

RIKEN ニュース

理化学研究所



期待たかまる大型放射光施設—SPring-8

世界最大の放射光施設の建設が、本格的に始まった。理研と日本原子力研究所がそれぞれの特色を活かしながら、共同して整備を進めているこの施設には、SPring-8(スプリングエイト)の愛称が与えられている。SPring-8の優れた性能に対する期待は大きく、その名は国際的にも広く知られるようになってきた。

1. かつて高エネルギー物理学の世界において放射光は、厄介者であった。高エネルギーの素粒子実験用に開発された円型の加速器シンクロトロンでは、超高速で加速された電子が円軌道の接線方向に放射する強い電磁波すなわち放射光は、せっかく電子を加速するために注入したエネルギーを浪費するお荷物としか考えられていなかった。1960年代に、この光が利用できるのではないかとやってきた研究者たちがいる。彼らは、高エネルギー加速器の片隅でほそぼそと寄生的にこの光を使い始めた。放射光施設の第1世代である。

“居候”といわれながら研究を続けた第1世代の研究者をとらえた放射光には、従来の人工光源にはない魅力があった。

(1)指向性が著しく良い。—その指向性は、レーザーに匹敵し、それによって輝度が高くなる。

- (2)極めて強い光である。—光の強さは、得られる情報量を格段に増大させる。
- (3)白色光である。—真空紫外からX線領域まで幅広い波長領域をカバーする実用光源は他にない。
- 1970年代に入ると寄生的利用の困難さ・不自由さを克服するため世界各国で、専用放射光施設の建設が進められた。放射光施設の第2世代である。

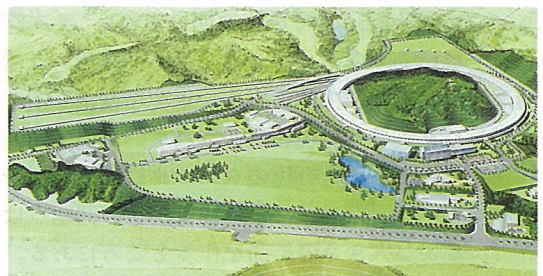


図1. SPring-8完成予想図

筑波の高エネルギー物理学研究所のフォトンファクトリーは、その代表的な施設の1つである。第2世代の活動により放射光科学は、飛躍的な進展を遂げ、物理学のみならず広範な分野の研究者が放射光を利用するようになった。そして、さらに輝度が高く、エネルギーの強い光を得ることのできる、次世代の大型放射光施設への要望が高まった。SPring-8に代表される第3世代放射光施設の登場である。

第3世代の放射光施設は、放射光を発生させる電子ビームのエネルギーが強く、かつ電子ビームの指向性が極めて良く、さらに従来の円軌道放射に加え、加速器の直線部に設置した周期磁場中に電子を蛇行運動させることにより、極めて高い輝度の光を取り出すことのできる挿入光源を主力光源とする、という特徴をもつ。現在、世界でSPring-8(日本)、ESRF(欧州)、APS(米国)と3つの大型放射光施設の建設が進められており、なかでもSPring-8は、世界最高の性能をもつ。

計 画 名 称	ESRF (European Synchrotron Radiation Facility)	APS (Advanced Photon Source)	SPring-8
設 置 者 設 置 場 所	ヨーロッパ連合 フランス国 グレンノーブル	米国エネルギー省 イリノイ州 アルゴンヌ	原研・理研 兵庫県播磨科 学公園都市
電子エネルギー	6.0(GeV)	7.0(GeV)	8.0(GeV)
特性光子エネルギー	19.2(KeV)	19.0(KeV)	28(KeV)
ビームライン	29本以上	34本以上	60本以上
周 長	844m	1,104m	1,436m

図2. 世界の大型放射光施設

2. SPring-8は、多くの未解明の事象に「夢の光」をあてていく。そのひとつに、タンパク質の立体構造解析がある。生体の動きに重要な役割を演じるタンパク質のうち現在解明されているものは800種程で、数万~数十万種のタンパク質が構造解析を待っている。タンパク質の構造解析の問題点は、解析に必要な大きさの結晶を作るところにある。従来の放射光源によるX線結晶解析では、分子量2万程度のタンパク質の場合、0.1~0.3mm長程度

の結晶が要求されていたが、これは、極めて困難な作業であり、奇跡的に解析に十分な大きさの結晶を得たものだけが構造解析の舞台にあがる、というような雰囲気があった。SPring-8では、高輝度の光を利用して、それより2桁小さい0.005mm長程度のタンパク質の結晶構造解析をねらっている。これは、欧米の大型放射光施設に比べても1桁優れている。一般に0.01mm長程度の結晶を作るのは、さほど困難な技術を要しないので、SPring-8では、これまで結晶化されたほとんどすべてのタンパク質の構造解析が可能となる。巨大タンパク質の立体構造の解明は、ノーベル賞に近いといわれる。SPring-8にも期待がかかる。

このような、SPring-8の特徴に加え、構造解明のプロセスの標準化、ソフトウェアの整備等、結晶構造解析プロセスの自動化を図ることにより、将来は「今日お待ちいただいたタンパク結晶は、その日のうちに解析結果をお持ち帰りいただけます」ということが可能になるかも知れない。

3. カメラの露光をあげるとシャッタースピードを速くすることができる。SPring-8では、小さな試料のうえに大量の光を集中できるので、極めて短時間の分割測定が可能となる。例えば、化学反応をつかさどるタンパク質(主に酵素)の動きを見る場合、従来の放射光施設では、msec程度の分割測定が限界であり、反応の中の分子全体の大きな動きしか追うことができなかった。SPring-8では、

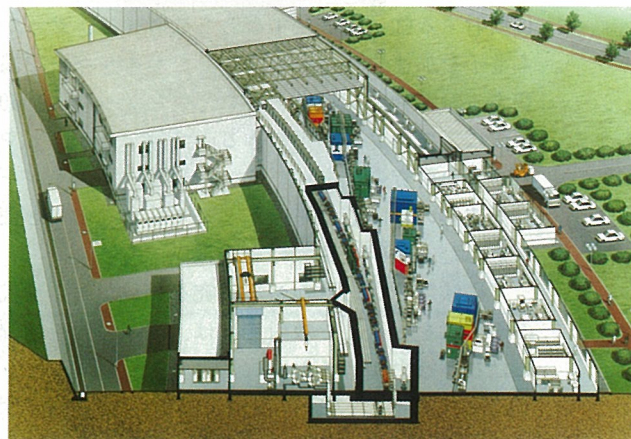


図3. 蓄積リング棟の断面図

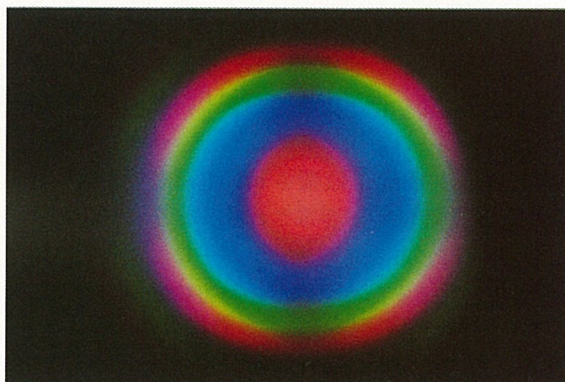


図4. プロトタイプアンジュレーター(挿入光源)と、そこからの放射光

μsec 程度の分割測定をねらっており、これならタンパク質中の反応の直接原因となる部分の動きをとらえることができる。物質の化学反応は、あつという間に終わってしまう。しかし、反応の途上では、数々の名場面が繰り広げられている可能性がある。そのような未だ我々の前に現れていない登場人物にSPring-8はスポットライトをあてる。

電子ビームのエネルギーが高ければ、発生する放射光のエネルギーもそれに対応して高くなる。80億電子ボルト(8GeV)という、世界最高の電子加速エネルギーをもつSPring-8は、すべての元素をその研究対象にする。SPring-8では、すべての元素の内殻電子を励起させるのに必要なエネルギーの光を得ることができるため、これまで踏み込むことのできなかつた原子番号の大きい原子の内殻まで原子物理の研究領域を広げることとなる。さらに、新材料開発の基礎となるpptレベルの極微量元素の解析になると、世界の3つの大型放射光施設の中でウランを含むすべての元素の解析が可能となるのはSPring-8だけであり、将来の材料開発研究への利用が期待される。

4. 多くの研究者がSPring-8の完成を待ち望んでいる。次世代大型X線光源研究会という700名を超える放射光利用研究者の独自の集まりがある。この研究会は、原研・理研大型放射光施設計画推進共同チームと協力しながらSPring-8で何ができるのか、そのためにどんな準備が必要なのか、ということについて検討を進めている。例えば、極限的精密研究を行うための極めてエネルギー幅のし

ぼられた単色光をとりだす核共鳴ブラッグ散乱への利用を考えるブラッグ散乱サブグループ、医学分野の利用として患者に苦痛を与えることのない血管撮像法(アンジオグラフィ)の研究を行う医学利用サブグループ、格子欠陥の観察、結晶成長過程の観察などを目的とするトポグラフサブグループ等、手法、分野ごとに結成された25のサブグループが熱心な活動を続けている。

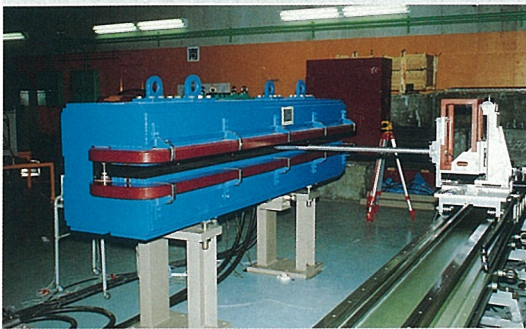
放射光の出現によって、X線光学は、著しく進展し、なかでもEXAFSは、極めて応用範囲の広い魅力ある手法として生まれ変わった。従来の放射光施設に比べ数百~数万倍以上の輝度をもち、最高度の光のエネルギーをもつSPring-8によって、現在では予測もできないような新しい研究手法が登場するかもしれないし、研究者たちが考えている様々なテーマとは、全く関係のない新しい研究分野が開拓されるかもしれない。そうした新手法、新分野の開拓という点でもSPring-8に対する期待は大きい。

5. SPring-8は、線型加速器、シンクロトロン、蓄積リングという3つの加速器から構成されている。放射光の光の質は、加速器内を走る電子ビームの質にかかっているため、電子を加速し、うまく走らせるための加速器の製作に対しては厳しい要求がある。線型加速器で1GeVまで加速された電子は、シンクロトロンでさらに8GeVまで加速され、蓄積リングで8GeVのエネルギーを保ちながら放射光を発生させる。このうち、理研が建設を担当している蓄積リングは、周長が1436mの円型加速器で、

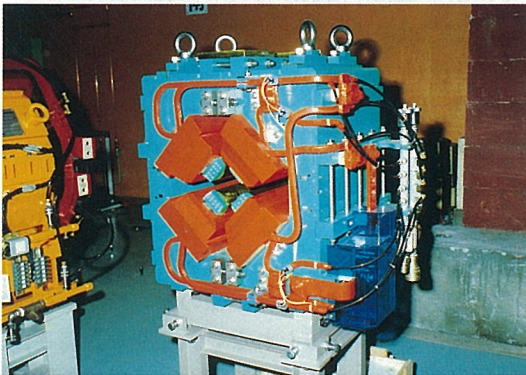
放射光を取り出すためのビームラインが60本以上設置される。ここでは、同時に多数の研究チームが先端的研究を行うことができる。蓄積リングには、電子ビームを正しい軌道で走らせるための電磁石が1,000個近く設置され、電磁石の配置には0.1mmの設置精度が要求される。また、電子ビームの通り道である真空チェンバーは、電子をスムーズに走らせるためすべての障害物を取り除くこ

とが必要であり、 10^{-11} Torrという高い真空度を達成しなければならない。このようにSPring-8の製作には、当代の最先端の加速器技術が要求される。理研では、昭和62年度からこれらの加速器を構成する機器に関する研究開発を進めてきており、加速器製作に携わる研究者たちは、世界最高の蓄積リングを作るため必死の努力を重ねてきた。そして、平成2年度からは、電磁石の実機製作を開

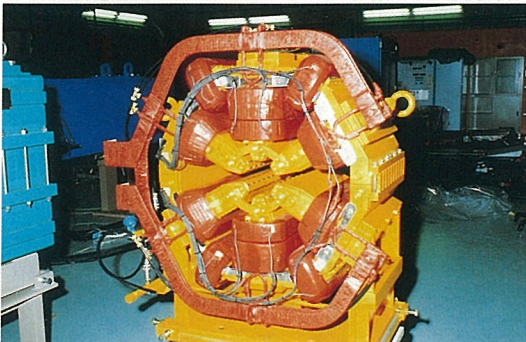
図5. 蓄積リングの研究開発



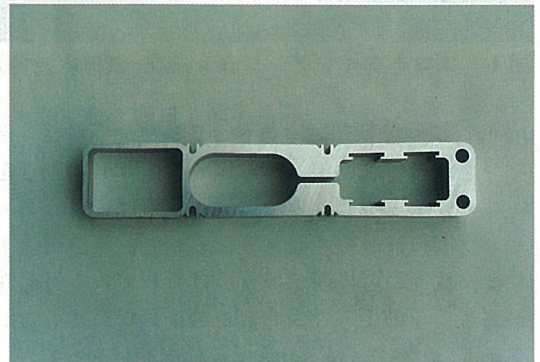
偏向電磁石



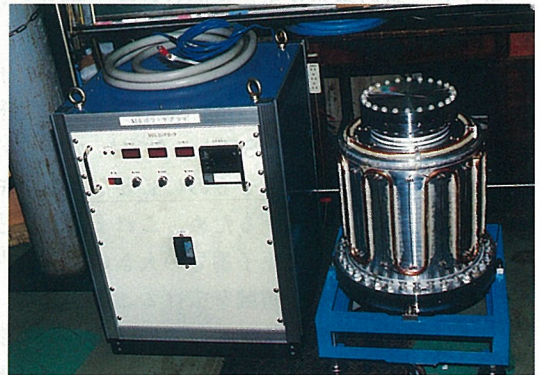
4極電磁石



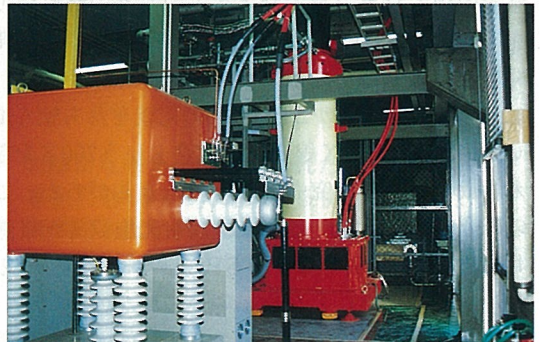
6極電磁石



真空チェンバー断面図



真空ポンプ



高周波発生装置 (クライストロン)

始し、真空系機器及び加速系機器についても、今年度から実機製作にとりかかる。また、今年9月には、大型放射光施設の設計、建設及び利用に関する技術的な基本事項並びに他施設との協力関係等について国際的観点から討議を行うため、国内外の放射光専門家を招き「国際アドバイザー会議」を開催した。



兵庫県播磨科学公園都市のSPring-8建設予定地141haは、先年大阪で開催された花の万博会場とほぼ同じ大きさであり、現在造成工事が急ピッチで進んでいる。まもなく、現地において蓄積リング棟の第I期建設工事が開始される。SPring-8は、平成10年度の供用開始を目指して、大きく動き出した。

もとの理研2号館屋上(駒込)での推進部メンバー、右から2人目が筆者。
(この写真の関連記事は、次号原酒欄)

大型放射光施設設計画推進部
横田 元秀



図7. 現地造成写真

SCIENCE BRINGS US TOGETHER

私の目に映った日本

デカルヴァリオ・下井田・ナンシー・恵美

目を輝かせ日本を探検している素晴らしい外国人女性、「子供の頃の夢を持ち続けられれば、いつかは実現する」と、訪日を喜ぶ人が来たと理研ヘアーサロンの人に聞き、原稿依頼の返事と同時にこの日本文が届きました。

平成2年11月7日、私の主人デカルヴァリオ・カルロスが、理化学研究所に来ることになりました。彼の専門は物理です。私は上智大学で言語学の研究をしています。私の子供、セシリア・真由美は保育園へ通っています。理化学研究所の皆様が私達のアパートの心配を一切してくださいましたので、日本での出発はスムーズにできました。

日本の生活習慣の中で私になじめなかったことは、部屋へはいるのに靴を脱ぎ履きすること、ベッドから畳、フォークからはし、握手からおじぎ、車は右側通行から左側通行とさまざまでした。

世界でも有名な花、桜の花が咲くのは楽しみでした。絵葉書でしか見たことのなかった私にとって、日本人も心待ちにしていると言われる桜の花を目の前にして、言葉には言い表せない程の感激を受けました。その桜の花の中にも、花びらの大きさ、形、色の違いなど、数多くの種類があることを知り、改めて日本の花、桜が好きになりました。そして、あの桜の花の下で行われるお花見はブラジルにはない光景です。みんな笑顔でお酒をくみ交わし、語らい、打ち溶け合う雰囲気は最高でした。

ブラジルと日本の価値観にスポットをあてて見ます。日本人は何か話しをする時、自分が思っていたり、考えていたり、感じていたりすることを、ストレートに相手の人に話しをしないと思います。ブラジルではこれと違って、人々は自分の考えていること、思っていること、感じていることを何でもストレートに相手に話してしまいます。少々相手の人に悪いなーと思えることでも、素直に言ってしまいます。少しぐらいショックを受けてもその時だけのもので、あとに残らないからです。またそれによってお互いの理解も深まります。

日本人は相手の立場に立って、あたりさわりのないように話をします。たぶんこれは、単一民族の社会だからであり、ブラジルは「人種のるつぼ」といわれるほど、いろいろな国からの人々が住んでいるからでしょう。ストレートに話しをしない限り、相手の人は自分を理解してくれません。ですから、どうしてもストレートに

話をするようになったのです。

日本の美しい景色の中に雪景色というものがありますが、私が思っていた以上に素敵で、しばらく茫然と見つめてしまいました。それとブラジルでは見ることのできない、つららと雪帽子も印象的でした。

スキーに興味を持ち出したのもこの頃でした。あのリフトの上から眺める白銀の世界は夢のようでした。

実際に見たり、聞いたり、発見することができた体験は、私の視野を大きく広げてくれました。ブラジルに帰国したら、日系人たちや多くの人たちに、日本で学んだ知識や習慣、それと人間の思いやりを伝えたいと思います。



王子セミナー「スピン化学」裏話

私共は井早康正教授(電通大)の過渡ESR測定装置を借用し、ラジカル対のESR信号を直接的に検出する等の数多くの成果を挙げさせて頂いている。井早教授のご停年が近づき、国際会議を開催したいとご希望があり、私共の研究室でお手伝いをして、表記の国際会議を本年の7月15日から18日まで苫小牧市で開催した。

会議のテーマである「スピン化学」は、化学反応の磁場効果や化学誘起スピン分極等の化学反応におけるスピン協調現象を対象とした新しい研究分野である。王子セミナーは自然科学の全分野を対象とし、毎年2件しか採択されない難関であるが、井早教授の強気の応募が巧を奏して、一発で採用された。本分野の新奇性と日本の研究実績が評価されたものと思われる。しかし、決定が遅いので、本年に入ってから泥縄式に準備を行うはめになった。

王子基金からいただいた920万円は多いようではあるが、外人に一人あたり50万円支給すると10人位しか招待できない。井早教授は多くの外人を呼びたいとご希望があり、先方でも旅費を出来るだけ調達していただき、20名の外人を招待することができた。特に、ソ連からの参加希望が多かったので、8名を招待したが、郵便事情の悪化、ビザの保証、国内旅行の世話等で大変苦勞をした。

また、王子セミナーは非公開が原則であるが、日本の若手も出来るだけ参加させたいとの井早教授のご希望に従い、助手クラス以上のポスター発表を募集し、大学院生の参加も認めたので、国内からの参加者は50名であった。若い研究者が世界一流の研究者の講演を直に聞き、個人的に討論ができたのは有意義であった。

準備の最中に湾岸戦争が勃発し、会議の後でソ連のクーデターが起ったりして、冷汗の連続であったが、無事に会議を開催でき、外人参加者からの評判も良かったので安堵している。今回、井早教授のお手伝いをして、勉強になったことが多かった。



物理化学の教科書で有名な英国のアトキンス博士(左)とノーベル賞の前評判が高いソ連のモリン教授(右)

分子光化学研究室
主任研究員 林 久治

理研シンポジウム (11月)

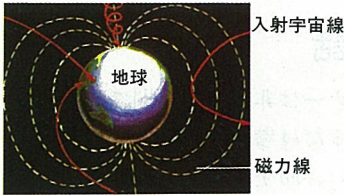
テ マ

ミュオン科学 1991
第2回 計算機の新しい利用—ワークステーション
第10回「PIXEシンポジウム」
重イオンラザフォード散乱の環境物質評価への応用
新しい光応用技術—微小領域への展開—

担当研究室

開催日

金属物理 11/8
電子計算機委員会 11/8
無機化学物理 11/15
核化学 11/22
光工学 11/22

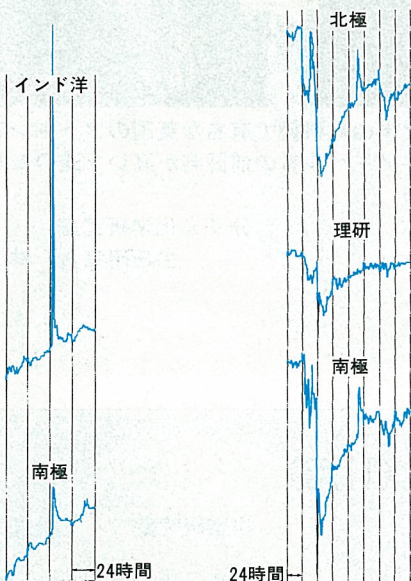


宇宙線世界資料センターが 理研での役目を終わります

宇宙放射線研究室に於て35年前に始めた仕事がございます。それは宇宙線世界資料センターの仕事です。それ以来、地球上のあちこち、50から70の地点で宇宙線の強度が時々刻々記録されてきております。センターはそれらのデータを整理する役目を担っておりました。その仕事が今年度より名古屋大学太陽地球環境研究所に移管されることになりました。

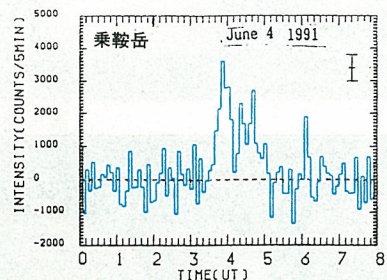
35年間に集まったデータの総数は約52,000観測所・月分、財産目録を作ろうとチェックするのに略々一年を要した程の量です。宇宙線のデータ整理がどんな仕事かを知っていただくには、古い教会の壁画の修復の場面を思い描いていただければと思います。汚れがひどいからといって普通の壁のように一挙に塗り替えるわけにはいかないように、自然現象はとり直しがききません。汚れを落とし本物を残す作業は、いかに壁面が広くとも手

で一区画一区画きれいにしていく他ないようです。宇宙線のデータにも観測装置の故障、テーブルを作る際の人為的な間違い等々、特にのんきな国民性の国のデータには、汚れのつく機会は無限にあります。汚れと本物を見分けるのはやはり手仕事に近い作業を必要とします。布に喩え、横糸が年なら、縦糸の一本一本が夫々の観測点になります。補正の仕方が変わっているのは何故か、何時からか、他の観測点でも同じような問題はないか等々、縦糸横糸をたぐるようにチェックをしながらデータベースを作ってまいりました。古いデータは古い人が居ないのでどう使って良いかわからないと言う事のない様にしたと考え、漸く手放せるところにこぎ着けました。いつの日か新しい発見と共にこのデータベースが遡及的に使われる事があればデータ冥利につきると言うものです。



左：太陽から陽子が放出されたと考えられる事象の一例(1978年5月)。

右：太陽から放出された磁場を伴ったプラズマによって太陽圏外から来る宇宙線の流れが止められたとみられる事象の一例(1972年8月)。



太陽から中性子が放出されたと考えられる事象(1991年6月)、地球の夜側の観測地点では感知されない。この現象はこの例を含めて2例しか観測されていない。

宇宙放射線研究室 囑託 井上 葵
研究技術員 坂本恵美子

理研の主な公開特許

PH03-065638 放電洗浄用簡易分光モニター

プラズマ物理研究室 岡崎清比古 他 4 名

〔目的〕光ファイバーからの光を分子線の波長領域で干渉フィルタで分光透過させ、光電子増倍管で分光透過光を検出することにより、分子線の発光強度を壁の汚れとして反映させて洗浄の進行度合いの指標とすることを可能にする。

PH03-071049 光熱変位検出用干渉計

光工学研究室 中島 俊典 他 1 名

〔目的〕励起光及び検出光を共に顕微鏡内に導いて、顕微鏡の対物レンズにより試料面上に集束させることにより、光熱変位の分布を高い空間分解能でもとめる。

PH03-099482 分子による波長可変真空紫外レーザー発振方法

マイクロ波物理室 築山 光一 他 2 名

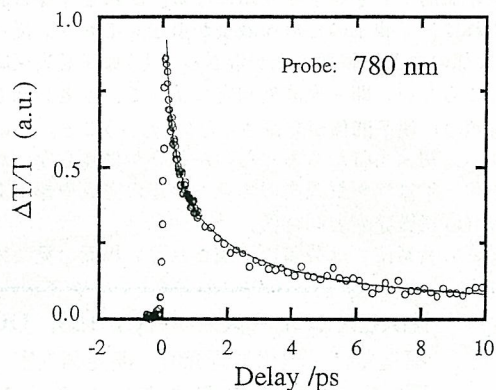
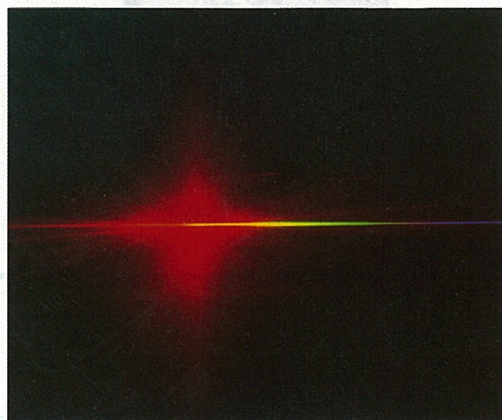
〔目的〕分子を非線形媒質に用い、三次の非線形感受率を増大させ、また、電子・振動・回転準位間の共鳴遷移を利用することにより、パルスレーザー光の高輝度かつ波長可変真空紫外レーザー光発振を実現する。

スポットニュース

有機非線形材料研究の進展

有機非線形光学材料(本誌No.110)は電子分極に基づく超高速応答が可能であり、フェムト秒レーザーを開発して超高速分光によりその応答を調べている。写真は、50フェムト秒パルス(波長620nm)をエチレングリコールに照射し、自己位相変調によって発生させた白色光パルスのスペ

クトルである。この白色光パルスをプローブに用いることにより過渡吸収スペクトルをフェムト秒の時間分解能で測定することが可能となり、これまで検出できなかった励起子の超高速動力学を明らかにでき、研究が一段と加速した。



フタロシアニン薄膜の透過率変化



歌舞伎は荒唐無稽な筋を持つことが多い。が、時には、科学的な知識に驚かされることも。新田義貞一族を扱った神靈矢口渡(しんれいやぐちのわたし)という芝居の、「右よ左と付け廻す、琥珀の塵や磁石の針」という文句は有名。これは作者が、エレキテルで知られる平賀源内ときけば納得。ところで、本朝廿四孝(ほんちょうにじゅうしこう)という芝居には、生化学の知識(?)が盛られている。本朝廿四孝は、武田信玄と上杉謙信両家の確執を軸にした人形浄瑠璃で、作者は近松半二ら、明和三年(1766年)の初演。歌舞伎では、四段目にあたる謙信館の場(十種香の場)が、中村歌右衛門の八重垣姫(上杉謙信の娘の役)でしばしば上演され、本年から始まった切手の歌舞伎シリーズ第1集に六代目尾上菊五郎の鏡獅子と共に選ばれている。

この芝居、科学的知識が登場するのは、信玄館の段(二段目終幕)。諸般の事情から、信玄の子、勝頼が切腹する。ここで信玄が登場。いま切腹した勝頼は偽物で、実は家老板垣兵部の子養作であり、兵部が悪心を起こして、赤子の折りに、勝頼と自分の子、養作とをすり替えていたこと、信玄はそれに前から気づいていたことを明かにし、悪臣兵部を切り捨て、偽勝頼切腹の際に、血のついた片袖をもってこさせ、兵部を切り捨てた刀の血をその片袖でぬぐい、「これ見られよ、この血糊、他へも散らず合体なせしは、紛れもなき親子の血筋…」というせりふになる。これを今様に表現すれば、「親子のため血液型が遺伝しており、従って(兵部の血と偽勝頼の血が混ざっても)血球凝集反応が起こらない。即ち血液型判定によって、(家老兵部と偽勝頼の)親子関係が立証された」ということ。このせりふ、初演当時からあったのかどうかは知らないが、明和三年は、平賀源内のエレキテルの完成や杉田玄白の解体新書成立と同時代。

この歌舞伎では滅多に上演されない場面を見たのは

昭和四十年四月、場所は東横ホール、武田信玄は先代団藏、偽勝頼はこの五月に亡くなった実川延若、本物の勝頼が市村竹之丞(現中村富十郎)。東横ホールは、今の東急百貨店東横店の8、9階(?)にあって、後に東横劇場と名を変えた小ホールで、3階に地下鉄銀座線が入線する音がかすかにゴーと聞こえていた。ついでながら、上演機会の多い謙信館(十種香)の場の幕引きで、偽勝頼の恋人であった濡衣という名の腰元が吊っているのは、この親子の血潮のついた片袖。

武田信玄が知っていた(?)血球凝集反応は、血液中にある抗体と呼ばれる蛋白質と、赤血球の表面に、糖脂質の一部として存在する糖鎖が結合して複合体が形成されることに起因する現象で、抗原・抗体反応のひとつ。また、動植物中に存在するレクチンと呼ばれる一群の蛋白質も、糖質と特異的に結合して複合体を形成し、血球凝集反応を起こすことで知られている。レクチンと糖鎖との複合体形成は、細胞表面における情報伝達の一手段とみられており、これをコントロールしようという狙いの糖鎖工学という言葉も登場してきた。東横ホールで、武田信玄のせりふの科学性におどろいた中学生の私は、二十余年を経た今、ヒロチャワンタケという名のきのこからとれたレクチン(このレクチンはフコースという糖に特異的に結合することが明らかにされている)の、結晶構造解析にとりこんでいる。血球凝集反応をはじめ、様々の場で機能している蛋白質と糖質の結合特異性を、構造化学の立場から解明することを夢みて……。



結晶学研究室

研究員 菅原洋子