{\pi}\right)^2 \left(\frac{\pi t}{T} - \sin \frac{\pi t}{T}\right)$

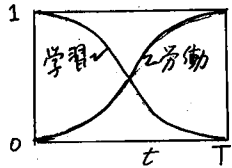
$\psi_1 = \frac{2T}{\pi} \cos \frac{\pi t}{2T}$

$\psi_2 = 1$

$\mathcal{H} = \frac{2T}{\pi}$

$J = \frac{T^2}{\pi}$

吟味 若い方によく学ぶ。



原子炉-チョッパー法による中性子全断面積の測定

京大原子炉実験所

神田 啓治

中性子チョッパーによって中性子の連続ビームをパルス化し、パルス化した中性子を物質に透過させた後の飛行時間スペクトルを測定することによって、その物質の全断面積を測定する方法は、歴史的に見れば非常に古い。1935年 Dunning 他⁽¹⁾が Ra-Be 中性子源を用いて全断面積を測定した例がある。その後、研究用原子炉という強い中性子源を使うことが可能となり、1953-1958年位の間に殆んどどの物質の熱及び熱外中性子の断面積が測定された。また、チョッパー技術としては、MIT 炉を用いて Anderson 他⁽²⁾が1964年に実験したように $3 \times 10^{-2} \text{eV} \sim 8 \times 10^5 \text{eV}$ という広範囲なものがあり、多分現在最高性能のものだろう。しかし、その後 Multi-channel Analyzer 等測定機器の性能が著しく発達した今日、BNL-325の1958年版でほぼ終了したかに見える熱及び熱外中性子の断面積を測定することは、必要なことだと思われる。

そこで京大原子炉 KUR の重水熱中性子設備⁽³⁾に設置されている K エネルギーの Fast chopper を用いて、東工大との共同利用を中心に、すでに発表された幾つかの論文を中心に我々の仕事を紹介したい。

1) O. Aizawa, K. Kanda and Y. Fukano, "Measurements of Angular Dependent Scattering Spectra on Crystalline Moderators", Bull. Tokyo Inst. Technol. 121 (1974) 11

チョッパーでパルス化された熱中性子を約 6m 飛行させた後、結晶性物質に当ててその散乱中性子を測定した。散乱角は 30° から 150° までの間を 15° 間隔で 9 方向、又試料としてはベリリウム金属、酸化ベリリウム、黒鉛の3種類の結晶性物質に加えてガラス化黒鉛の測定をした。結晶構造から計算した波長位置にはっきりした構造が見られた。これは後の鉛の論文のために非常に役立った。

2) O. Aizawa and K. Kanda, "Time of Flight Experiments Using a Pseudo-Statistical Chopper", Bull. Tokyo Inst. Technol. 127 (1975) 1

中性子の有効利用を目指して Pseudo Statistical Chopper を試作し、その特性を明らかにした。それによると、中性子源の強度がそれ程なくても断面積や散乱中性子スペクトルを測定することが可能であるが、データ処理の過程が複雑なので、結晶構造が非常に明確な物質にしか適用しにくいことが分った。ただしピークの位置を確かめると言った程度の実験ならば、小さい断面積、弱い中性子源、短時間測定という条件にも使えることが分った。詳しくは、本誌19号 20-21 頁にすでに記した。

3) K. Kanda, H. Kadotani and O. Aizawa, "Effect of Temperature on Total Cross Section of Beryllium for Thermal Neutrons", J. Nucl. Sci. Technol. 12 (1975) 601

KUR-2 の設計の当初ベリリウム反射体を用いる計画があったので、高温ベリリウムの断面積を測定したものである。 $300^\circ, 573^\circ, 773^\circ, 973^\circ \text{K}$ の4つの温度について測定し、理論

計算と比較
 1より一致
 を見た。計
 算にはS(α ,
 B)を用いな
 いで直接散
 乱核を用い
 る方法を採
 用した。3

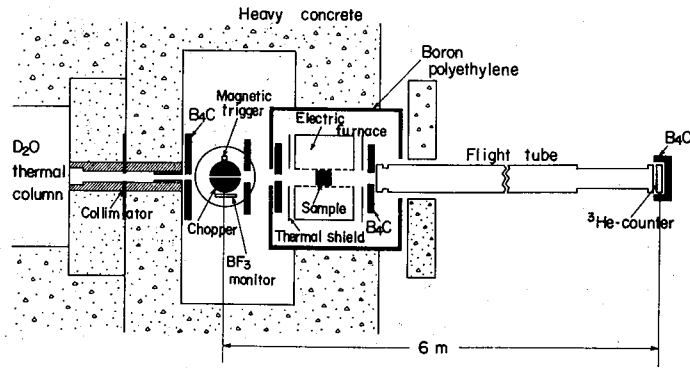


Fig. 1 Experimental arrangement

このモデルについて計算したが、それらの間に結果として大
 した差は認められなかった。実験に先だって、ベリリウム金
 属試料の作成法に相当時間をかけた。均質でランダムな方向
 を持つ多結晶体でなければ一般的でなく、かつ計算と比較す
 る意味がないからである。

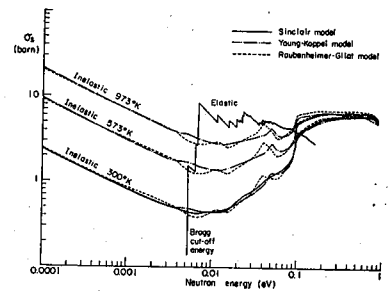


Fig. 2. Calculated total scattering cross sections

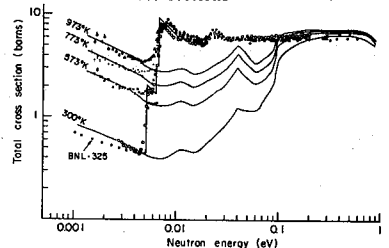


Fig. 3. Comparison between experiment and calculation (Raubenheimer-Gilat model) at four different temperatures

4) K. Kanda and O. Aizawa, "Total Neutron Cross Section of Lead", Nucl. Sci. Eng. **60** (1976) 230

この仕事は、ビスマス及び鉛の散乱体を用いてガンマ線を低減させる実験に備えて計算
 をしているときに BNL-325 がおかしいことに気づいたことから始った。BNL は結晶構造が
 明確でなく、又低いエネルギーの方でだらだら落ちる
 のは不自然である。そこで、ベリリウムの場合と同じ
 ような体系で全断面積を測定したところ、案の定 BNL
 がおかしいことが確かめられた。この場合も金属試料作
 成に種々工夫をこらした。次になぜ BNL が間違ったか
 を調べたが、unpublished paper で問合せもできず、結
 局予想される失敗を順にうめることにした。この段階
 での実験法が効力を発した。結果として BNL は試料
 を作る際、結晶サイズ、方向性などを考えずに、溶け
 た鉛を容器につめて固めたらしいことが分った。つ
 いては、液体鉛の断面積も測定したが、これも面白い結
 果を得た。即ち、液体になっても結晶の性質がかなり
 高温まで残っている点である。余談だが、この論文が
 NSE に採用されるに当り、直読者達が気にした面子論
 はいかにもアナリカ的で面白かった。

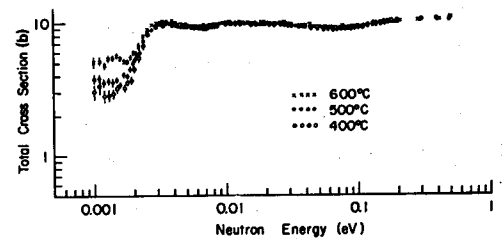


Fig. 4. Total cross section for melted lead at 400, 500, and 600°C.

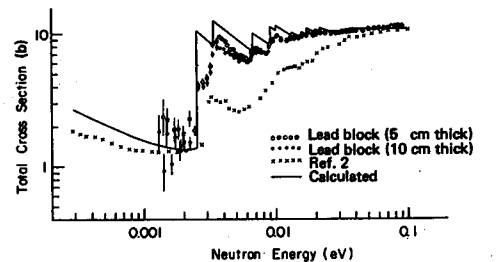


Fig. 5. Comparison of our experiments, calculation, and the data of Ref. 2.

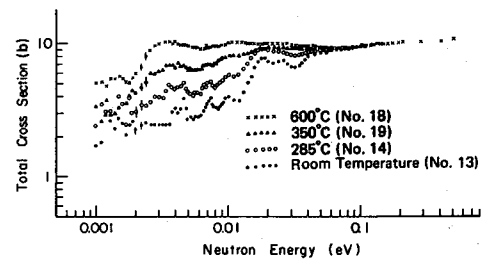


Fig. 6. Total cross section for a few examples of Fig. 6.

- (1) J. R. Dunning et al., Phys. Rev. **48** (1935) 704
- (2) C. A. Anderson et al., Nucl. Sci. Eng. **18** (1964) 474
- (3) K. Kanda et al., Nucl. Instr. Meth. **145** (1977)

$L = 3.5 \text{ m}$ と、Thermal Neutron および Epi-thermal Neutron に注目するときは、 $L = 7 \text{ m}$ と使用することができよう。

4. 各部の仕様 才2図の全体的配置図に従って、各部の仕様について多少詳しく説明する。

- ① Pre-collimator : 幅 4 mm 、高さ 60 mm 、奥行 100 mm のスリット9本 (間隔 4 mm) から成り、LiF タイルによって製作する。
- ② Rotor and Motor : Rotor と Motor とは縦形の組合せになっており、Rotor 部は $120 \text{ mm} \times 120 \text{ mmH}$ の円柱状で、真中に Pre-collimator と同様に9本のスリットが貫通している。この Rotor 部は取換え可能であり、下記の3種類の Rotor を試作する。
(i) アクリル製、スリット幅 4 mm (ii) アクリル製、スリット幅 2 mm (iii) BN 製、スリット幅 4 mm
また、Rotor の回転数は、実際には $1000 \text{ rpm} \sim 4000 \text{ rpm}$ 程度で用いられるつもりであるが仕様上は $500 \sim 9000 \text{ rpm}$ まで連続可変としてある。
- ③ Outer Collimator : Pre-collimator と全く同じものを用いて LiF タイルにより製作する。
- ④ Flight Tube A : 内径 205.7ϕ 、外径 216.3ϕ および内径 254.2ϕ 、外径 267.4ϕ の2本の配管用ガス管 (長さ 2.5 m) を2重にし、その間に B4C 粉末を充填する。従って、B4C の厚さは 1.9 cm である。
- ⑤ Flight Tube B : 内径 390.5ϕ 、外径 406.4ϕ および内径 492.2ϕ 、外径 508.0ϕ の2本の配管用ガス管 (長さ 3 m) を2重にし、その間に B_2O_3 粉末を充填する。従って、 B_2O_3 粉末の厚さは 4.3 cm となる。
- ⑥ シャハハコンクリート : Flight Tube の両側および上部に厚さ 30 cm のコンクリートブロックを設置し、Counter Bank の周りには厚さ $50 \sim 60 \text{ cm}$ のコンクリートブロックを設置する。
- ⑦ 高周波電源 : 入力電源……単相交流 $200 \text{ V} \pm 10\%$ 、 $50/60 \text{ Hz}$ 、出力相数……3相、出力回転数 (1) $500 \sim 2500 \text{ rpm}$ (2) $2000 \sim 9000 \text{ rpm}$ 、出力波形……方形波
- ⑧ Counter Bank : B4C 粉末で囲われた ^3He カウンター - 10 本 Texas Nuclear Model 9335、6 atm、Active Length $12''$ 、Dia $1''$ 、Pre Amp、Amp、HT は5本ずつ共通で用いる。
- ⑨ Electronics : CANBERRA 社製、3チャンネル
- ⑩ Multi-Channel : CANBERRA 社製、8100-4K Multi-Channel Analyzer

5. おわりに 現在 (10月末)、上記の①~⑩のうち、完成したものは納品されたものは、①③④⑤⑥および⑩で、残りは11月末には納品される予定であるので、12月頃から性能測定を開始できる見通しである。従って、来年度より共同利用設備として提供される予定であるので、炉物理関係者の積極的な利用を期待している。尚、当研究所としては、今後この装置により Neutron Cross Sections (BNL-325) のうち、unpublish data としてある各元素について、システムティックに再測定して行く計画である。

LINAC - CHOPPER 法による熱中性子スペクトル測定

東海大 工 阪元重康

1) はじめに

1950年代に初められたパルス中性子法による非増倍体系における炉物理実験は、中性子エネルギーの時間変化を測定対象とした減速熱化実験と、中性子密度の時間変化を測定対象とした拡散実験があり、共に確立された手法と考えられている。これ等のうち、拡散実験は、ほぼ媒質温度のmaxwell分布に達した中性子が、その分布を保ちつつ吸収と漏洩によって失われて行くため、中性子密度の時間変化は単純な指数減衰を示すはずである。ところが、ベリリウムなど結晶性物質の小さな体系では、図1、2に見られる通り減衰定数が時間と共に変化することが分った。

これは、結晶性物質では、散乱断面積が急激に変化するエネルギーがあり、散乱断面積の大きな部分に対応する中性子の漏洩が少なくなるので、充分時間を経過した後の中性子密度の変化はこの様な特定エネルギーを持った中性子によって支配されるためである。減速・熱化領域も含めた中性子スペクトルの時間変化を測定することは、減速拡散モデル、散乱核の等当性を検討する上で有力な手段となる。

中性子スペクトルの経時変化に関する研究は、von Darder²⁾以後中性子の時間依存フィルター透過率^{3,4,5)}や、減速材に添加した中性子吸収物質による中性子捕獲反応の時間変化の測定^{6,7)}によって行われてきた。又、フィルター法⁸⁾の応用として、各検出器と種々のフィルターを組合せ、エネルギーによって効率の異なる検出器とし、各検出器による計数率の時間変化を同時に測る中性子スペクトル(その時間変化)を導く試みも行われた^{8,9)}。

他の方法としては、LINACを用いたTOF-中性子回折法によって、エネルギー別中性子密度の時間変化を測定し、こ

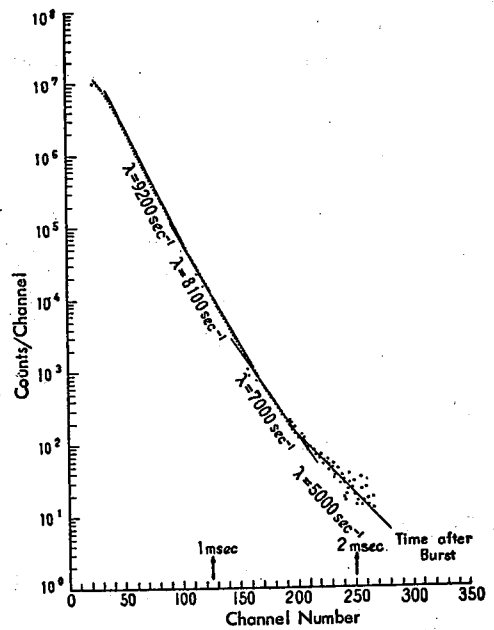


Fig. 1. Decay curve for the 15X 15 X 15 cm Be assembly.

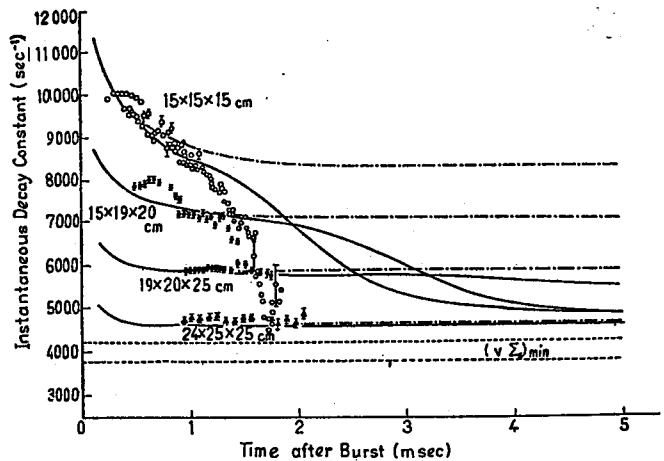


Fig. 2. Variation of the instantaneous decay constant as a function of time after burst.

れより時間依存中性子スペクトルを求めた研究^{10, 11)}がある。

2) LINAC-CHOPPER法による測定

1960年代中頃よりLINAC(一部は強D-T中性子源使用)とCHOPPERを組合せたTOF法によって、時間依存中性子スペクトル測定が行われ初めた。

Nicholson¹²⁾がケラナイト, Poole¹³⁾ Wyder¹⁴⁾ Kryter¹⁵⁾が重水, Gaerttner¹⁶⁾ MostovDi¹⁷⁾がベリリウム, Kallfelz¹⁸⁾がZr-Hと77°K, 21°Kの軽水氷について測定を行っている。なかでも、RPIでGaerttner等が行った

ベリリウムに対する実験の結果は、大系体系では、平衡スペクトルが存在するが、小系体系では、平衡スペクトルが存在しないことを示した臭で注目された。彼らの使用した実験配置と測定された時間依存中性子スペクトルを図3及び4に示す。

国内では、KUR

LINACの出力増強後、同LINACを使用し、時間依存中性子スペクトルの測定が行われているので、次にその概要を記す。

相沢等¹⁹⁾は、ベリリウム体系での中性子トラップング現象を観測する目的で、LINACの電子ビームを薄い鉛ターゲットに当て、制動X線を放出させ、小系ベリリウム体系(15×15×15 cm³)内で直接Be(γ, n)中性子を発生させることによって、図5に見られる通り0.5 meV ~ 0.1 eVの中性子スペクトルを704 μ sec後まで観測し、Gaerttner等の実験では測定されていない1 meV以下の冷中性子トラップング現象を確認した。

ベリリウムと同じ結晶性物質であるケラナイトについて

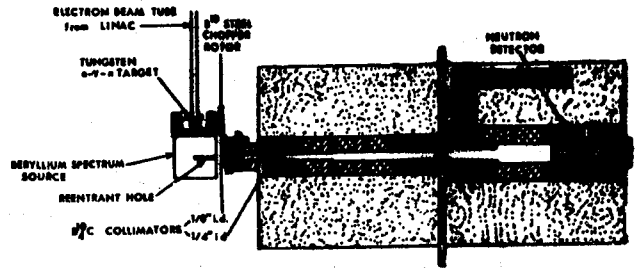


Fig. 3. Physical layout of the apparatus.

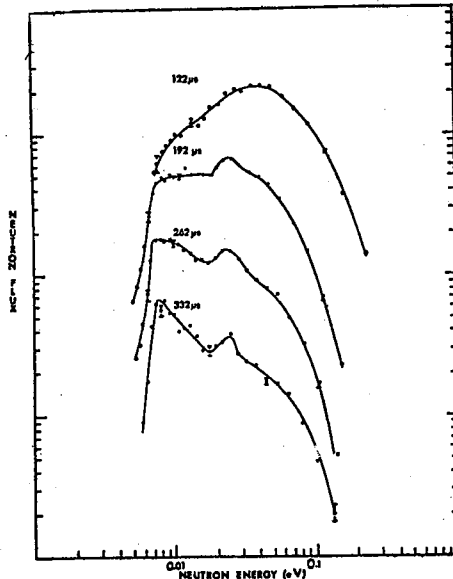


Fig. 5 (a)

Fig. 4. Time-dependent spectra in Be metal (a): $B = 0.12 \text{ cm}^{-2}$ (b); $B = 0.013 \text{ cm}^{-2}$.

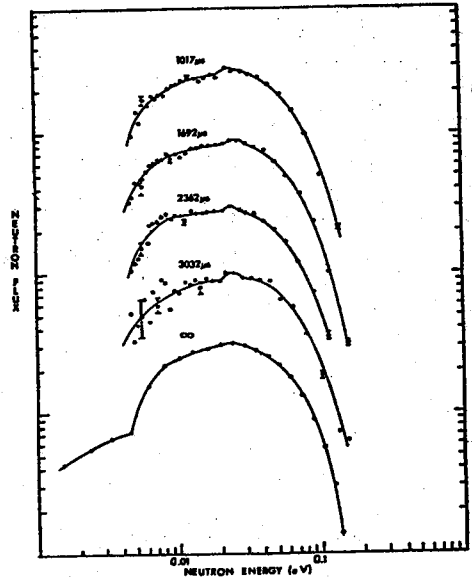


Fig. 5 (b)

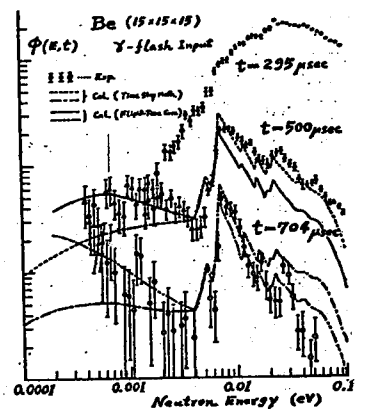


Fig. 5. Time-dependent spectra in Be metal.

1) Nicholson 等の報告があるが、実験体系が大きい為、Bragg peak, sub Bragg への中性子トラップは観測されていない。

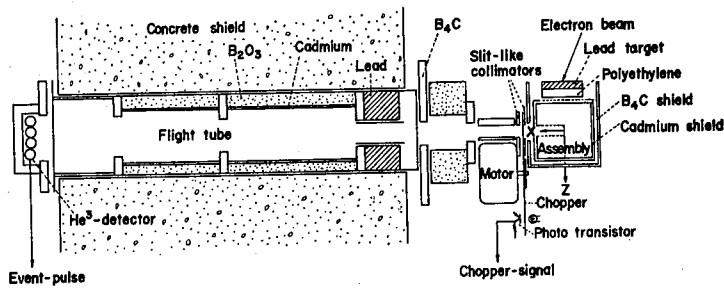


Fig. 6 Experimental arrangement for measuring time-dependent energy spectra

藤田等²⁰⁾は図6に示すように、鉛ターゲットで発生させた速中性子を、一旦リモデレータと呼ぶポリエチレンブロックで減速してから、ケラライトに入射させることによって統計精度を高め、小さな体系のスペクトルを1430 μsec後まで観測し、図7に見られる通り Bragg peak へのトラップ現象を確かめた。この実験では、リモデレータの使用以外にも、LINACによる中性子発生から chopper が開くまでの遅れ時間(バックグラウンド測定用を含め8種類)を、2000 LINACバースト毎に周期的に変え、同時に8分割した時間分析器の対応する部分に信号を振り分ける電子回路を使用し、各遅れ時間に対する規格化を正確に行うことにより、精度の向上を計っている。

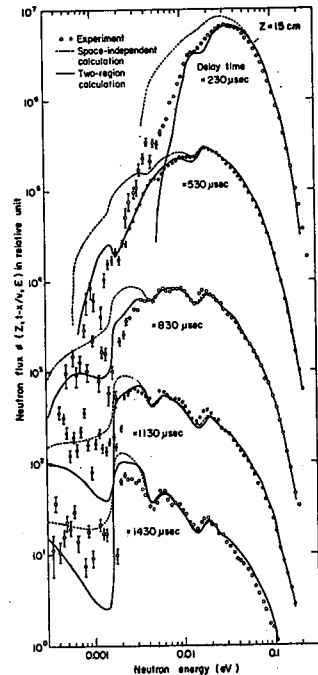


Fig. 7 Time-dependent energy spectra of neutrons from center of 30 x 30 cm³ graphite assembly

結晶性以外の物質では、冷舎水素減速材に関する測定が行われている。冷舎水素減速材における時間依存スペクトル測定の目的は、これらの物質におけるスペクトル形成過程や振動数分布の検討と云った基礎的面と、パルス状冷中性子源における中性子スペクトルの時間依存性の解明と云う実用面の二つである。

Kallfelz 等¹⁸⁾が行った軽水水の実験によれば、77°Kでは中性子スペクトルはほぼ同じ温度の Maxwell 分布に達するが、20°Kでは平衡に達していない。

又、極低温減速材中の定常スペクトル測定の結果^{21, 22)}からも軽水水中の中性子温度は減速材温度に比べて高く、一方、回転に対する固有エネルギーレベルの低い固体メタンでは、中性子温度が減速材温度に近づくことが指摘されている。

実用的冷中性子源を考へる場合、中性子冷却効果と同時に、安全性・取扱い易さ、時間特性も重要なポイントとなる。この様な理由から著者等は常温で液体であり、極低温で回転に対する固有エネルギーレベルが比較的低いメタノールでの実験を行った。²³⁾

約1cmのメタノールをHe循環型冷凍機で冷却し、10~28°K, 28°K, 52°Kの各温度で測定

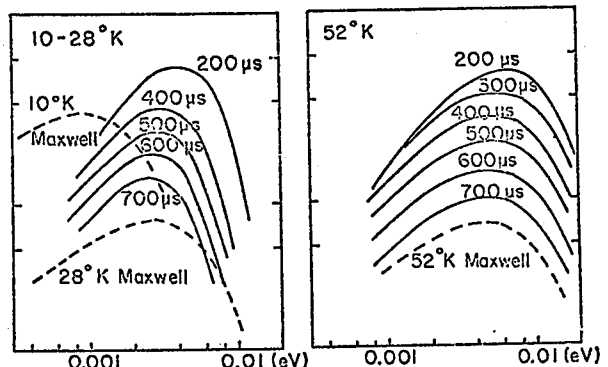


Fig. 8. Time-dependent spectra in cold methanol.

を行った結果52°Kでは500 μ sec, 28°Kでは700 μ sec後にほぼ同じ温度のmaxwell分布に達するが, 10~28°Kでは700 μ secを経過してもmaxwell分布を示さず平均中性子温度が減速材温度より高いことが明らかとなった。(10~28°K及び52°Kでの結果を図8に示す)

軽水水の実験は, 約3Lの円筒形アルミ容器に蒸留水を満し, 16°K, 19°K, 28°K, 38°K, 41°K, 79°K, 86°Kの各温度で行った。実験結果は現在整理中であるが, スペクトルの一部を図9に示す。これらの結果から, 38°K以上の温度では中性子スペクトルは(見掛け上)減速材温度のmaxwell分布に達している。しかし, 28°K以下の温度ではメタノールの場合と同様に, 分布の巾が狭く尖った形となり, 中性子温度も減速材温度に比べ高いことがわかる。この様な傾向は,

Debye model ($\theta_D = 190^\circ\text{K}$)
によって計算したスペクトルと定性的に良い一致を見た。

3) あとがき

LINAC-CHOPPER 法による時間依存中性子スペクトル測定の概要を述べたが, 最後に実験装置に関する, 3の頁を記す。

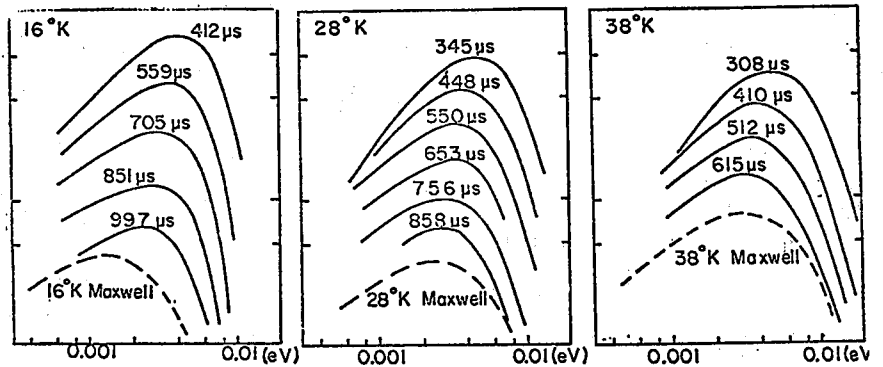


Fig. 9. Time-dependent spectra in ice.

LINAC-CHOPPER法は, 本質的に検出効率が低い実験であるので, S/N を上げるために, バックグラウンド----特に時間依存のもの----を出来る限り低くする必要がある。そのためにはRPIの例(図3)に見られる飛行管と検出器を一体化した遮蔽体で覆う方法は大変有効である。

Chopperは, エネルギー分解能の真から狭いスリット巾と速い周速度が要求されるが, 中性子検出効率はスリット巾の二乗に比例し, 周速度に反比例するため, 共に S/N の悪化を招く。スペクトル形成の速い軽水の時間依存スペクトルを測定するため, 二枚のボロンスクリーン製円板を11000 rpmで回転させ, 半値巾34 μ secを得た例²⁴⁾がある。

中性子検出器は BF_3 カウンタバンクが多く用いられているが, BF_3 カウンタはrフラッシュの影響によって一時的感度低下や特性の劣化を起し易い。最近比較的入手が容易となった He^3 カウンタは, 検出効率が高くrフラッシュによる感度低下の回復も早い。Liガラスシンチレータも検出効率が高く, 光電子増倍管回路により, rフラッシュの影響を軽減する事ができるため, 短い飛行管での測定に使用することが可能である。

----- References -----

- 1) Aizawa, O., et al. ; Nucl. Sci. Eng., 50, 38 (1973).
- 2) Von Dardel, G. F.; Trans. Roy. Inst. Technol, Stockholm No,75 (1954).
- 3) Hirakawa, N., et al. ; Fall Meeting on Reactor Phys. and Eng. of J.A.E.S., 33, 1961.
- 4) Kaneko, Y., et al. ; Proc. IAEA Symp. Pulsed Neutron Research, Vol. 1 p. 139 (1965).
- 5) Sakamoto, S., et al. ; J.Nucl. Sci. Technol., Vol. 6,(12), 671(1969).
- 6) Purohit, S. N. ; Nucl. Sci. Eng. Vol, 9, 157 (1961).
- 7) Moller, E., et al. ; AE-125, (1963).
- 8) Michikawa, T. ; J. Nucl. Sci. Technol., 11, (2), 37 (1974).
- 9) Magari, T., et al. ; Fall Meeting on Reactor Phys. and Eng. of J.A.E.S., B-44,1974.
- 10) Kimura, M., et al. ; ibid., A-51, A-52, 1968.
- 11) Watanabe, N., et al. ; TUEL-6 (1969).
- 12) Nicholson, K.P., et al. ; J. Nucl. Energy, 19, 949 (1965).
- 13) Poole, M. J., et al. ; Proc. IAEA Symp. Pulsed Neutron Research, Vol. 1 p.535 (1965).
- 14) Wydler, P. ; Proc. IAEA Symp. on Pulsed Neutron Measurements, Karlsruhe. (1965).
- 15) Kryter, R. C., et al. ; Proc. IAEA Symp. Pulsed Neutron Research, Vol. 1 p. 465 (1965).
- 16) Gaerttner, E. R., et al. ; ibid., Vol. 1 p.483 (1965).
- 17) Mostovoi, V., et al.; ibid., Vol. 1 p.623 (1965).
- 18) Kallfelz, J., et al.; ibid., Vol. 1 p.545 (1965).
- 19) Aizawa, O., et al. ; Fall Meeting on Reactor Phys. and Eng. of J.A.E.S., B-52, 1974.
- 20) Fujita, Y., et al. ; J. Nucl. Sci. Technol., 12, (11), 703 (1975).
- 21) Inoue, K. ; ibid., Vol.7, (11), p.580 (1970).
- 22) Utsuro, M. ; ibid, Vol. 10, (7), p.428 (1973).
- 23) Sakamoto, S., et al. ; Ann. Meeting of J.A.E.S., A-37, 1975.
- 24) Menzel, J. H., et al. ; Nucl. Sci. Eng., 42 119 (1970).

全エネルギー透過形中性子チョッパーの設計

日本原子力研究所 金子 義彦

炉物理実験に使用する目的で熱近傍およびできるだけ低いエネルギーを含めた熱中性子領域の中性子の全部を透過せしめると共に良好な時間分解能を有する中性子チョッパーを設計、製作した。ローターは直径30mmで単スリットのある中心部のみ1w/o ^{10}B 入り不銹鋼を使い他の部分は吸収体の入らない不銹鋼にして費用を軽減した。スリットは入口で4mm、高さ20mmで、出口に近づくにつれ広がりをもたせ、出口で36.1mmを放射加工により製作した。駆動源は三相モーターであり、無段変速機により減速し、ローターを4600~700rpmで回転させることができる。4500rpmでは、0.004eV以上20eVまで90%以上の透過関数をもち、764rpmでは0.0001eVの冷中性子まで透過しうる。この特性は、従来同目的のため設計されたものより、2桁近く低いエネルギーの中性子をも透過しうるものである。図1にローターの断面と、図2に透過関数を示した。また、図3に、10mの飛行管と組合せた場合の時間分解能を示した。

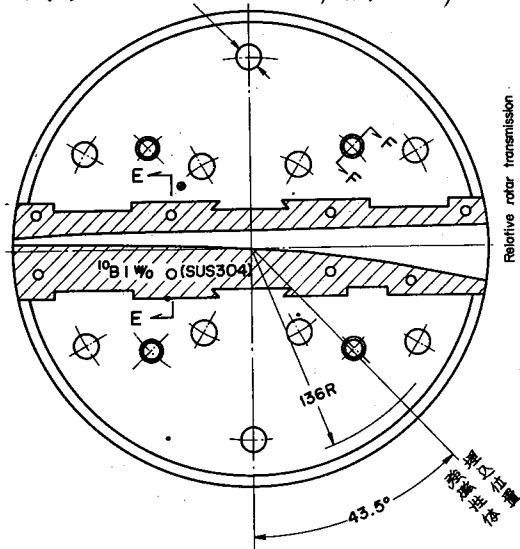


図1図 ローター断面

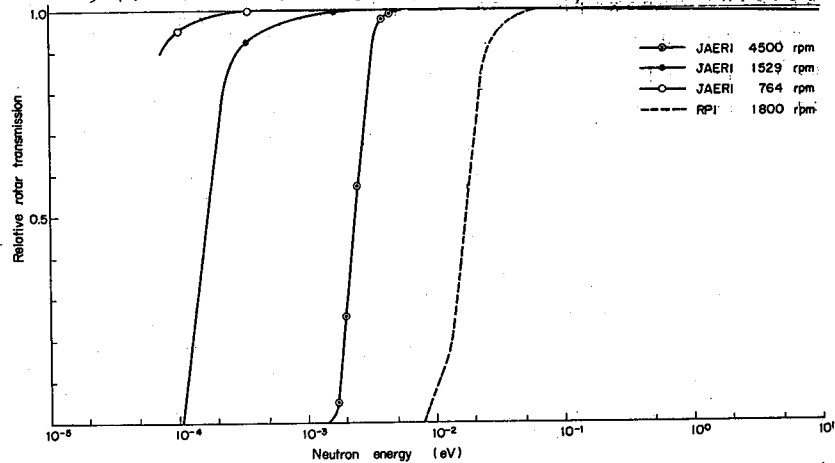
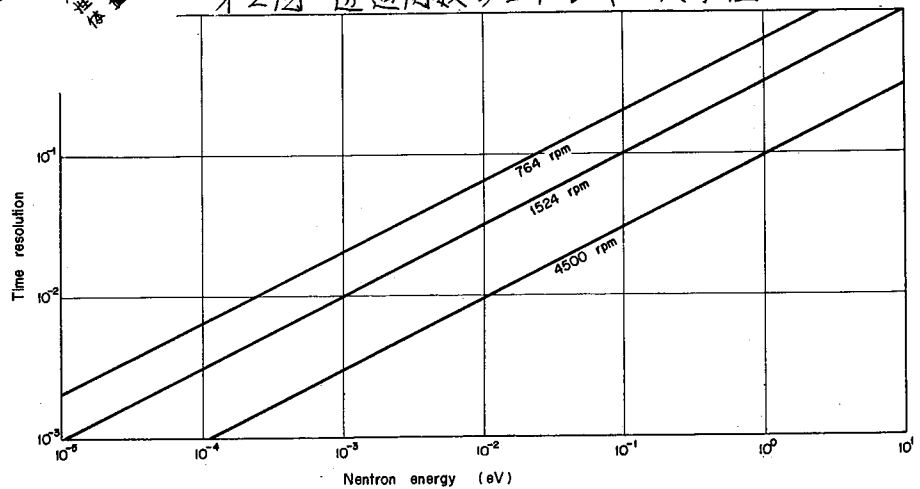


図2図 透過関数のエネルギー依存性

図3図 10m飛行管と組合せた場合の時間分解能



SMORN-2 (The second Specialists' Meeting on Reactor Noise) に出席して - 動力炉物理の又.3の話題

北大工 斎藤慶一

「From Critical Assemblies to Power Plants」という副題の下に3年前ローマにて成功裏に OECD-NEA 主催で開催された第1回原子炉雑音専門家会議*に引き続いて、第2回目の会議が「Increasing the Safety & Availability of Nuclear Power Plants」を重点目標として本年9月台衆国テネシー州において開催された。参加者120名は、最近ようやく日曜日以外はマシコールの提供ができるようになったという戒律の残る清潔な町ガトリンブルクのホテルにかんづめになり、5日間にわたる160篇余りの発表論文を中心に日夜活発な研究討論を行った。国内からは8名が参加、10篇の論文発表があり、2年程後を目途に開催予定の第3回目は日本でのラドイツの推薦者は、今回の質・量ともに充実した日本の寄与を枕言葉として使っていた。16箇国からの参加者の世話をしたのは、中性子波伝播問題でおなじみの Booth を中心とした Kryter, Robinson 等 ORNL のスタッフであった。米国からの参加者には、日米セミナー当時のなつかしい顔ぶれ Uhaig, Albrecht, Cohn, Thie, Kessler が見られたが、10年の歳月の流水の間に各国とも研究者の層の厚みが増し若手の活躍が目立つようになってきたのはよきことだし、また質疑に熱をおびてくると通訳が必要になってくる光景が日米の関係外で散見されたことはほほえましい。言葉からくる疲れをいやすには同国人同士の気のおけるおしゃべりが一番で、折々集まるほどの国の人と同じである。

第1日目の BWR 関係に引き続いて、PWR, LMFBR, 基礎理論, データ解釈, 機能障害検出, 監視技術と1篇当り30分の時間をとり発表討論が行われ、full paper と相前後して配布され、最終日午後には各セッション座長によるレビューに続いて改めて討論が行われるという充実した会議内容であった。

雑音解析は原子炉発電プラントの運転状態の健全性を確保・監視し、プラントの運転効率と信頼性を向上すること及び公衆の安全を確保するために必要な技術的防護措置を講じたことを目的として行われる。そのために I 公衆の安全保護のための工学的仕様を明確にすること II プラントの技術的改善を行うこと III プラントにおける物理工学的諸現象を解明すること が必要になってくる。

I に肉する主なことは、F1 放出事故のシーケンス (sequences) とこのシーケンスを構成する各事故の様相を詳細に解析し、事故防止のために必要な監視システムの仕様を明確にすることである。II に関係した主なものは、炉構成要素の機能欠陥、炉構成物質の物理的異常の検出方法や検出機器の改善、検出により得られた信号の処理・解釈技術の改善、効果的・自動的・即時的な監視系の確立がある。III は事故の伝播の様相を詳細に吟味することであり、SMORN-2 で大きくとりあげられた話題は、炉構成要素の示す機械的

* Proceedings は Annals of Nuclear Energy, 2 [A-5] (1975) として刊行される。なお、今回のものは Pergamon Press (Oxford) から5年内に発刊される予定である。

諸現象のうち振動モードの解析。炉構成物質の示す熱力学的諸現象のうち Na-流路閉塞にかかわるものであった。また、燃料要素、局所出力分布モニタ(LPRM)、炉心支持容器(CSB)の異常振動が軽水型発電炉において発見されたが、その検出と防止のため振動モードを理論的に計算し、実測された中性子ゆらぎのパターンを定量的に解析した研究がアメリカのみならずドイツ、フランスから報告された。一方、高速炉の場合は、運転されておらずのボルトの数の上でもまだ多く、従って核的なものとは切り離されたグループ実験装置におけるその報告の半数を占めたが、Na-流路閉塞に伴う温度・流動変動、Na沸騰に伴う音響発生、温度と音響、更には温度・音響と原子炉出力との間の協同現象の解明に肉づいた報告が目立った。これらの諸現象は純学理的に考究するだけでは十分ではなく、実際のプラントにおける構成要素の幾何学的形状や配置状態、プラントの運転状態・運転履歴とつた要因を十分考慮しなければならぬ点に複雑さを加えられている。

この会誌が印刷・配布される頃には、700頁余りに及ぶプロシードラインが刊行されておらずである。参会者がなかなかの苦勞で用意した camera-ready manuscript を持ち寄ったものを、M.H.R. Williams がまとめて持ち帰り出版社にとどけたので会議終了後2箇月余りで刊行という段取になった。筆者は配布された full papers に一通り目を通したか、その間5週間、動力炉物理研究の教多の様相と問題点とを認識し倦むことになった。俗な言ひ方であるが、研究テーマがゴロゴロしているという感であるので、大学院生諸君には是非通読をすすめた。以下に述べる主要なトピックスについては、それぞれ数つか肉連論文があるので、どこか始めに読んだ論文ではあみりにくい事があるが他の肉連論文を読んでいけば自ら明らかになることが多いと思う。

- CSBの振動に起因する in-core neutron noise - これらはランダム振動を呈する減速板を通過した中性子線強度解析の問題であり、中性子輸送・減速・熱化の炉物理である。
- local noise と global noise - 例え、in-core neutron detectors LPRMはその周辺を気泡が通過することによる中性子透過ゆらぎという局所的な現象を見ることができる。一方、温度ゆらぎによる反応度変動という大域的な現象に感ずる。これは高出力増殖倍率における中性子波伝播の炉物理である。
- 可燃性毒物(B)の減りに伴う中性子ゆらぎ強度のパターン変化 - burn-up physics である。
- 振動による燃料要素占有位置のランダム変動、ボロンや気泡のランダムな空間分布等に起因する spatial noise - 輸送理論の問題で source-sink 法や高次振動法による解析が試みられている。
- Temperature noise - ゆらぎの振幅分布は一相流状態ではガウス分布であるが、気泡が含み承るようになると著しく非正規型になることが実証された。非平衡統計物理としても興味を惹く事実であるが、モンテカルロ法によるシミュレーションはかなりの成功をおさめている。理論と real physical を実験と ideal な状況を設定しての模擬実験との了つを巧みに組合せて現象の解明が進みつつある典型的な例。
- ランダム時系列の自己回帰過程に基づく解析、雑音源の同定のための signal synthesis / decomposition - 幾多の要因と検出器出力情報がある動力炉物理現象の実験解析方法論がめまると思われる。

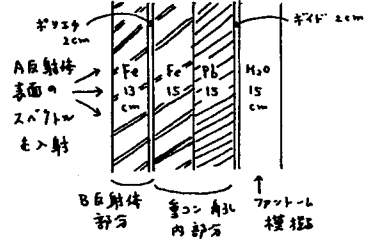
(昭和52年11月17日記)

「弥生」における医療用照射の基礎研究, (III)

東京大学 古橋 晃, 他 弥生医療用照射研究グループ*

先報 (II) を「炉物理の研究」第21号 (1976年7月刊) に記してより早くも約1年を経過した。この間 1976.9.18 に第3回炉中性子工学研究専門委員会において中間的な経過について口頭発表を行なったが、記事にとどめるにはなお不十分と思われたので、1976年12月刊の第22号への寄稿をお断りし、今日迄保留させてもろって来た。その後実験も進捗し、49年度以降の科研費を主力として整えて来たブロッコ種みを主軸とする体系については、ほぼ特性もとどろ盡したと思われに至ったので、ここに三たび「炉物理の研究」の紙面を借りて記録を留め、併せて第22号の編集後記で頂いた宿題の責を果したと考える。この間に進歩したことを要約すれば、減速度の調整のめどがつき、熱中性子のコリメーションについても前進が多ったことである。但し、いずれも予えられた「弥生」の条件下では限度があることで、炉出力の不足と相俟って、非常に良い照射体系が得られたといふわけには行かないのであるが、ともかく一応評価できる体系に到達することは出来たようである。

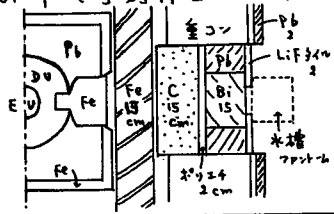
[51年6,7月期一次元輸送計算]



50年12月期と同一の手法で、JOYO58群 (n-39, f-19) 断面値を用いてANISNコードで P_3-S_8 計算を行なった。主眼は左図の如く黒鉛なしとし、ポリエチレンのみで減速させた体系でやるかといふことと、ポリエチレンの入る場所は図の位置と、Fe全厚さの右に置くのとどちらが良いかといふことであつたが、ポリエチレンのみでは数10 KeV ~ 1 MeV 辺でスペクトルが持ち上り芳しくない。そこでFeを減らして黒鉛とポリエチレンを併用する体系についても計算し、黒鉛とポリエチレンの代替効果を最適減速度についても考えることとした。

この計算の結果……ポリエチレンは上図の位置に入れると熱中性子束 ϕ_{th} が大きく減るので、Feのあとに入れる方が良い。しかしFeとポリエチレンのみではスペクトル的に良くなく、黒鉛15cm位以上を併用するべきである。またポリエチレンは1.5cm位以上入ると効果が飽和的になる。

[51年7月期線量測定実験]



Fe・黒鉛・ポリエチレンの混合使用の体系について左図の系を中心にして4体系を実験してみた。左図に比して黒鉛を減らす、ポリエチレンを増やす、その両方をやるなどである。Feとポリエチレンのみの減速体系も一応予定していたが、黒鉛厚さ5cm

*メンバーは先報 (II) に記載した者以外に、その後 笠井 滋, 吉井 良介, 久我 弘文, 坂田 薫 が参加した (いずれも大学院生)。

迄減した結果をまとめて取りやめた。なおFe量を補うためにA反射体内ビームホールの詰め物は今回ホウ図の如くFeに改めた。線量測定内容は、中性子レムカウンター、In・Pb箔による ϕ_f の測定、Au箔による ϕ_{th} の測定、TLD (BeO, CaSO₄, Mg₂SiO₄)による Γ の測定などである。なお計算・実験両面ホウみで黒鉛10cmとポリエチレン1cmはほぼ似た減速効果を示すので、ポリエチレン厚さ(cm) + $\frac{1}{10}$ × 黒鉛厚さ(cm) ≡ 粗減速度 なる量を便宜的に定義し、これをパラメータとして整理することとした。

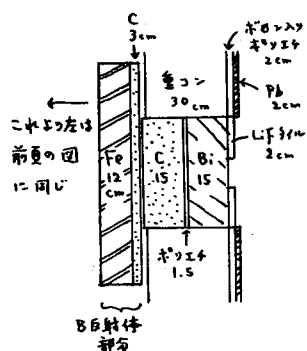
この実験の結論-----粗減速度を揃えれば確かに近似的に同じ特性になるが、同一粗減速度の下では黒鉛にウエイトがふっている方が速中性子レムが低く、 ϕ_{th} も少し高目にとれるので良い。これ迄のデータも併せ考えると粗減速度 2.5 ~ 3.5 位が特性良く、それ以上では熱外中性子照射としては減速し過ぎになるようである。なおこれ迄よく用いて来た BeO 製 TLD は ϕ_{th} に感度を有し、 Γ の値の線量はそれ程低くなく、Mg₂SiO₄ の示す線量の方が妥当すると判断された。

[51年10月期一次元搬送計算]

6, 7月期の計算と同じ手法で、黒鉛・ポリエチレン併用系で粗減速度 3.0 ~ 3.5 辺りの体系について、水ファントム内 ϕ_{th} や、ホウに入射する少し前の位置での中性子スペクトルなどを評価してみた。この場合、黒鉛とポリエチレンの組合せならばFeとポリエチレンの場合と異なり、ポリエチレンが奥(炉心に近い側)にある方が良くはないかという考えもあったので、その是非も調べてみた。

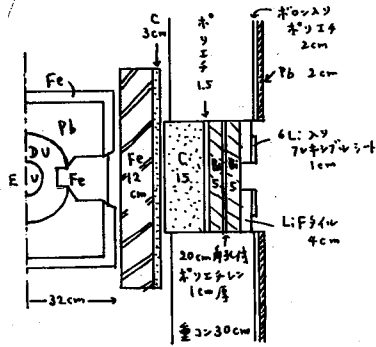
この計算の結論-----同一粗減速度の下では特性はほぼ似たものになること、しかし詳細にみると黒鉛にウエイトがふっている方が |keV ~ |MeV 辺りの中性子が減り、一方水中の ϕ_{th} 値はやや高くなるなど、7月期の実験結果を裏付けするものが得られた。ポリエチレンの位置はFeとの併用の場合と同様、黒鉛より奥(ファントム側)に入れた方が ϕ_{th} が10%位上り、スペクトルも数10keV辺のレベルが下って良いようである。またポリエチレンの厚さを増してもスペクトルへの影響は能知的になること、0.5cmの増加で ϕ_{th} が10%位下ることなど改めて確認した。

[51年11月期線量測定実験]



これ迄の諸結果により減速物質層の種々の厚さの組合せに対して内外挿算によりおおよその程度特性が予想できるようになった。そして黒鉛15cm以上とポリエチレン少量との組合せが適当と考えられるに至ったので、左図の粗減速度 3.3 の体系を粗い打ちにし、同時にポリエチレンを奥に入れることの是非を実験的にも確認しようとした。また常に胸深部に腫瘍のある患者を治療照射する必要が生ずる形勢にわたるので、Fe 10cm + C 20cm でポリエチレンを用いた体系 (51年2月

[52年6月期線量測定実験]



一番外側に濃縮⁶Li入りフレキシブルシートを用いたものは残し、Bi層間のポリエチレンはボロンなしの普通のもの1cm厚に戻した。ただし ϕ_{th} の向上をはかると、中北を20cm角に拡張した。更にボロンなしの場合ならばBi層を薄くして炉心に接近する効果が出るのではないかと考え、Bi: 10+5 cmの系のほか、図の5+5 cmの系についても実験した。前者についてはコリメーション効果の低下をチェックするため人体型ファントム実験も行なった。

この実験の結果 ----- Bi: 10+5 cmの場合については51年12月期の結果と大差はない。細く云えば ϕ_{th} は10%上り、速中性子レムは20%上り、カドミウム比もやや硬くなった。 ϕ_{th} の絶対値が低い(ビークで 2.7×10^8 n/cm².sec)を以てはまづまづである。コリメーションは12月期に比して人体表面ではほぼ変じないが、内部では多少拡散傾向が認められる。図のBi: 5+5 cmの系にすると ϕ_{th} が40%強上り炉心接近の効果も認められる。 ϕ_s/ϕ_{th} は少し上るが、 ϕ_1/ϕ_{th} を含めて一応問題ない。

本報執筆時迄に得られた結果は以上である。これ迄に減速度の最適化、熱外中性子のコリメーション、炉心接近による中性子強度の向上等によって一通りの成果を得、(II)報で述べた49年度の体系刷新後の機材については一応データをとり終えたものと考えられるに至った。下にこの間の重要な体系のデータをピッチアップしてまとめおく。

減速度の最適化研究

粗減速度, $\frac{1}{10} \times$ 黒鉛厚 ^{cm} + ポリエチレン ^{cm}	0.0	0.5	1.0	2.0	2.5	3.3	3.5	4.5	Rにコリメーションを強化	
	J	G	H	I	L	R	M	P	3.3+d	3.3+d
体系名称	J	G	H	I	L	R	M	P	R''	S''
実験時期, 年/月	51/2	51/2	51/2	51/2	51/2	51/11	51/7	51/7	52/6	52/6
Fe + C + ポリエチレン 厚さ, cm	15,0,0	15,5,0	10,10,0	10,20,0	15,15,1	12,18,15	13,15,2	13,15,3	12,18,15	12,18,15
Pb + Bi 厚さ, cm	15,15	10,15	10,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10
水槽ファントム入射面での ¹⁰³ Rh threshold flux (Z=0.6W)	4.7×10^6			15.7×10^6	8.4×10^6	7.2×10^6			5.1×10^6	7.4×10^6
水槽ファントム内 ϕ_{th} ビーク位置, 射面より約cm	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	~1.0	~0	~0	~0.5	~0.5
水槽ファントム内2.4cm差 ϕ_{th} 値, n/cm ² .sec	10.3×10^8	10.9×10^8	10.5×10^8	9.0×10^8	6.6×10^8	4.4×10^8	5.1×10^8	3.3×10^8	2.1×10^8	3.0×10^8
" " $A_n(0.05nt)$ カド比	5.58	7.50	8.04	6.82	7.43	11.20	10.34	11.84	8.83	9.17
同上差で $\phi_{th} \pm = 3 \times 10^{12}$ n/cm ² の照射を要するに要する時間, hr	0.81	0.76	0.79	0.93	1.26	1.89	1.63	2.53	3.97	2.78
同上時間内の速中性子線量, rem (中性子レム当量-の値を除外)	4450	2990	2380	1390	1260	1140	1150	1170	960	1060
同上時間内ガンマ線量, 水槽内/遮蔽体, R (内15BeO, 他はMg ₂ SiO ₄ による)	(437)		(511)	(39)	(430)	254	(687)	(733)	460	399

本研究は49年度以降費用の一部を科学研究費(試験研究費)によっているが、52年度後半、科研費による再び体系を刷新し、或る程度バックしたものにし、更に動物実験等に進む予定である。その折上図S⁵体系を基とし、減速度調整を少し可能にするつもりである。

《研究室だより》

1. 日本原子力研究所 動力試験炉部 開発室 TCAグループ

7月から8月にかけてJPDRの使用済燃料のγ線スペクトルを測定した。全燃料(72)について軸方向に4点、特に重要と考えられる位置については径方向についても数点の測定を行った。結果は目下整理中であるが、全炉心における燃焼度分布が求められている。測定は、核燃料再処理交渉の最中、動燃の再処理工場へ輸送する工程の合間をぬうようにして燃料貯蔵プールで行われた。Ge検出器をプールの上面ブリッジに固定し、コリメータを水面下約5mほど下垂させて燃料体表面からのγ線を測定した。なおこれらの測定に先立って数年前から特定の1燃料集合体について、燃料ピン単位の測定が行われており、破壊試験(質量分析)の結果との対応もつけられている。目下再処理が進められており、近い将来に工場におけるバッチ単位の分析検査が行われ、われわれの非破壊データとの比較ができるのを楽しみにしている。

12月からは数ヶ月間にわたり“グレーノーズ”制御棒の実験を計画している。最近は大規模商用炉における運転経験が蓄積されており、種々な面で設計の改善が望まれている。今回の計画もBWRにおける燃料破損につながる問題として考えられたもので、制御棒先端部の出力上昇割合を低減させようとするものである。この先端部の燃料は制御棒引抜き前後で倍近くの出力変化を生じ(約3kW/ft→9kW/ft)、それが原因で燃料が破損するのではないかとされている。そこで従来の制御棒の先端部に長さ10~15cmの弱吸収体を設け、制御棒の引抜きによる出力上昇率を約1/3に抑制しようと考えた。このためTCAの炉心にBWRの模擬領域を構成し、弱吸収体の濃度、材質、寸法などをパラメータに臨界実験をすることと計画した。

最近発表したレポートは下記の通りである。

(小林 岩夫)

- 1) H.Tsuruta, I.Kobayashi, T.Suzaki, A.Ohno, K.Murakami and S.Matsuura ; Critical sizes of Light-water moderated UO_2 and PuO_2-UO_2 lattices, JAERI Report to be published.
- 2) H.Tsuruta, T.Suzaki and S.Matsuura ; Profiles of Activity Ratios of Fission Products, Cesium-134, Cesium-137 and Ruthenium-106 in Low-Enriched PuO_2-UO_2 Fuel Assemblies, JNST, 14(1), 1977.
- 3) H.Natsume, S.Matsuura, H.Tsuruta, T.Suzaki, et al. ; Gamma-Ray Spectrometry and Chemical Analysis Data of JPDR-I Spent Fuel, JNST, 14(10), 1977.

2. 東京大学 工学部 原子力工学科 清瀬研究室

現在の清瀬研究室には教授、助教授、助手2名、技官1名、大学院生(博士1名、修士4名)の計9名であるが、冬学期からは新しく卒論生4名が加わって、今のところ大世帯になっている。当研究室の研究分野は非常に多岐にわたっており、各人がそれぞれの研究テーマを中心に日頃、活発に研究活動を行っており、ここにその最近の概要をごく簡単に紹介する。まず、清瀬教授の国際的活躍がめざましく、この春5月上旬にザルツブルグ会議において "Future Trends of Nuclear Fuel Cycle Costs" を発表、次いで6月末に Inst. of Nucl. Materials Management (INMM) の年会に出席し "The Technical Aspects of International Safeguards Systems" を発表し、その後 INMM 日本支部の設立にあたり日本支部副会長となった。また9月からはアメリカ原子力学会の "Nuclear Technology" 誌のアジア地区副編集長 (Associate Editor, Asia) になった。10月下旬には Tucson, Ariz. で開かれた International Conf. on Energy Use Management において "A Morphological Modeling on Long-Term Energy System" を発表した。次に鈴木助教授は、エネルギーシステム分析の研究に関して、広い視野に立って精力的に研究を進めており、"長期エネルギー戦略のシステム分析" (日本原子力学会, Vol. 18, No. 8) を発表している。その他の研究室の成果としては、トリチウム測定方法のひとつの試みとして、フィルムバジカが ^3H 雰囲気中で黒化する現象を利用して、その黒化されたフィルムの画像パターンから ^3H 濃度を測定する研究 "パターン認識を応用したフィルムによるトリチウム測定" (日本原子力学会, Vol. 19, No. 7)、および "ウラン濃縮工場の臨界安全性解析"、(東京大学工学部総合試験所年報 Vol. 36) があり、またこの秋、昭和52年度の分科会では下記の4テーマについての口頭発表が行われている。

- 1) 海洋における生物汚染の状態推定
- 2) 最適長期エネルギー政策のモデル化
- 3) 高速炉技術のエネルギーモデルによる分析
- 4) 連結カスケード群構成の電源損失事故解析

さらに、今後の研究計画としては、高速炉燃料の再処理に関する研究、水素同位体交換反応の安定性に関する研究や放射性廃棄物処理系の異常検知に関する研究などが検討されている。

3. 東京大学工学部附属原子力工学研究施設 原子炉設計工学部門

本研究施設は、原子炉設計工学部門、原子炉機器工学部門、原子炉本部、ライフの運転管理部及び核融合ブランケット運転管理部の5部門に分れている。その中で当研究室は、原子炉の利用運営に協力するとともに、原子炉、核融合炉の実験的・理論的研究を行っている。当研究室のスタッフは安成弘教授(研究施設主任教授)、岡芳明助手(原子炉主任技術者)、秋山雅胤助手及び非常勤講師として柴田俊一京大教授と岡本芳三原研主任研究員である。また8年余にわたり当研究室の助教授でいられた古橋寛先生は昭和52年11月に動力炉核燃料開発事業団に栄転された。学生は、M-2.3人、M-1.2人、研究生1人、卒論生2人の8名である。

当研究室で行っている研究の主力テーマとしては、「遮蔽ベンチマーク実験」「キャビティ遮蔽実験」「医療用照射のための基礎研究」及び「崩壊熱の測定」がある。その他に「原子炉の共同研究」として、「中速中性子柱ニートロニクス系の体系的な研究」「遮蔽実験」「スカイライン環境測定実験」「ブランケット測定法」「高速中性子生体照射」「高速中性子ストリーミング実験」及び「固体中性子検出器」のテーマで他大学の研究者と研究を行っている。

1 頭発表 (昭和52年4月～11月)

- ・吉井, 古橋, 安地 「原子炉における熱外中性子医療用照射場の開発研究」 日本原子学会 J65
 - ・岡, 笠井, 安地 「原子炉における2次元体系遮蔽実験とその解析Ⅱ」 同上 D35
 - ・岡, 安 「中性子とガンマ線のキャビティ内の分布とそこから得られるストリーミングの測定」
日本原子学会 秋の分科会 C37
 - ・笠井, 岡, 安地 「中性子と線材 Fe, Na 層状体系透過に関する積分実験」 同上 C36
 - ・山地, 安 「最適炉型戦略, 2増殖炉問題の最大値原理による解」 同上 F52
 - ・秋山, 安地 「崩壊熱の測定」 同上 F1
 - ・坂田, 秋山, 安地 「NaI(Tl)シンチレーション検出器のレスポンス関数の作成」 同上 C4
- なお、その他に原子炉共同利用関係で共同発表者に、秋山, 岡等が入っているものが若干ある。

論文発表 (昭和52年4月～11月)

- ・ Y. Oka, S. An et al. 「Two-dimensional shielding benchmarks for sodium and iron at YAYOI」
Fifth International Conference on Reactor Shielding, Knoxville, USA Apr. 1977.
- ・ Y. Oka, S. An et al. 「Measurement of neutron noise in the presence of a vibrating control plate」
Annals of Nuclear Energy 4 pp127 (1977)
- ・ Y. Oka, S. An et al. 「Integral Experiments for the layers of iron and sodium at YAYOI」
NEA specialists meeting on the analysis of shielding benchmarks,
Paris, Nov. 1977.
- ・ 安, 秋山, 他 「崩壊熱曲線評価実験(I)」 UTNL-R 53

(秋山雅胤記)

4. 東海大学工学部 原子力工学科

学科の専任教員は12名であるが、その内炉物理炉工学に関連した仕事をやっているのは5名(十技術員1名)である。

最近の活動状況は

- i) 高出力炉雑音・異常診断に関する研究(黒田)
 - ii) 原子力コードの整備(石田, 中土井)等が学内で進められている。
- 一方学外の共同利用施設による研究として
- iii) 臨界集合体による炉物理実験(中土井, 阪元, 永額, 橋本---- KU-CA 共同利用)
 - iv) 冷減速炉の時間依存中性子スペクトル測定(阪元---- KUR-LINAC 共同利用)
 - v) 中性子捕獲ト線の測定(阪元, 永額, 橋本---- KUR 共同利用)
 - vi) 高速パルス炉の出力波形測定(阪元, 永額, 橋本---- 東大炉共同利用)
 - vii) 医療用照射場での熱外中性子測定(阪元---- 武蔵工大共同利用) 等の研究が行われている。

研究発表

高出力雑音のコヒーレンス函数 黒田 SMORN-II

高速パルス炉の炉出力波形測定 阪元他 炉物理炉工学分科会

(阪元重康 記)

5. 京都大学原子エネルギー研究所 若林研究室

我々の研究室では動力炉フロント, 核融合炉, 原子力システムの動特性, 制御, 安全性に関する基礎研究を行っている。現在, 研究メンバーとして若林教授, 屋野助教授, 山口助手, 大西助手, 佐藤技官の他に, 大学院修士3名, 学部学生3名が在籍している。ハイブリッド原子炉計算システムのデジタル計算部として使用していた FACOM 270/20 が更新され, 新しく FACOM 230/28 が導入された。これにより計算速度は約1.5倍, 容量は約4倍になり, 今後の研究の能率向上に大いに役立つものと期待される。

現在取り組んでいる研究テーマの主なものの概略は次のとおりである。

1. 原子炉冷却系の異常診断に関する研究; 冷却系模擬実験装置を用い, 流路一部閉塞, サブクール沸騰時の流木の解析から, 異常診断技術の開発を目的とした実験的研究を行っている。
2. 原子炉異常診断システムに関する研究; 原子炉フロントのハイブリッドシミュレータを試作し, 異常時における各種観測信号の特性から, 異常時における内部状態量を推定する異常診断システムの研究を行っている。

- 3 動力炉の燃料交換と電力系統の最適化に関する研究； 電力系統内の複数基の原子力発電所の燃料交換を、長期的に見た燃料コストを最小にするように計画する大規模線形計画法を用いた計算コードの開発研究を行っている。
- 4 核融合炉におけるα粒子の輸送に関する研究； D-T反応の結果発生する高速のα粒子の輸送をモンテカルロ法を用いて解析し、α粒子損失による第一壁の損傷、静電ポテンシャルの発生、α粒子のプラズマへ与える影響等、融合プラズマ物理および炉工学両面に亘る研究を行っている。

前回報告後の研究成果を下に示す。

—発表論文—

- 1) T. Hoshino, M. Takahashi, Y. Fujii ; Optimization of In-core Fuel Management, Cycle Period and Power Scheduling of Nuclear Power Plants by Large Scale Nonlinear Programming, Proc. ANS Topical Conf. on Computational Method in Nuclear Engineering, Charleston, S.C. Vol. I 15-17 (1975)
- 2) J. Wakabayashi, H. Yoshikawa ; Simulation Study on the Dynamics and Control of Japan Linac Booster, Proc. US/Japan Seminar on Fast Pulsed Reactor, IV-3: 309-332 (1976)
- 3) M. Ohnishi, H. Tokunaga, J. Wakabayashi ; Loss of 3.5 MeV Alpha Particles in a Tokamak Reactor, Nuclear Fusion, 16 pp 689-694 (1976)
- 4) M. Ohnishi, T. Hoshino, J. Wakabayashi ; Thermal Stability Considering the Slowing-down Process of Alpha Particles, Proc. of the Second Topical Meeting on the Technology of Controlled Nuclear Fusion, pp. 343-352 (1976)
- 5) M. Ohnishi, N. Ao and J. Wakabayashi ; Effects of Impurities on Alpha Particle Loss in a Tokamak Reactor, Trans. Am. Nucl. Soc. Nov. 27- Dec. 2, 1977, San Francisco.
- 6) T. Hoshino, Optimum Fuel Loading and Coastdown Operation for LWR Power Stations, ibid.

—昭和52年秋の分科会発表—

- 1) 大西, 青, 若林 「ビッチ角散乱を考慮したトカマク炉におけるα粒子損失」 B40
- 2) 若林, 山口, 佐藤, 白川 「原子力プラントの異常診断システムに関する一考察」 F33
- 3) 寺杣, 山口, 佐藤, 若林 「炉心冷却系異常診断(Ⅳ) F34
- 4) 星野 「軽水炉の最適燃料装荷とコストダウン運転計画」 F51
- 5) 山口, 松本, 佐藤, 若林 「炉心冷却系流路一部閉塞時の流動解析」 F56

(大西 記)

6. 京都大学原子炉実験所 原子炉部門 (柴田俊一教授)

先日の新聞報道や KUR NEWS NO.62 によって御存知の方も多いかと思いますが、KUCA では固体減速架台を用いトリウムを組み入れた実験が始まりました。未だ緒端ですが、来年度以降は、本格的な中速中性子テストゾーンをつくり、所謂 PCTR (Physical Constant Testing Reactor) 方式を実験の目標として、ドプラー係数測定装置も整備する所を、着々と計画をすすめています。トリウムサイクルの研究は KUCA 建設目的の1つの柱であっただけに、多くの方の注目を浴びると思われ、実際多くの方の協力を得てすすめられています。柴田教授自身もトリウムには相当な力の入れようで、その一端は先の KUR NEWS で御覧下さい。KUCA ではトリウム実験の他に、計画中の高中性子束炉の核特性実験を行なっています。軽水冷却減速・重水反射の2分割炉心ですが、既に多くの核特性が実験的に解明されています。現在は、高中性子束炉に用いるのとほぼ同じ燃料をつくり、それによって臨界実験中です。各炉心に入る燃料は板状の同心円筒型で、切断面が年輪木目に似ていることから、バウムクーヘン型燃料と名付けられています。

高中性子束炉は安全審査を受けていますが、木村先生他直接審査会に出席される方は、連日の上京で体力的にも大変です。核特性試験の他、安全解析、燃料材料、実験設備、建屋その他多くのグループをつくり準備をすすめています。地元の方の了解が早く欲しい段階になって来ました。

既存の KUR は臨界以来約13年になります。大過なく利用して載っているとは思いますが、近時は、部品の老朽化が原因と考えられる故障が多くあつてきたようで、老化がカストロソフに起つてはどうかと気がかりです。将来はトリガ型に改造の計画を行っています。

Electron Linac も建設以来12年になります。炉物理関係の利用では中性子断面積やスペクトル実験に関し、共同研究という事で所外の先生方から御指導を戴いています。その、装置保守者の1人として、もう少し多くの方に利用して戴いてはと願うのは欲張りでしょうか。

先年改修した KUR の低温照射装置は好調です。最近、改修運転の結果をまとめたテクニカルレポート KURRI-TR-159 が出ました。興味をお持ちの方は御覧下さい。

部門員の外国出張が盛んになっています。現在では、宇津呂先生がグローバルで低エネルギー中性子の実験を、中込氏が RPI で核分裂の実験を行なっています。各々、11月中旬12月中旬に帰朝の予定です。先日は中川・岡田・跡部氏が International Conference on Defects in Insulating Crystals (10/9-14, ガドリブルグ, テネシー州) に出席・研究発表を行なってきました。又、林脩平氏が近くトリウム体系の中性子スペクトルに関する共同研究のため RPI に(数ヶ月間)、神田先生が核燃関係の調査・交渉の大任で(約3週間)渡米の予定です。
(文責 藤田 薫 駐)

7. 京都大学工学部 原子核工学教室 西原研究室.

11月に入り 就職試験の時期を迎えて、研究室内はどことなく落ち着いた雰囲気になってる。 学部卒業予定者が7名、 修士課程修了予定者が6名、 41名として研究生13名と17名構成のためである。 しかし、来年2月末の論文の提出を目ざして各人それぞれに研究を進めている最中でもある。

前号では、 当研究室での研究内容を詳しく報告したので、今回は最近の主な発表論文と学会発表を紹介しておく。

(発表論文)

Matter System Irradiated by Coherent Light

M. Mabuchi and H. Nishihara : J. Phys. Soc. Japan 43 (1977) 1253.

Phase Transition and Photon-Matter Coupled System in Frenkel Excitons.

M. Mabuchi and H. Nishihara : J. Phys. Soc. Japan 43 (1977).

Measurement and Analysis of Neutron Spectrum in Spherical Pile of Thorium

H. Nishihara, K. Kobayashi, I. Kimura, S. Hayashi, S. Yamamoto, M. Nakagawa

J. Nucl. Sci. Technol., 14 [6], 32 (1977)

Spherical Harmonics Solutions of Multi-Dimensional Neutron Transport Equation by Finite Fourier Transformation

K. Kobayashi: J. Nucl. Sci. Technol., 14 [7] 23 (1977)

(学会発表)

円筒座標系における時間依存P₁近似式の数値解法, 秋の分科会, F4, 大谷, 豊枝, 西原.

トロイダル座標系における時間依存P₁近似式の数値解法, 同, F5, 豊枝, 大谷, 西原.

中速体系の臨界計算, 同, D38, 堀江, 林*, 神田*, 堀** (※京大炉 **：理科技庁)

結合炉における結合効果と中性子の循環, 同, D49, 森島.

(森島 記)

「炉物理夏の学校」の今後について

—今年の「夏の学校」での討論から—

「炉物理夏の学校」は、関係者の尽力と各界の協力により毎夏開催されてきた。今年で9回と回を重ねるに及び、今や炉物理界恒例の行事として定着した観がある。この間にはたしてきた役割は、時々の特ピックスをとり上げて若手研究者 技術者に提供するにとどまらず、炉物理関係者の、いわば襟を脱いだ交流の場としても、無視しえない貴重なものであった。

こうした成果とともに、他面ではいくつかの検討すべき事柄も生まれてきている。折から、「夏の学校」は来年で10回目をむかえることになるので、このあたりで従来の経歴をふまえて今後のあり方を議論しておくことも必要であろう。

このような目的で、今年の「夏の学校」の3日目にこの問題についての討論会がもたれた。まず、「夏の学校」発足当初よりその発展のために尽力されてきた古橋晃先生にお願いして、いくつかの試案を示していただいた。すなわち、

0. 大学院生の自主活動に任せる (物理学会等に例がある)
 1. 従来のまま継続する
 2. 名称を変更する 例: 「...セミナー」「...講習会」
(「夏の学校」という名称では企業関係の人が出にくい)
 3. 半官製の講習会または公開講座化
(講師は企画委員会から依頼、または輪番制)
 4. 官製の「炉物理トピカルミーティング」化
(指定テーマについて発表公募)
 5. 官製の「夏の炉物理分科会」化
(発表時間として長時間割当て、発表公募)

の6つである。このうち5.および6.は、初期の頃の学会年会・分科会の、親密な雰囲気の中で深く議論を交わしあったような場を回復することをねらって考えられたものである。これをもとに参加者の間で意見が交わされた。その主なものを下にあげる。

- 「学会年会」や「分科会」とはちがった、院生の勉強会という性格は残しておいてほしい。
- スポンサーを採せないか。
- 内容については、学校の講義と実際の仕事の橋渡しするようなものを期待したい。
- 企業では幅広い方面の知識が必要である。どんな人がどんな仕事をしているのかを知り、交流できるような場であってほしい。
- 「夏の学校」を大学だけの行事にしてしまうのは良くない。原研、動燃等からの協力が是非必要である。

「炉物理連絡会 第20回総会」報告

日時：昭和52年10月1日

会場：北海道大学工学部（原子力学会秋の分科会F会場）

約30名の会員の出席を得て、標記総会が開催された。議題の要目および発言・討議の概要をまとめて以下に報告する。

1. 幹事校報告

a) 連絡会誌 第23号は本年6月に発行された。第24号は11月頃発行の予定。内容は「炉中性子工学」研究専門委員会の発表要旨、研究室活動報告、海外の会議出席者の報告のほか、二、三の解説記事も計画されている。

b) 会計報告

52年9月15日現在の会計は以下の通りである。

収 入		支 出		
前年度繰越金	180,917	会議費(総会)	5,425	
会 費	91,000	会報印刷代(No.23)	78,000	50p. 200部
寄付(古橋氏より)	5,000	通信費	21,080	会誌発送ほか
		会報用紙代	300	
計	276,917		104,805	172,112.- (残)

残金172,112円の中から、次号(No.24)会報印刷・発送費および第20回総会費を支出した残りを次期へ繰りこすことになる。

c) 「炉物理夏の学校」

8月1～3日に関西地区大学セミナーハウス(神戸)で、「核燃料サイクル」, 「核データの計算・利用・評価」をテーマとして行なわれた。参加者31名(学生9, 会社研究所9, 大学教職員13)。参加者数が予定を下廻り、ために21,610円の欠損を生じたが、これはこれまでの剰余積立金より補填した。

なお、「夏の学校」は来年で10周年を迎えるので、これまでの経験をふまえて、今後のあり方につき再検討の要があることが指摘された。

2. 各種委員会等報告

a) 企画委員会 (藤田薫頭氏)

第16回原子力総合シンポジウムが来年2月15日～16日に国立教育会館で開催される。基調テーマは「新国際情勢下における核燃料サイクル」および「炉材料の開発研究」の二本。

また、学会の場でも行われるインフォーマルミーティングの数が近年とみに増加しているが、会場、時間、責任等の問題もあるので、事前に申し出のあったものにつき企画委員

会で調整・検討する方向で再考されている。

b) 編集委員会 (朝岡卓見氏)

投稿論文の査読は原則として2人のレフェリーにより行なわれているが、運用上1人で行なわれる場合もある。

部門委員会では、企画記事として「Ge検出器について」、「原子カコード」、「Safeguardの現状」、「炉中性子工学の解説」などが計画されている。

c) 「炉中性子工学」研究専門委員会 (住田健二氏)

今年度は次の4本柱を立てて活動している：①標準中性子場(担当・神田啓治氏)、②結合炉の動特性(仁科浩二郎氏)、③中性子スペクトル[チョッパ、加速器を利用](相沢乙彦氏)、④強力中性子源および各大学所管のサフワリ装置の評価(住田健二氏)。なお、出版担当幹事は神田啓治氏である。

d) KUCA大学院実験およびCA関連事項 (小林圭二氏)

今年度の大学院実験は7月11~16日および7月18~23日の2週にわたって実施した。参加学生数は、北大5, 東北大3, 東工大1, 東海大5, 名大5, 阪大12, 九大7で計38名であった。

11月からのバウムクーヘン形炉心の実験が始まる前に、固体減速架台を用いたトリウム系中速炉の実験を各大学の協力を得て実施する。

CAの共同利用委員のうち次の三氏が新委員と交替した：[旧]若林宏明(東大)、大田正男(九大)、金子義彦(原研) → [新]平川直弘(東北大)、中島雅(神高)、神田幸則(九大)。

e) 炉物理研究特別専門委員会 (弘田実弥氏)

NEACRP第21回会合が'78年5月29日~6月2日に日本で開催されることになった。(詳細は学会誌本年9月号 p.610-611参照)。

f) その他

○海外の原子力・核融合情報を調査報告する在外研究員(調査員)の枠が新設された。仕事は、各種会合に出席し、研究情報の収集に当ることである。学会で適任者を推薦し、文部省が認める形になる。来年は若林氏を推薦することになっている。今後も各年度4名の枠があるので、自薦、他薦を問わず申し出られたい。(柴田俊一氏)

○KUCA大学院実験の実施方法につき担当教官の間で反省を行なった。特に、現行の実験は学生にとってoverload気味なので内容の精査が望ましいという点、および、臨界系に触れたという実感を与えるためのoperationの機会を与えるのがよいという点が指摘されている。(仁科浩二郎氏)

○Specialist Meeting On Reactor Noise第2回会合(SMORN-2)に出席した。炉雑音の診断技術は実用段階に入ってきており、BWR, FBR等にも適用できる見通しがある。日本からの参加者は8名、論文発表は9件であった。なお第3回会合は日本で開催するよう要請が来ている。(斎藤慶一氏)

3. 幹事校交替

1976年秋より1年間九州大学が幹事校をとめてきたが、会報No.24の発行後、北海道大学へ任務を引きつぐことになった。なお、これで当番が各大学・研究機関を一巡したことになるので、その後のあり方について今後検討・協議の要がある。

新入会員

氏名	所 属
秦 和夫	京都大 工学部原子核工学教室
坂田 薫	東京大 大学院修士1年
板垣 正文	日本原子力船開発事業団

52年度よりの退会者

氏名	所 属
茶谷 浩	京都大 原子炉実験所
宮崎 慶次	大阪大 原子力工学科
楠城 カ	高松工高専
鶴田 晴通	原研 JPDR
福田 達	動燃 大洗
岩本 靖	大阪通産局
今井 博	日立製作所

古橋 晃氏(元東大,現動燃)より本連絡会に金50万円の寄附がありました。記してお礼申し上げます。

編集後記

会報No.24をお届けします。炉中核子工学研究専門委員会からは、今回はヨーロッパ関係の報告をいただきました。国内の各機関で行なわれているヨーロッパを用いた研究の現状の一端がうかがえます。川合敏雄氏(日立)には最適制御についての興味深い解説をお寄せいただきました。最大原理など自分とは縁遠いものと敬して遠ざけていたおきにも、これはもうひとつの入口を提供することになるでしょう。同じ炉物理研究者の集まりとは言っても、内部で研究・関心分野の細分化が進んでいる現状では、こうした他分野への道案内となるような記事が、本誌のような会報にはもっとあってもよいのではないのでしょうか。炉雑音専門家会議SMORN-2にご出席になった斎藤慶一氏(北大)にはその様子の報告をお願いしました。この種の情報も本会誌にふさわしいものと思いますが、如何せん、編集担当者だけでは国際会議出席者の全容を把握することはとうていできませんので、この面でも会員の方々のご協力をお願いしたいものです。

古橋晃氏には、本会報No.17(1974), 21(1976)にひきつづいて「弥生」における医療用照射についての貴重な研究報告第3報をいただきました。なお同氏より本連絡会に寄進い

ただいま寄附金の用途につきましては次期幹事校を中心に検討が進められるものと思われ
ますが、ご寄進の意図を汲みとって本会の活動の活性化に役立てたいものです。

この会報発行を最後に、幹事校の任務は九州大学より北海道大学へバトンタッチされる
こととなります。新しい体制のもとで本会がいっそう発展することを願ってやみません。

(九大・大澤孝明)

「炉物理連絡会」会員名簿 (◎は幹事)

(1977年12月10日現在)

(北大・工)	永瀬慎一郎	柴田 俊一	菊池 康之	(原子力委員会)
秋本 正	中土井昭三	代谷 誠治	五藤 博	吹田 徳雄
井上 和彦	森 洋介	中込 良広	後藤 頼男	(原子力局)
大友 詔雄	(都立大・理)	林 脩平	小林 岩夫	天野 文雄
小川 雄一	久世 寛信	林 正俊	近藤 育朗	(原船団)
小沢 保知	(武蔵工大)	藤田 薫頭	杉 暉夫	板垣 正文
斎藤 慶一	相沢 乙彦	山田 修作	関 泰	(船舶技研)
成田 正邦	(早大・理工)	米田 憲司	田次 邑吉	伊従 功
松本 高明	並木美喜雄	(阪大・工)	中川 正幸	布施 卓嘉
(東北大)	(名大・工)	岸田 邦治	中田 宏勝	(電総研)
木村 一治	加藤 敏郎	◎住田 健二	中野 正文	工藤 勝久
梶山 一典	玉河 元	関谷 全	中原 康明	清水 定明
◎平川 直弘	◎仁科浩二郎	◎高橋 亮人	能沢 正雄	(防衛庁)
本多 毅	山根 義宏	錦織 毅夫	平岡 徹	佐久間雄平
百田 光雄	(京大・工)	山岸留次郎	弘田 実弥	(原 電)
(東大・工)	大谷 暢夫	(大阪市立大)	古田 悠	武田 充司
秋山 雅胤	小林 啓祐	鷓飼 正二	前川 洋	立花 昭
安 成弘	秦 和夫	(近大・工)	松浦祥次郎	西川 元之
清瀬 量平	西原 英晃	堀部 治	宮坂 駿一	(電源開発)
近藤 駿介	西原 宏	三木 良太	向山 武彦	大塚益比古
坂田 薫	兵藤 知典	水本 良彦	安野 武彦	平田 昭
関口 晃	堀江淳之助	(神戸商船大)	(動燃事業団)	(電力中研)
中沢 正治	森島 信弘	中島 雅	飯島 一敬	恩地 健雄
都甲 泰正	(京大・原研)	(九大・工)	大塚 剛宏	(東 電)
◎若林 宏明	星野 力	大沢 孝明	大山 彰	北野 昭彦
(東工大)	若林 二郎	◎大田 正男	三田 敏男	(中 電)
井頭 政之	(京大炉)	片瀬 彬	瑞慶覧 篤	金井 英次
北沢日出男	宇津呂雄彦	工藤 和彦	野本 昭二	(NAIG)
関本 博	海老沢 徹	(原 研)	古橋 晃	青木 克忠
武田 栄一	神田 啓治	朝岡 卓見	宮脇 良夫	飯島 俊吾
山室 信弘	木村 逸郎	石川 寛	村松 精	植田 精
(東海大・工)	小林 捷平	伊勢 武治	望月 恵一	亀井 孝信
石田 正次	小林 圭二	葛西 峯夫	湯本 録三	黒沢 文夫
◎阪元 重康	古林 徹	桂木 学	吉川 栄和	小松 一郎
砂子 克彦	佐藤 孝司	金子 義彦		角山 茂章

野村 孜	(MAPI)	田中 良佑	(住友重機)	(日立造船)
水田 宏	片岡 巖	(木村化工機)	三井 靱	小林 徹二
門田 一雄	小林 隆俊	豊田 道則	(CRC)	山田 毅
(日立)	近藤 達夫	(京大炉研G)	角谷 浩享	(富士電機)
大西 忠博	中村 邦彦	石黒九州男	(東芝)	中村 久
金沢 信博	渡海 親衛	(呉羽化学)	深井 佑造	(三井造船)
駒田 正興	(朝日船舶工業)	松井 一秋	(東洋エンジ)	八谷 雅典
小林 節雄	多田 茂夫	(原燃工)	木邨 祐二	(三菱電機)
斉藤 正之	(石川島播磨)	川本 忠男	(日揮)	路次 安憲
武田 征一	倉重 哲雄	古田 敏郎	上野 茂樹	
松岡 謙一	(川崎重工)	(住友原子力)	(JNF)	
三木 一克	田中 義久	松延 広幸	清水 康一	

(計 180 名)

炉物理連絡会の概要

(1968年4月)

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、年間約6回連絡会報として、『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メ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。

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、連絡会費を前金で納付する。なお、前金切れと同時に失格する。