

# 理研ニュース

理化学研究所

## 新しい中性子カメラの開発

中性子ラジオグラフィーは、中性子を使って物体の内部を透かしてみる技術です。中性子ラジオグラフィーには中性子発生装置と中性子カメラが必要ですが、今回は中性子カメラにスポットを当て、熱中性子を個別に検出できる高感度中性子カメラを開発した経緯を紹介します。

### はじめに

X線カメラによる手荷物の検査は空港などで日常よく経験しますが、鞆の中のウォークマンや電卓がテレビに映し出されるのを見ると改めてX線カメラの威力に驚かされます。X線カメラはX線の透過作用と写真作用を利用した装置で、医療や工業の分野で検査対象を壊すことなく内部を調べる場合に不可欠な装置です。

さて、非破壊検査に用いることのできる今一つの放射線に「熱中性子」があります。X線の吸収は物質中の電子によって引き起こされるため、X線は水素や酸素などの軽い物質は透過し易い半面、鉛やウランなどの重い物質は透過し難い性質を持ちます。一方、中性子の吸収は物質中の原子核によって引き起こされるため、透過に関してX線とは反対の性質をもちます。このためX線を用いた撮影では金属部分の強調された映像が、また熱中

性子を用いた撮影ではプラスチックあるいは水など水素を含む部分の強調された映像が得られます。同一の検査対象をX線と熱中性子とで非破壊検査を行えば、より多くの情報が得られます。

現在、中性子透過像を撮影するには原子炉からの熱中性子が広く利用されています。従って検査対象物を原子炉施設まで運ぶ必要がありますが、中には運べない対象物もあり現場で検査を行いたいという要望があります。こうした状況に鑑み、可搬型の熱中性子発生装置の開発が進められていますが、残念なことに熱中性子の強度は原子炉施設に比較して1/10~1/100になる見込みです。このため低い熱中性子強度でも透過像撮影が可能な中性子カメラが必要となりますが、原子炉を想定した既存の中性子カメラでは不十分と考えられています。こうした理由から、「可能ならば熱中性子を一個一個検出することのできる高い感度の中

性子カメラが欲しい』という要求が生まれました。

### 中性子カメラの仕組み

一般に、中性子カメラは蛍光体と高感度カメラとから成り立っています。これまで蛍光体としては ${}^6\text{LiF}$ と $\text{ZnS}(\text{Ag})$ の混合物などが用いられてきました。熱中性子を ${}^6\text{Li}$ との原子核反応を用いて $\alpha$ 線に変換し、発生した $\alpha$ 線と $\text{ZnS}(\text{Ag})$ とを衝突させて蛍光を起し高感度カメラで検出するというのが原理です。 $\text{ZnS}(\text{Ag})$ の蛍光に係わる励起状態を生成するためのエネルギーを約 $20\text{eV}$ と仮定すると、 $\alpha$ 線は約 $4\text{MeV}$ のエネルギーを持つので、約20万個の励起状態ができます。励起状態の全てが発光する訳ではなく、実効的には1割程度と言われてしますので、およそ2万個の光子が発生する勘定になります。この光子数では、高感度カメラまでの距離や検出効率を考えると、中性子を個々に検出するには不十分です。

さて、今回我々が開発した中性子カメラも蛍光体と高感度カメラとから成り立っているという点では既存の中性子カメラと同じです(図1)。しかし蛍光体は、従来のように固体ではなく、2枚の電極にはさまれたアルゴン(88%) + メタン(10%) + トリエチルアミン(2%)から構成される特殊な混合気体です。熱中性子は陰極の背面に塗ってある ${}^{10}\text{B}$ 粉末と原子核反応を起し $\alpha$ 線に変換され、 ${}^{10}\text{B}$ 粉末から飛び出し混合気体を電離します。二

次電子1個を生成するためのエネルギーを $20\text{eV}$ と仮定すると、飛び出てきた $\alpha$ 線は2万個の二次電子を生成すると推定されます。ところで、陽極は $5\text{kV}$ という高電圧に保たれており、電界は $8\text{kV}/\text{cm}$ に達します。2万個の二次電子はこの電界によって放電を起し、約千倍の200万個もの電子群に増殖されます。放電とはいっても、メタンおよびトリエチルアミンが存在するために、この程度の電界では時間的には百万分の1秒程度で終息し、空間的には $500\mu\text{m}$ 以下の広がりしかもたない微弱的な放電です。これまでの研究から、放電を起したガス中には二次電子とほぼ同数のトリエチルアミン励起状態の生成されることが分かっています。さらに、トリエチルアミン励起状態はほぼ100%の確率で光子を放出することも知られています。従って、今回我々が開発した中性子カメラでは、1個の熱中性子は約2000万個の光子に変換されます。従来の中性子カメラでは約2万個ですから、約3桁明るくなっています。この程度光子数があれば高感度カメラを用いて熱中性子を個々に検出することは十分に可能になります。

### 実際の性能試験

この高感度中性子カメラの性能を実証するために、我々は $100\text{個}/\text{秒}/\text{cm}^2$ 以下という非常に弱い熱中性子束による照射実験を行いました。この非常に弱い熱中性子束はポリエチレン製の容器に収め

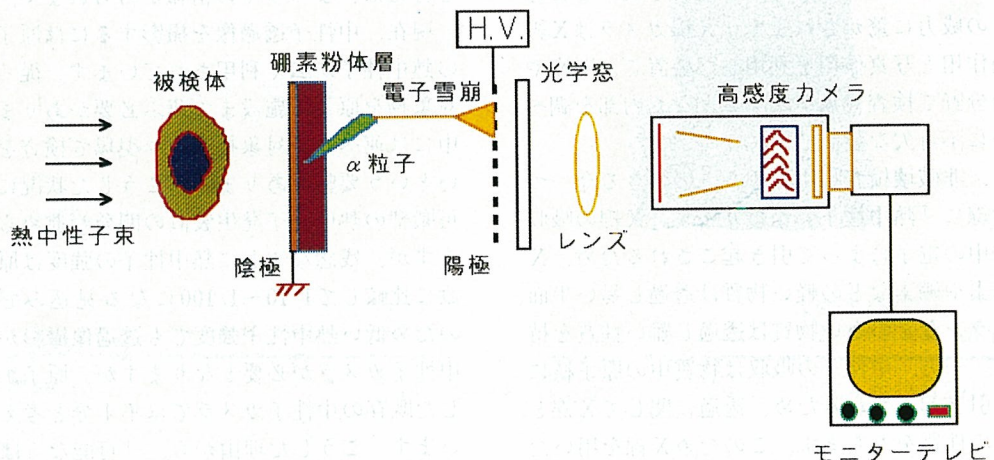


図1 新しい中性子カメラの構造図

られた $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ 中性子線源を用いて作り出しました。この実験では陰極の背面に $^{10}\text{B}$ 粉末で「R」の文字を描きました(図2)。文字の描かれている部分でのみ熱中性子が $\alpha$ 線に変換されるため、検



図2 陰極の背面に $^{10}\text{B}$ 粉末で描いた「R」の文字。この文字は一辺が59mmの正方形の中に収まる大きさです。

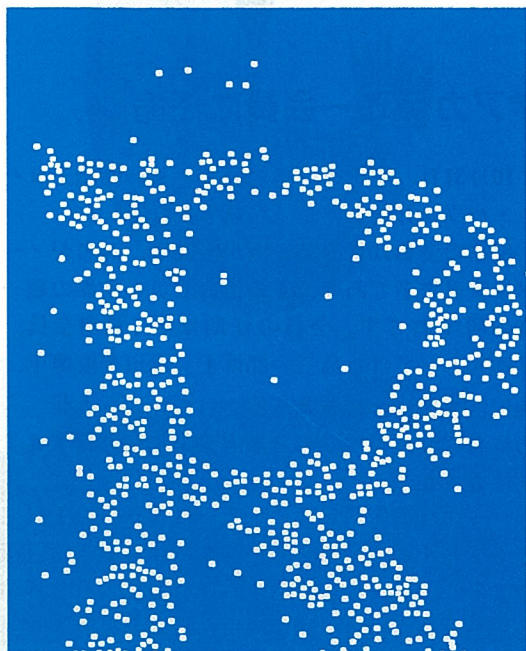


図3 単一中性子による輝点で再現された「R」の文字。

出器が設計通り単一中性子に感度を持つならば、仮に熱中性子の強度が弱くても測定時間を長くすることで「R」の文字が画像として再現されるはずだと我々は予測しました。実際に照射を始めると、数秒に1回程度の割合で中性子によると思われる輝点がモニターテレビ上に現れました。約30分間で800点近い輝点が観測されました。その分布を調べてみると、予想通り「R」の文字が浮かび上がりました(図3)。個々の輝点の位置は $500\mu\text{m}$ 位の精度で決定できるので、さらに輝点を多く集めれば中性子画像もそれに近い精度で決定できるものと考えています。

微弱な熱中性子強度での実験を終えた我々は、次にこの新しい中性子カメラを立教大学の原子力研究所に持ち込みました。標準的な熱中性子強度でこの新しい中性子カメラがどのように動作するか調べるためでした。熱中性子を透過させ難いカドミウムできた板を陰極の前面に取り付け、 $10^6$ 個/秒/ $\text{cm}^2$ の熱中性子強度で中性子カメラを動作させました。中性子カメラは予想通り動作し、中性子によるカドミウム板の「影」がモニターテレビ上に映し出されました(図4)。「影」の「ぼやけ」具合からカメラの位置分解能が推定できますが、原子炉と組み合わせた場合、この新しい中性子カメラの位置分解能は $800\mu\text{m}$ 程度であることが分かりました。

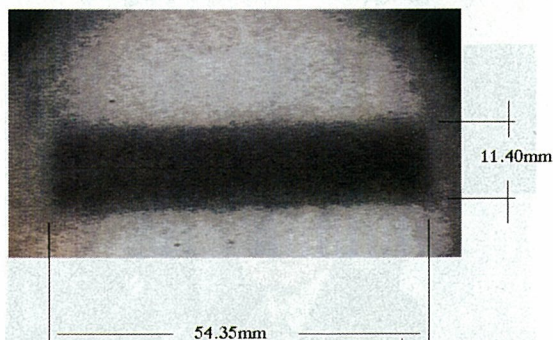


図4 モニターテレビ上に映し出されたカドミウム板の熱中性子による「影」。「影」の「ぼやけ」具合から新しい中性子カメラの位置分解能は $800\mu\text{m}$ 程度であることが分かります。

おわりに

希ガス混合気体中での放電発光現象を利用して熱中性子1個を莫大な数の光子に変換することに成功し、熱中性子を個別に検出できる高感度中性子カメラを開発した経緯について紹介してきました。新聞などには「希ガス比例蛍光中性子カメラ」という名前で発表しました。しかし、試作して新たに分かった問題点もあり、高感度中性子カメラ第1号には改善の余地がまだ多く残っています。今後、さらに進んだ高感度中性子カメラを製作し、また改めて御紹介できればと思います。研究基盤技術部には高感度中性子カメラの製作に御協力いただき、開発調査室には試作器の製作を支援していただきました。立教大学原子力研究所の小林久夫教授には原子炉を用いた中性子照射実験に御協力いただきました。謹んで御礼申し上げます。

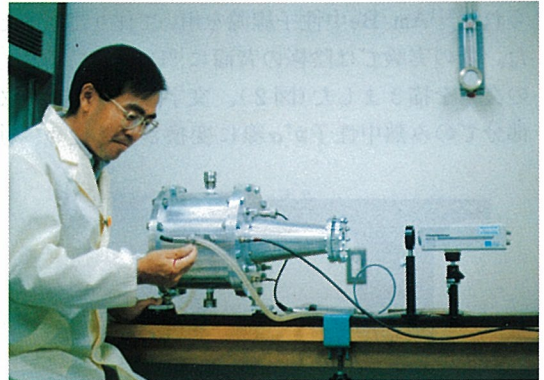
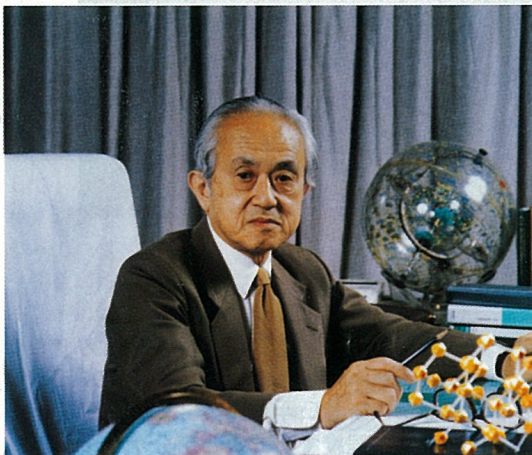


写真 新しい中性子カメラと筆者。

放射線研究室  
基礎科学特別研究員 鈴木昌世

## 小田理事長 ローマ法王庁科学アカデミー会員に任命

小田稔理事長は、このたびローマ法王庁科学アカデミー会員に任命されることが決定し、平成4



年10月31日、バチカンにおいて、ローマ法王ヨハネ・パウロII世より正式に任命されました。

現在の会員は世界35ヵ国から78名、24名がノーベル賞受賞者であり、その他の会員も世界の超一流の科学者です。会員の任期は無く終身会員、日本人としては水島三一郎博士、湯川秀樹博士、梅沢浜夫博士、福井謙一博士について5人目、この任命によって現在の日本人会員は福井博士と2名となります。

ローマ法王庁科学アカデミーはローマ法王が主宰する科学者会議であり、日本における学術会議のような機能を果たしています。そして、その議論と意見は教会自身の議論の方向に非常に大きな影響をもっています。

## ビタミンAの研究に業績をあげた 理研の大先輩 高橋克巳博士(生誕百年)

20世紀初めまで人類を悩ませた脚気、壊血病、くる病などを予防し治療するために多くの研究が行われ、1920年までにこれらの病気を予防するいくつかの有効成分がビタミンと名付けられていましたが、その正体は不明でした。当時の理研もこの研究に取り組み、大正13年には鈴木梅太郎博士がオリザニン（ビタミンB<sub>1</sub>）の研究により、同研究室の高橋克巳博士がビタミンAの研究により学士院賞を受賞するなど、輝かしい研究成果をあげています。

高橋博士の業績は、タラの肝油からビタミンAを高い純度で分離抽出することに成功したもので、世界の学会から高く評価されました。さらに博士

は、ビタミンAの工業的製法を發明、その「理研ビタミン」製剤は多くの人の健康維持に貢献したばかりでなく、その収益が理化学研究所の経済的安定に役立ち、我国の基礎科学の研究発展に寄与したと伝えられています。

高橋博士の出身地・和歌山県には同博士の顕彰会があり、生家の資料の保存、生誕百年（明治25年3月9日）の本年は特別展示会や講演会を開催しています。

また、このたび同博士の長女・高橋ユリ様、次女藤岡多恵様より、研究資金として寄付金の申し出がありました。





Parsvanath Temple (Khajuraho)

## India-Unity in Diversity

SCIENCE BRINGS

by Bonala Radha Rani

For many Indians to write few words about their country is difficult task. I am sure that except for Indians, for every national it is a thrilling job to talk about their country. It is very difficult to say something about the vast nation, a country of very old historical beauty, a country whose civilization has its roots deep in 5000 years of history.

Let me take this opportunity to introduce briefly the culture and traditions of India. India, as a matter of fact, is a complete heterogeneous society. It is impossible to generalize the so-called Indianess in anyway of human life. It may be easy to understand India, if you imagine the whole Europe continent as one country and compare with India (leave the economic conditions aside). When you travel from extreme north to south or from east to west, you feel as if you crossed as many as ten countries. There is no better way to see India and its people. You can spend a lifetime traveling in our trains, and still there will be parts of India that you will have missed and will want to see; or places that you will want to revisit. In India, your traveling days are never over. In this short note I will try to explain how heterogeneous the Indian society is.

If I start with language, on every Indian currency (Rupee) note you can find 14 languages. But do not understand that India has got only 14 languages. If you spend several years working on languages you can find more than thousand languages. It is not exaggeration. Of course most of them do not have so called commercial values and some do not have even script. But many of them have got great literary values. India is proud of giving birth to Rabindranath Tagore, who won the Noble Prize in literature for his book "Gitanjali" in Bengali language. The official national language is Hindi, but the medium of instruction in most part of the country is English. Being an Indian, I am proud to say



## US TOGETHER

that three Indian languages (Hindi, Urdu, Bengali) are in the list of fifteen major languages of the world.

Regarding religion, though majority of the people are Hindus, India is proud of having all major religions of the world. It is not completely correct to say that India is full of Temples. Very historic churches, mosques and gurudwaras (holy place for Sikhs) are there in India. In general, traditional dress is sari, usually six yards of unstitched material worn by women. But the way of wearing the saree is different from one state to another. It is not just the profusion of the sari which will strike the visitor. It is multifacious ways in which it is draped. pleated, folded, tucked and tied, as also the fact that it is worn today very much as it was five thousand years ago. Many people think that India is a hot country. It is completely incorrect. In the far north, the Himalayan mountains, snow covered sentinels, separate India from the rest of Asia. So the northern states are chilly and experience heavy snow fall during winter. From north to south the climate gradually changes from cold to hot. The variation in the climate naturally reflects in the colour of the people. So one can see all coloured people only in India.

Regarding the food, most of the Indians get confused when they face these questions. Food habits are different from



Crafts Mela (Surajkund)

one state to another. Curry is a common item among majority of the states. People in southern states eat rice with very spicy curries and northern people eat wheat (do you know chapathi?) and their curries are not so spicy. If you walk in any big city of India you may notice restaurants named as South Indian, Gujarathi, Punjabi, Bengali, North Indian and so on. It is as similar as you find Italian, French, American and Chinese restaurants in Tokyo. Indians too have to take care of their favourite food when they travel around India.

About the living standards, here too one can see all kinds of living standards. Very rich and very poor live together side by side. Both are happy in their own way. India is paradise for rich people and graceful mother for the poorest of the poor. Concludingly, if anyone wants to learn about different people of all corners of the world, the better, easy and cheapest way is to visit India. These words are not mine. One European who stayed in India for long time commented like that. Is it true? Visit India.



Golden Temple (Amritsar)

インド人の多くにとって、自分の国——広大な国、古い歴史の美、5000年前にまで溯る文明を持つ国——について短い文章で書くことは、かなり難しいことです。

インドは、実際、全く混合文化の社会です。インド人の生活についていずれを取ってみても、いわゆるインド人的なものとして一般化することはできません。ヨーロッパ大陸全体の一つの国として想像し、これをインドと比べるならば、インドを理解しやすいかも知れません。インドの北の端から南の端へ、または東の端から西の端へ旅行したとすると、10ヵ国位は通過したように感じられるでしょう。インドやその人々を知るのに、うまくいく方法はありません。列車に乗って一生を通じて旅行したとしても、行けなかった所、見に行きたい所、もう一度行きたくする所が幾つも残る筈です。インドでは、旅行日程をいくら組んでも、多すぎるということはありません。

言語についての話から始めます。インドの通貨であるルピー札には14の言語が印刷されています。しかし、インドに14しか言語がないということではありません。何年か調べてみれば、1000以上の言語があることが分かる筈です。もちろん、これらの多くは経済生活上使用されるような重要性はなく、いくつかの言語には文字もありません。しかし、これらの言語の多くには、高い文学的価値があります。インドは、ラビンドラナト・タゴールを生み出したことを誇りに思っています。彼は、ベンガル語で書かれた「ジタンジャリ」という本でノーベル文学賞を受賞しています。インドの公式の国語はヒンディ語です。しかし、国の大半で教育の手段として使用されているのは英語です。インド人として、インドの3言語（ヒンディ、ウルドゥ、ベンガル）が世界主要15言語の中に入っていることを誇りに思っています。

宗数については、国民の大半はヒンズー教徒ですが、インドには世界の主要宗教のすべてがあります。インドがお寺であふれている、というのは必ずしも正確でなく、歴史の古い教会、モスク、グルデュワラス（シーク教徒にとって聖なる場所）があります。

一般的に言って、伝統的な衣装はサリーです。これ

## SCIENCE BRINGS US TOGETHER

### 多様性のインド (要訳)

は、通常6メートルの長さの継目のない布地で女性が織ったものです。しかし、サリーの着方は州によって違います。訪れる人にとって驚きなのは、サリーが多量に見られることだけではありません。サリー地を、かける、折り込む、折る、タックする、結ぶなどの多様な着方であり、5000年前と同じ位たくさん現在でも織られているということです。

インドは暑い国だと、多くの人が思っています。これは全く間違っています。インドの北の方は、ヒマラヤの山々が雪に覆われた番人として、インドを他のアジア地域から分離しています。つまり、北部諸州は寒く冬には大雪も降ります。北から南にかけて、気候はだんだんに寒冷から温暖に変わっていきます。この気候の変化が当然人々の肌の色にも表われています。ですから、人によっては、インドは有色人種しかないと思ってしまうのです。

食べ物についても、インド人の多くは質問を受けて戸惑ってしまいます。食べ物の習慣は州によって異なります。カレーは、多くの州で共通の食べ物です。南部の州の人々は、香料のきいたカレーと米を食べ、北部の人々は小麦（チャパティ）とそれほど辛いカレーを食べます。インドの大きな都市に行けば、レストランには南部インド、バンガリ、北部インドなどと名前がついていることが分かるでしょう。これは、東京にイタリア、フランス、中華のレストランがあるのと似たようなものです。

生活水準についても、あらゆる種類の水準があります。非常に豊かな人と非常に貧しい人がすぐ隣りあって居住しています。それぞれが、自分達の生活で幸せに暮らしています。インドは裕福な人にとっては天国であり、最低の貧乏人にとっても慈悲深い母なのです。結論的に言うと、世界の各地の異なった人々について学びたいと思ったら、インドに行くのが一番簡単で、安くて、適当な方法です。これは、私が言っていることではなく、インドに長く住んでいたヨーロッパ人がそのようなことを言っているのです。本当？と疑うなら、インドに行ってお覧なさい。

(抗生物質研究室にて抗生物質の合成研究に従事)



## 初の試み

## 「委託研究生との懇親会」を開催

—— 企業の期待の大きさを再認識 ——

10月28日(木)、理研と民間企業との研究協力の輪を一層広げることを目的として、委託研究生、その派遣元企業の関係者および理研の研究者を中心とした懇親会が和光の研究所において開催されました。

理研要覧、映画等による理研紹介に引き続き、

懇親会が行われましたが、初の試みであるにもかかわらず、予期以上の約150名(内、企業関係者81名)の参加を得、和やかな雰囲気の中に終了しましたが企業の理研に対する期待の大きさを改めて感じさせられました。



## 科学技術庁長官賞の表彰

科学技術庁長官賞・放射線安全管理功労者として、ライフサイエンス推進部薄葉調査役(兼筑波安全管理室長)が表彰されました。

薄葉調査役は、和光本所において安全管理室の発足以前から、またライフサイエンス筑波研究センターにおいては、建設当初から放射線安全管理面での尽力をされており、和光本所のリニアック棟・微生物系統保存棟、ライフサイエンス筑波研究センターの組換えDNA実験棟など放射線管理区域を有する建物の建設をはじめ、理化学研究所の放射線安全教育訓練、並びに日本アイントープ協会での講師としての放射線安全管理の啓蒙が評価されたものと考えられます。(表彰式は、11月

8日ーレントゲン博士がX線を発見された日ーに虎ノ門パストラルで行われました。)





## 理研の王さま

「理研の王さま」と言えば当然、むかし「星の王子さま」と呼ばれていた方ということになるだろうが、我が室には「三人の王さま」がいる。二人の王さまと一匹の王さま（もっと正確には一匹の王さまのぬけがら）といった方が正しい。一人は上海冶金研究所の王科峰氏であり、いま計算科学（特に光線追跡法とその応用）の研究に熱中している。もう一人は昆明市・雲南工學院の王駿教授である。中国では「王」という姓が多く、2階にさらに一人「女王さま」（生物物理研・王瑾嘩女史）がおられる。小生の知る限りでは理研全体で6名にのぼる。

さて、後者の「王さまのぬけがら」は昨年6月29日、微生物棟へと登る外国人宿舎と池の間の道路で見つけられたもので、完全なばかりでなく長さが195cm余りあり、「理研の蛇王のぬけがら」と呼ぶにふさわしいものである。「たかが蛇のぬけがらではないか？」との意見もあろうが、小生には特別な思いがあり室に神棚よろしく飾ってある。何が偉大かといえば、かつて電磁気学の大先生（前理研の王さま）をして宇宙科学者の「夢を一杯に詰め込んだ大風呂敷にはとてもかなわない」といわしめた「その大風呂敷」に優るとも劣らない。まわっていた蛇王と同程度の空間を除く全宇宙空間を飲み込んでおり、象を飲み込んだうばみと比べても全くひけをとることはない。

このぬけがらの主すなわち「理研の蛇王」について思い巡らすことは、子供の頃に味わったあの「ぞくぞく、わくわくとした好奇心」を目覚めさせるに十分なものであった。いつかその「王さま」に巡り会いたいものとあちらの草叢、こちらの草叢と探しまわった。1メートル程度のものには何度か出くわしたが、残念ながら蛇王とおぼしきものにはお目にかかれなかった。やがて秋になり、冬になって蛇王も冬眠に入ったころには、池の辺りの石垣の中で無事冬眠しているかどうかと、また、春になってからは無事に冬眠から覚めたかどうかと、気遣いつつジョギングしたものである。そして、そのころに、冬眠から覚め、外環道路の建設工事、それに関わる理研内の移転建設工事等で周囲環境が著しく変わってしまったのにびっくり仰天している我が蛇王さまの夢を見た。

さて、さて、「その蛇王さまが出現した」との話聞いたのは7月初旬のことであった。6月初め、冬眠の場所からかなり離れた西門近くで、数人の目撃者が「車が来たら危ない

！」と心配しつつ眺めている中、アスファルト道路をせせわと守衛所の方から這ってきて旧技術部角の銀杏によじ登ったとのことであった。そして、幸運にも目撃者の一人（地球科学研究室の米田晃氏）が蛇王の姿を写真に納めていた。その写真より長さは2メートル余りと推測される。という訳で、写真でお目にかかれ「ホッ」としたのだが、やはり直接にお目通りしてみたいとの思いが強く、蛇王が潜んでいそうな草叢をあちら、こちらと思いを馳せながらジョギングしている。近年、理研内の変化が激しく、建設工事やら一直線にCOE (Center of Excellence) を目指すとやらで蛇行しながら進むいびつものにはとても住み難い状態となりつつある。しかし、この蛇王には何とか生き延びてほしいと願っている。

ともあれ、宇宙全体をも飲み込んだ「理研の蛇王のぬけがら」と蛇王自身のものとおぼしき写真は1993年3月末日まで研究本棟2階235号室内の壁に展示しておく予定である。理研においての節には是非ご覧戴きたい。



情報科学研究室  
副主任研究員 出澤 正徳

理研ニュース

No. 136, NOVEMBER

発行日・平成4年11月20日

編集発行・理化学研究所 開発調査室

〒351-01 埼玉県和光市広沢2番1号

電話 (048) 462-1111(代表)