

## イフタ教授の講演メモ

更田 豊治郎(日本原子力研究所)

イスラエルの Soreq Nuclear Research Centre の director で Israel Institute of Technology の教授でもある Prof. Dr. Shimon Yiftah が 11 月 13 日および 14 日の両日原研東海研<sup>海</sup>に来訪し、14 日の午前に“Nuclear Data and Reactor Physics” の題目で約 2 時間の講演があつた。このイフタ氏の講演のメモを筆者がとつているのを、このニュースの編集を担当している中嶋氏がたまたまみつけ、紹介記事を書けとのことであつた。はじめからそのつもりでメモをとつたわけでもなく、気まぐれも含められているので、そのようなメモから特に専門外のことについてどれだけ正確に講演内容を伝え得るかは疑問である。別に資料も手許になく数値を確認するようにはなないので、以下の記事のうち数値などの正確度についてはあまり責任が持てないことにしておきたい。もつともイフタ氏の講演そのものは大変明解で、炉物理を専門としない筆者などにもかえつてより興味深いものがあつたように思われた。

氏の講演は 2 つの部分にわかれ、第 1 部はイスラエルの原子力開発の現状についてであり、第 2 部が原子炉物理に関するものであつた。

### イスラエルの原子力開発の現状

イスラエルには原子力に関して 2 つのセンターがあり、その 1 つは SOREQ で AMF 型のスイミング・プール炉がある。これは 1960 年より運転しており、現在 5 MW であるが将来 10~12 MW に出力をあげる計画である。もう 1 つのセンターは NEGEV で 26 MW の天然ウラン-重水炉がある。どこの国でも原子力開発には次の 3 つの主要な段階が考えられる。即ち、1) raw material stage (原子炉材料の調査検討段階)、2) research reactor stage (研究炉を設置してそれを用いて研究を行なう段階)、および 3) technological application stage (応用開発段階) が考えられるが、イスラエルはこの第 3 段階に入りつつあるところである。

現在 dual-purpose reactor の計画が米国との協力 (US-Israel Joint Program) のもとに進められている。イスラエル側 3 名、米国側 3 名よりなる joint board によつて米国の 2 社を対象に  $\$400 \times 10^3$  の予算で feasibility analysis が行なわれた。この炉は海水の脱塩 (desalination あるいは desalinization = desalting) と発電の 2 つを目的とするもので、その規模は当初の計画では熱出力約 1400 MW、電気出力 300 MW、海水の脱塩能力 100 mgd (mgd = million gallon/day) 即ち 1 日約 40 万トンの水といつたもので、費用は  $\$200 \sim 250 \times 10^6$  とのことである。

この計画は水不足の切実なテキサス出身のジョンソン前米国大統領の在任中の支持によつて進められ、米国が $40 \times 10^6$  の grant および  $18 \sim 20 \times 10^6$  の loan をイスラエルに与える案件にニクソン大統領のサインが近くもらえるか否かのところにかけている。しかし、この補助金と借金が実現しても、これは水の方のみに使えとの条件つきであり、また水のみとしても前記の 100 mgd には不足であつて 40 ~ 50 mgd の脱塩ができる程度の金額である。発電などの費用はイスラエル自身が捻出せねばならないわけであり、現在の計画では 300 MWe および 40 ~ 50 mgd 程度のもを考へている。

この計画に採用する炉型については、これまで米国型について調べてきたが、英国の AGR はもつと規模の大きいものに向いてるようであり、SGHW は濃縮ウラン—重水型でまだ原型炉が 1 基あるだけといつた事情である。外国で実際経験が殆んどないような型の炉に手をつける考へはなく、また燃料が濃縮で且つ重水というものは好ましくないと考へている。即ち、濃縮燃料なら軽水、天然ウランなら重水でも可といつた考へのようなのである。いづれにしても炉型は未だ決定してないとのことであつた。

[註] 講演内容そのものからは離れるけれども、たまたま見かけた論文に上記のイスラエルの dual-purpose reactor 計画の背後事情、Kaiser 社による feasibility study、ORNL による調査などが扱われていたので参考までに付記しておく： M. Clawson H. H. Landsberg, L. T. Alexander, "Desalted Seawater for Agriculture: Is It Economic?", Science, 154 (1969) 1141 - 1148.

## 原子炉物理

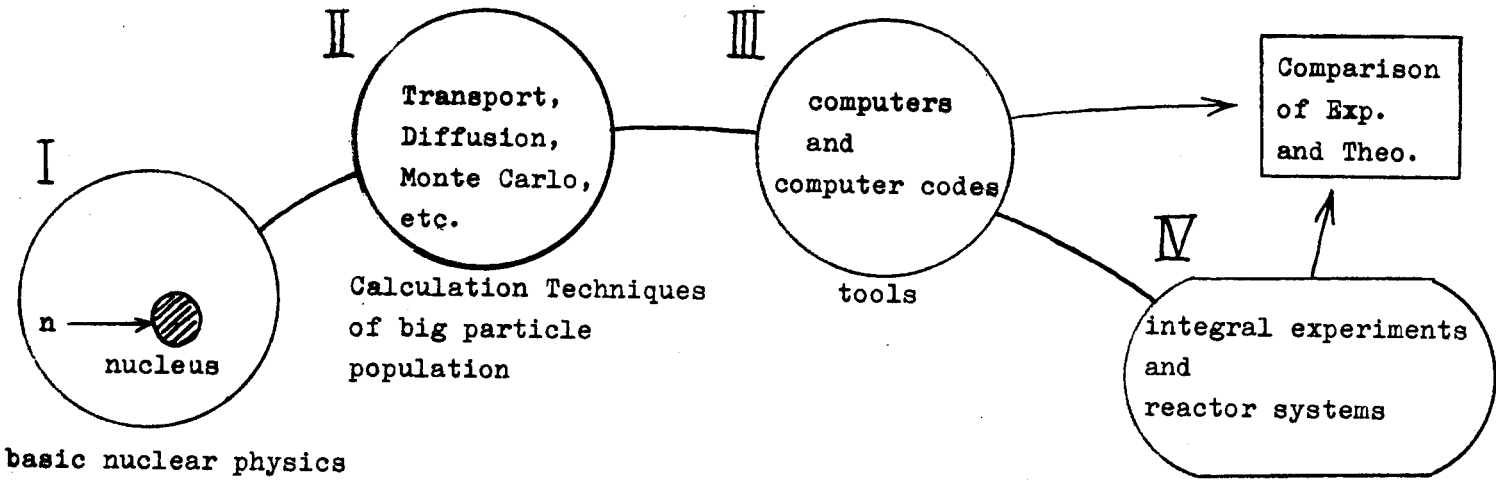
炉物理には、基本的な相互作用を扱う核物理と輸送理論など極端に多くの粒子系の統計的取扱ひとの 2 つの教課が含まれており、図のように 4 本の柱から成り立っている。今日の炉物理には次の 4 つの主な傾向がある。

### 1) 高速炉体系への重点の増加

熱中性子炉は現在既に 800 以上もあり研究の対象は殆んどが工学的問題に関するものになつていふ言つてもよい。物理屋は一般に未来のものに興味を示す傾向にあるので、炉物理でも興味的主力が高速炉に移つているのは自然の成行きである。

### 2) 核データのより詳細な評価および機動化 (mechanization)。

ある量についてデータが 1 つしかなければ、良し悪しにかかわらずそれを使うほかはないから迷うこともないが、この意味から多くのデータがある程かえつて使いにくいという問題が起る。そこで、a) 多くのデータの間の不一致を検討して 1 つの値に決めること、b) 原子核の光学模



Four Pillars of Reactor Physics

型、統計模型などの理論の助けをかりてデータの空白（測定値のないエネルギー範囲など）を埋めること、c) データを磁気テープに収めて計算に使いやすいようにするなどのデータのmechanizationを行なうこと、などに力を入れる必要がある。

核データに関してはBrookhaven, Obninsk, Saclay, Vienna に国際的センターがあるが、評価済みデータ (evaluated data) の交換ということはまだうまく行なわれていないようである。evaluated nuclear data file の代表的なものには、ENDF/B (米国)、U.K. File (英国)、KEDAK (Karlsruhe) があるが、まだ誰も異なるファイルのデータを系統的に比較するといった仕事はやつていないように思われる。そこでイスラエルではカールスルーエと契約を結んで上記3つのファイルの比較解析を行なっている。この比較解析の内容は、(i)各ファイルのデータそのものを比較すること、および、(ii)各ファイルからそれぞれ多群定数セットを同じ方法同じ計算コードで作成し、それぞれのセットを用いて同じ問題を計算してその結果を比較し、相異点があればその理由をデータ・ファイルにもどつて検討することである。3ヶ月程まえに英国の会議で同じ問題を各国で計算させようということに決つたが、この場合共通であるのは問題だけであるので、異なる国々で行なわれた計算の結果から何が言えるか、その効果はいささか疑問である。

### 3) 原子炉体系の動特性のより詳細な研究

この問題には計算技術の反響が大きい。multigroup, multidimensional, 且つ multizone と計算はふくれあがつても、 $t=0$  の静特性であるうちはまだよいが、時間が入つてくると複雑さが急に増大する。原子炉の点模型の場合 ( $t(0 \leftarrow \text{空間}, 1 \leftarrow \text{時間})$ ) と表わすことにする) が最も簡単な場合であるが、 $t(1, 1)$  となつただけでも大変複雑であつて、この場合に多群の計算を行なうとなると今日の最高のコンピュータでも多くの時間がかかるような問題である。これがさらに空間の次元が増えて、 $t(2, 1)$ ,  $t(3, 1)$  となる場合を考えると、計算技術、計算コード、コンピュータのいずれについても抜本的な開発が必要である。この関連において次の傾向を重要なものとして挙げる必要がある。

### 4) より巧妙な (sophisticated) 計算法および計算道具 (tools) の開発

代表的なこととして hybrid computer の利用が挙げられる。hybrid computer はミサイルや宇宙開発で既にその有用性を発揮している。氏のところの学生がサクレーで EAI-8900 というハイブリッド・コンピュータを使つており、その経験では計算時間を約  $1/10$  に短縮できた例がある。この計算機を炉の計算に使つたのは彼等が恐らく初めてであろうとのことである。ハイブリッド・コンピュータを高速炉にオン・ラインに用いるといったことも考えられている。

このほか、 $^{240, 241, 242, \dots} \text{Pu}$  の評価、ABACUS と NEARREX を1つのコードに結合する

こと, multilevel formalism で且つ多くのオプションを持つコードCOMBCOの作成(目下テスト中), 統計モデルによる核温度の計算,  $^{238}\text{U}$ について測定データがある領域を計算して実験値と同じ値が出るようにしてから同じ計算方法で $^{240}\text{U}$ の測定値のない所を計算してデータ・ギャップをうめる, などといったことが行なわれている。

イフタ氏は“You must not adjust the evaluated data by integral experiments.”といったふうに言い, ある特定の炉についてのintegral experiments にあうようにevaluated dataを調整しても, そりやつて調整したデータが, 同じ炉型でも出力が大巾に異なる炉や異なる炉型に対して妥当なevaluated dataであるという保証は全くないと言つてよいことを強調していた。筆者はこの点大いに共感をもつたが, 講演直後の討論からみても人によつてニュアンスの違いがあり論議のある問題と思われる。従つてあまり簡単に表現することは安全でないが, かと言つてこれ以上この問題を書いては講演の紹介から逸脱しそである。