



フォトン・ファクトリー立ち上げのころ

佐々木泰三

高良さんが初代会長になって1988年4月に学会は発足し、学会誌「放射光」の創刊号が5月に発刊されている。それを見ると第一回の設立準備会が87年3月に東大工学部の会議室で開催されており、その後数次にわたって準備会、発起人総会などがあって、議事録には私の名前も確かに記録されているのだが、実は高良さんや私は既にその頃第一線を退いていて、学会設立の推進役は主にPFで活躍中の中堅若手研究者の皆さんだった。

88年という年はPFが公式に活動を開始して既に5年、着々と目覚ましい成果を挙げて、学界のみならず産業界や社会一般の関心を集め、国際的にも注目を浴びていた。ミッテラン大統領の訪問などもあった。アメリカ大使館、カナダ大使館、オランダ国会議員団も視察に来た。一方その頃はPFの輝かしい成功をバネに、次世代大型放射光への飛躍に向かって大きな一歩を踏み出したばかり、PFの成果もさることながら、永久磁石型アンジュレーターの出現と相まって高輝度X線光源への期待にユーザーの意気は大いに上がっていた。本郷の山上会館で皆さんが集まっていたのは学会設立準備だけではなく、大型放射光の推進に関するユーザーの打合せもあった。87年には次世代の大型放射光計画について、科技厅が各省庁の代表と学識経験者を集めて「連絡協議会」を開催した。この連絡協議会は数次の協議を経て大型放射光計画を推進すべしという結論を纏め、これによって89年度に科技厅が本腰でSPring-8の建設に乗り出すことになった。その旗挙げとして科技厅は第1回の日米欧国際シンポジウムを88年1月に大阪で開催した。放射光学会が設立準備をしていた87年度は大型放射光計画がいよいよ動き出す年でもあり、放射光のコミュニティが極めて活発に動いた年であった。

学会設立準備に関しては、既に述べたようにこの準備作業のイニシアティブを取ったのはPFを中心に活動していた中堅若手の諸君だった。特に安藤正海、大隈一政、藤井保彦の3氏のほか、初代の幹事を務めた下村理、田中健一郎、菅滋正、宮原恒彦その他元気のいい若手グループを中心に事が運んだ。この人たちは熱心さも有能さも抜群、企画立案から実現に向けての手順も手堅く、これは任せておけば万事順調に行く、と安心して成り行きを眺めていた。従って学会設立の事情を語るなら、これらの諸君にお任せする方が良い。

放射光学会の設立はそれまで核研、分子研、電総研など

の放射光施設が個別にユーザーグループと連携して推進していた研究活動を、PFユーザーの主導で「学会」という横断的組織によって「全国化」しようという画期的な一歩だった。海外でも放射光研究のコミュニティは大きく成長していたが、学会設立の段階まで組織的に確立した国や地域は未だなかった。これは放射光研究の分野における日本のイニシアティブを象徴する快挙であった。学会は設立後、直ちに将来計画の総合的推進に着手し、「大型放射光」計画に関して文部省、科学技術庁に要望書を提出するなど、国の施策の後押しを積極的に行ったから、SPring-8の実現にも世論として大きな貢献をした。

このように放射光学会設立の機運はフォトン・ファクトリーの成功によって、日本の放射光研究が自立した科学の分野として全面的に開花したという状況によって生じたものである。そこで学会20周年の節目にPFの成り立ちをも回顧する、というのもこの特集の編集意図のようだ。しかしそれは元来高良さんの役目なので、私は少し切り口を変えて二三裏話を披露して責めを塞ぎたい。

そこで先ず思い出するのはPFの建設に当ってスタンフォードのウィニックさんに変えお世話になったことで、それはこの際是非記録に留めておくべきだろうと思う。

高良さんが強力X線発生法として放射光と回転対陰極の比較をする研究会を始めたのが1972年、私はその頃核研でSOR-RING建設の最中で、関心はあったがあまりお手伝いはしなかった。高良さんの研究会は放射光が圧倒的に優位だと言う結論を得て、X線を発生する中型の光源加速器を目指す活動に切り替えたのがその翌年。私もこれには参加したが、SOR-RINGが動かなければ高良さんの足を引っ張ることになる。当面SOR-RING建設に全力投球するので、終わったらお手伝いします、と高良さんの活動には距離をおいていた。

やがてSOR-RINGは完成し、物性研に軌道放射研究施設が新設されて76年には共同利用も始まり、私の荷物も少し軽くなった。78年の春、PFの建設が愈々動き出した頃、高良さんが核研に来られて、「加速器は富家さんや田中さんたち、核研で電子加速器を手がけた専門家に任すので安心だが、ビームラインの設計や製作には結晶学の専門家は経験が無く、心配だ。核研で放射光利用の経験を積んできたINS-SORに任せたいがどうか」と打診があった。ちょうどSOR-RINGの運転も軌道に乗り、リングは当初

の目標を超える高性能を実現して利用実験も順調に成果を挙げ始めた頃だ。INS-SOR としても喜んでご協力しましょう、ということになった。ところが0.4 GeV の SOR-RING と違って PF は2.5 GeV, わが国の電子加速器としては従来無かった高エネルギー・マシンだ。放射線に対する安全対策もコンセプトが違う。ビームラインの真空系とか光学系の設計にはある程度ノウハウを蓄積していたが、安全管理、特にマシン事故時の対策などは全く未知の領域である。ここはどうしても既存の高エネルギー電子蓄積リングを持つ欧米の専門家の教えを請う必要がある。幸いその頃スタンフォードのウィニックさんが毎年のように日本に現れていた。X線分光の国際会議とかレーザーと放射光の比較を試みる日米セミナーなど、先生にお出でを願う機会が多かったのだ。そこで予め趣旨を伝えて来日前に準備をして頂き、78年5月10日、早朝から宿舎の六本木国際文化会館まで迎えに行き核研にお出ましを願い、SOR-RING 棟の2階実験室にウィニックさんを缶詰にして質問攻めにした。INS-SOR 側は5~6人いたと思う。特に PF で光源研究系のビームライン担当になる予定の佐藤繁さんが一番熱心な聞き手だった。スタンフォードの放射光施設 SSRL は大型線形加速器 SLAC に接続する衝突型リング SPEAR を光源として利用する、当時は併設の放射光施設、後に専用施設になった。ウィニックさんはこの施設の副所長であった。云うまでも無く、SPEAR は1974年にチャーム・クォーク J/ψ の発見でリヒターがノーベル賞をもらったリングである。ウィニックさんは大きな皮の鞆一杯に書類や図面を用意してきて、何か質問が出るたびに鞆を開けては「その図面はこれだ」と惜しげもなく豊富な資料を見せ、コピーもさせてくれた。

特に我々にとって有益だったのはやはり SSRL の実績に基く資料で、運転中に何かの事故で突然マシンが止まったときに出る放射線や、マシン側のリーク事故の際にビームラインの損傷を防ぐ即断バルブと Acoustic Delay Line の設計資料だった。この日は INS-SOR のメンバーが次々に繰り出す技術的な質問に一々資料を示しながら丁寧な回答を与えてくれ、ウィニックさんの豊富な学識と経験に驚嘆すると共に、彼の限らない好意と誠実な対応にもほとほと感嘆した。昼食を挟んで午後5時までの正味7時間、我々はウィニックさんを囲んで聞いて聞いて聞きまくった。疲れも見せず、嫌な顔一つせずどんな質問にも一々資料を見せて丁寧に答えてくれるウィニックさんに全員が心から感謝と尊敬の念を持ったのは云うまでもない。佐藤繁さんはやがて物性研から高工研に移って光源研究系でビームライン設計建設の指揮を取ったが、この時のウィニックさんの指導が彼の仕事の支えになったことは勿論である。

ウィニックさんにお世話になったもう一つの機会はアンジュレーターだ。スタンフォードはアンジュレーターには古くから実績があり、1953年にオックスフォードのモッ

ツがスタンフォードでマグネトロン用の電磁石列を用いてミリ波の発生実験をやった。1976/7年にはエリアスらが2重螺旋の超伝導コイルの軸に線形加速器のビームを通して赤外で自由電子レーザーの発振に成功した。しかし紫外・X線の光源としてのアンジュレーターが実用化したのは1979年、ハルバックが永久磁石のアンジュレーターを提案して以後である。このアイデアが生まれて実現するまでの非常に面白い回顧談が最近の SRN (Vol. 20, No. 1, p. 4) に載っている。ハルバックは4重極磁石の直交する磁極ペアを軸方向に引き離して配列すればアンジュレーターの磁気回路が出来る、と考えたと言う。なるほどそういう事か、と大いに感心した。アンジュレーター光 (UR) の理論的研究は70年代の前半にソ連とアメリカで盛んに行われ、放射光研究者の多くが注目していた。日本でも PF の準備研究が進んでいた1977年頃、KEK の西川哲治所長や木村嘉孝氏等が研究会で理論を紹介したことがある。私自身は1976年にカナダのケベックであった放射光のワークショップでケン・グリーンの講義を聴いて、UR が将来放射光の主役になるに違いないと確信した。嘗て封入型の X線管を放射光が桁違いの輝度で圧倒したように、今度は UR が偏向磁石の放射光 SR を更に桁違いの輝度で追い越すだろう。私はすぐに INS-SOR グループの諸君に提案して核研で UR の勉強会を始めた。しかしハルバックの永久磁石アンジュレーターが登場するまでは、それはただの絵に描いた餅、夢の理論に過ぎなかった。それ以後のアンジュレーターの普及と技術の大発展を思えばハルバックの発明が如何に大きな一歩であったかは明らかだ。

ハルバック-ウィニックのアイデア (1979) をウィニックさんはその年に来日して我々に披露してくれた。何しろ永久磁石だから電源不要。コイルが無いのでコンパクトだ。磁石列の設計には異なる分光特性・偏光特性を持ったオプションが可能だ。磁石が進歩すればまだまだ小さくなる。従って特性波長が短くなる。既存の加速器の直線部でも真空の外から簡単に挿入できる。交換も簡単だ。もし真空中に設置できれば性能は更に格段に向上するだろう (それは後に実現した)。私はこの発明で実用化の機は一気に熟したと思った。

私は1980年春に測定器研究系主幹として PF に着任したが、東大にも併任で勤務し、私の研究室に居る大学院生諸君と毎週駒場でコロキウムをやっていた。その年私の研究室に入ってきた修士課程の学生諸君にアンジュレーターの将来性を説き、誰かこれを修論のテーマにしないかと口説いたら、幸い玉虫秀一君 (現東芝) が名乗りをあげてくれて、彼を中心に PF でチームを編成した。PF にもしかるべき人材はいたのだが、何しろこちらは PF の建設という重大任務を負っているのです、本来の建設計画でない課題に全力投球することは困難だ。

80年6月18日、私は真空紫外国際会議の帰途、パロアルトにウィニックさんを訪ね、永久磁石型アンジュレー

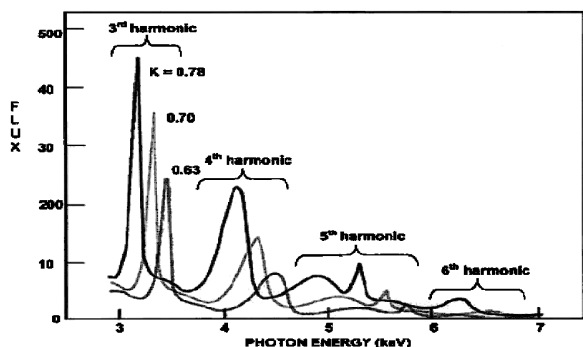


Fig. 1a スタンフォードの最初の UR スペクトル (1980年12月)
H. Winick SRN Vol. 20, No. 1, p. 4 (2007)

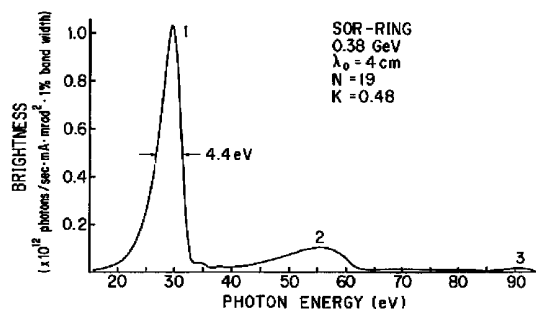


Fig. 1b 本邦初演の UR スペクトル (1981年12月)
H. Maezawa, et al. NIM 208 (1983) 151.

ターの設計について詳しいノウハウを聞いた。例によってウィニックさんは懇切丁寧に教えてくれたが、最後に「磁石を何処で買えばよいでしょう？ もし適当なアメリカのメーカーがあったら教えてくれませんか」と聞いたら、「これは呆れた。俺は磁石をすべて日本から買っているんだぞ」と云われ、大いに恥をかいた。当時はまだネオジウム磁石の発明以前で、最適の磁石はサマリウム・コバルトだった。私は帰国後直ちに電総研の磁性材料研究部長対馬立郎さんを訪ねて国産の永久磁石について教示を受け、PF測定器研究系の開発費で試作した19極アンジュレーターを翌81年12月に物性研 SOR-RING で試験した。この時撮影した UR のカラー写真はしばらく文部省の玄関ホールに飾ってあった。

玉虫君と前沢氏は UR の絶対強度測定によって UR の理論を定量的に検証した。図はウィニックさんの試作機 (1980年12月, Fig. 1a) と PF の試作機 (1981年12月 Fig. 1b) のスペクトルである。その差は僅か1年、ウィニックさんは「敵に塩を送る」ことを少しも厭わなかったのだ。

その後1983年にはこの成果を元に PF では長直線部 BL-2 に実用機を製作、挿入した。このビームラインはやがて一般公開されて多くの挑戦的な課題に道を開いたが、中でも柳下氏を中心に分子の内殻励起の研究で多くの目覚ましい成果を上げるようになった。PF での挿入光源の成功は第三世代高輝度光源への発展のきっかけとなったのである。

これらの試作機、実用機の製作を主導した北村氏はその後 AR (Accumulation Ring: 高工研の大型衝突リング、トリスタンへの入射用蓄積リング) で円偏光発生用マルチポールウィグラーや真空封入型の硬 X 線用アンジュレーターを開発して、磁気コンプトン散乱や核共鳴散乱の先駆的実験に道を拓いたし、SPring-8 でも多くの新型挿入光源を開発し、今は X 線 FEL の建設に取り組んでいる。

第二世代の X 線専用光源と呼ばれる英国の SRS、アメリカの NSLS-II、日本の PF が計画された時点ではハルバック型のアンジュレーターは未だ出現していなかった。従って各国とも第二世代光源の最初の軌道設計には挿入光源用の長い直線部はない。PF はぎりぎりでも間に合って設

計変更したので、挿入光源を入れるスペースが多数確保され、エミッタンスが最適化されていない点を別にすれば、当時としては一歩進んだ2.5世代型とも云うべき光源になった。その結果、現在も多数の挿入光源が活躍している。

アンジュレーター、ウィグラーなどの磁石列を軌道に入ると当然電子ビームは乱れるので、安定な軌道を望む加速器屋にとっては厄介なお荷物である。しかしこの難題に挑戦することが加速器技術の大きな飛躍の機会だと捉え、敢えて前向きに取り組む積極派も居れば、単に迷惑としか考えない消極派もいた。カナダで出会ったグリーンも PF がウィグラーを入れると聞いて、「それは止めて置け」と云っていた。富家さんもアンジュレーターやウィグラーには強い懸念を持っていて、挿入には終始消極的だった。

PF の予算がついて「加速器小委員会」でリング設計の討議が始まったとき、私はウィグラーとアンジュレーターを1基ずつ挿入できる長い直線部を2箇所に入れて欲しい、と提案したが、富家さんは「そんなものを入れたらビームが安定に廻るかどうかが保証出来ない」と反対した。不都合かどうかは計算をしてみた上で判断しよう、と言うことになり、木原さんが軌道計算を試みた結果、次の委員会に「安定な軌道の解はあります」と報告したので、卵形をした PF リングの現在の形が決まったのだ。

山川さんの超伝導縦型ウィグラーはユーザーの強い要望で実現したものだ。山川さんはこのことを予期して PF がスタートする数年前にフランスのサクレーに出張してウィグラー用超伝導マグネットの設計や運転のノウハウを仕入れて来た。PF の予算が成立する前にも核研の中にあった素研準備室の片隅で超伝導コイルの試験をやり、これには INS-SOR の若手諸君も協力していた。

さて PF の建設がスタートして、超伝導縦型ウィグラーは最初から計画に組み入れられ、富家さんも責任を持ってその導入をやりますと何度も公約した。ところがリングの建設が始まった初年度、山川さんの担当するウィグラーの製作には光源系の予算が配分されなかった。ウィグラーはただ作って置けば直ぐに動くというものではない。リングが運転している状況で超伝導マグネットを励磁して、ビームの軌道にどう影響があるか、緻密に安定軌道を模索

しながら励磁のプロセスを学習しなければならない。それには一刻も早く実機を製作して、電子が溜まり次第運転試験を開始する必要がある。山川さんは「顔で笑って心で泣いて」などと皆を笑わせていたが、内心は非常に焦っていた。

そこで山川さんと私とで一芝居やることになった。PF内部の全体会議の席上、先ず私が質問に立った。「今年度光源系ではウィグラーに予算を配分していないそうだが、これはどういうことか？ ウィグラーの導入を断念するとか、延期するとか、そういうことになったのか？」すかさず山川さんが立ち上がって、「そんなことは絶対にありません。富家さん、そうですよね」。富家さんは「その通りです。ウィグラーの建設は必ずやります」と明言した。ところがその年度の光源系の予算は既に配分済で、山川さんの分はないのだ。富家さんが改めてお墨付きをくれたのを幸い山川さんは富家さんに「至急建設を始めなければ計画は間に合いません、緊急措置として測定器研究系に経費の借用を申し入れて下さい」と迫り、結局その年の経費¥1000万を調達した。

山川ウィグラーは順調に実機の製作も進み、1982年、PFのリングが公開前の運転を始めた頃にはウィグラーも試運転を開始する運びになった。しかし未完成のウィグラーの運転は軌道を乱すので、他の試験と平行して実施するのは無理で、他のマシン・スタディーのない深夜の空き時間を利用して行われた。山川さんは深夜の持ち時間にはヘリウムを満タンにして地下の準備室に現れ、励磁と脱磁を繰り返しては軌道要素の設定を行い、不安定な軌道を避けて磁場を上げ下げする道筋を夙潰しに探索していた。この実験は1983年に愈々PFが共同利用に公開される直前まで、およそ半年の間ほとんど休みなしに繰り返されていた。佐藤繁、北村、山崎、浅岡、塩屋など光源系の中堅・

若手諸君も山川さんの奮闘を見てこれは大変だ、応援しなければ、と暇があれば手伝いボランティアを買って出た。しかしその面々にしてもそれぞれ自分の持ち場も抱えているのだ。いくら山川さんの意気に感ずると云っても毎晩手伝いには来られない。山川さんは応援があってもなくても少しもめげず、黙々と実験を続けていた。私もたいてい夜中過ぎには契約書類の処理を終えて現場に下り、測定系の各ビームラインで作業の様子を見て廻った後、光源系の実験エリアに入って山川さんの仕事場を見に行った。お手伝いが居るときもあり、居ないときもある。とにかく山川さんは朝までここに座って頑張っているのだ。腹も減るに違いない。私はそこで夜中に一旦竹園に戻って鮎屋「磯春」に立ち寄り、閉店間際に「特製太巻き」を作ってもらって山川さんに届けることにした。これは1本の太巻きの芯に立派な車海老が2本も入った超豪華特注品だ。どうも夜中になると山川さんのところに「特製太巻き」の差し入れがあるらしいぞ、というのが評判になって、深夜の志願兵が増えたという噂も聞いた。

山川ウィグラーは半年に及ぶ緻密な軌道観測データ蓄積の甲斐あって安定した実用化の目途が立ち、83年の一般公開までには運転が軌道に乗った。この成果はすべて孤軍奮闘した山川さん一人の功績だ。高工研定例の「記者レク」での発表も現場の公開も、上司が立ち会うのは遠慮しようということになり、山川さんが単独でこなしした。

PFの初期の概念図を見ると実験ホールが半分ちょん切れた不思議な形をしている (Fig. 2a)。加速器は勿論全周を収納する建屋になっているが、実験ホールは予算の関係で半分しか出来なかったのだ。しかしこの半分で仕切り壁を建ててしまうと次の工事で壊さねばならない。そこで大きなテント生地の間仕切りを天井から吊り下げて臨時の壁が出来た。さてそれでビームラインや測定器の組立を始め

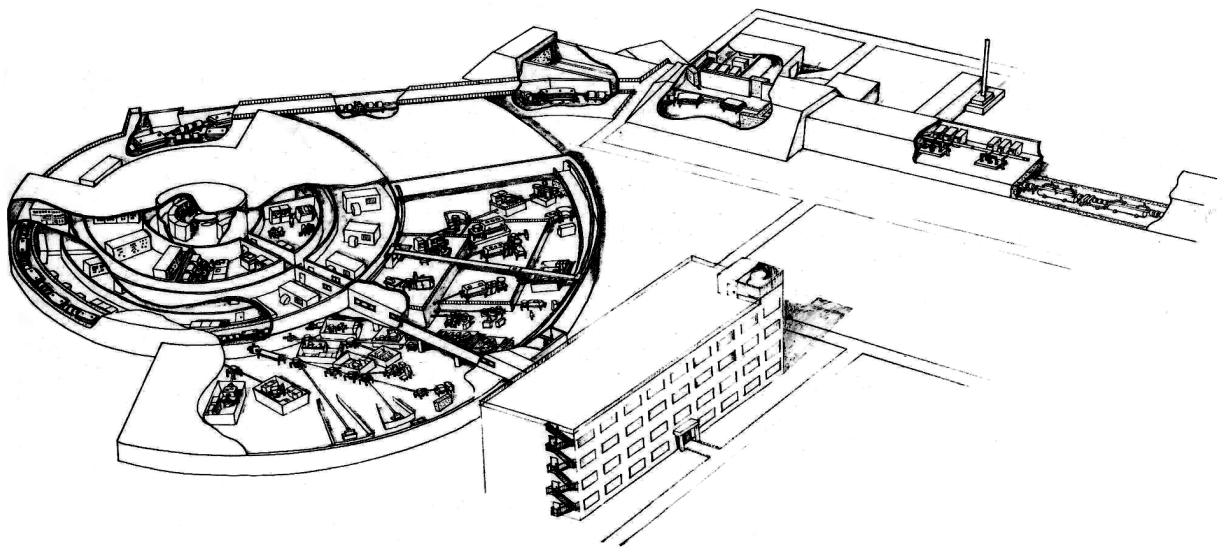


Fig. 2a 「半月」のPF実験棟 太田俊明氏の鳥瞰図

よと思って、テントの隙間から砂埃が容赦なくホールに入ってくる。とても精密な光学機器を組み立てる環境ではない。とにかく残り半分を大至急次の年度で建てて貰わないと測定器の建設は出来ない。高良さんは行政当局に再三陳情を試みたが、当局の言い分はこうだ。「ユーザー予定者は1000人と計画書にあったでしょう。それなら実験ホールは当面このサイズで間に合うのではないですか」。そこで高良さんは「計画の進行中にも希望するユーザーはどんどん増えている。1000人と言う数はもう古いデータで、今では潜在的なユーザーは2000人を超えている」ところがテキもさる者、「それホントですか？ もしホントなら名簿があるはずですよ。ひとつ明日の朝までにその名簿を1部ご提出願えませんか？」

高良さんは「よろしい。出しましょう」と大見得を切って帰ってきた。さあ大変。びっくりしたのは測定器のスタッフだ。私のほかに安藤、太田、松下の助教授3人しかスタッフは居ない。早速高良さんも入れてこのメンバーで名簿作りに掛かった。当時PF懇談会には800人くらいの会員が居ただろうか？ 残り1200~1300人を追加するにしても全く無関係な人名を並べたのではすぐにばれる。文部省職員録を始め、物理、応用物理、結晶、化学、応用化学、生物物理、電気など関係学会の名簿を片端から括げて将来ユーザーになっても良さそうな人の名前を探し出してはユーザー予定者名簿を作った。作業が終わったのは夜中をとくに過ぎて午前3時くらいだったろうか。庶務課の係長にはこういう書類を明日朝一番に文部省まで届けてもらうから待機してしてくれ、と念を押してあった。今ならそんなものはクリック一発で済むことだが、当時は電子メールは愚か、ファックスもない。誰かが早朝に書類を持ってつくばを出て、常磐線で上野から銀座線虎ノ門の文部省に駆け込むまで3時間、それでやっと朝の一番に間に合うのだ。

庶務課では何時まで待っても書類が届かないので待ちくたびれた事務官たちは宿直室で麻雀の卓を囲んで居た。「どうもお待たせして済まなかったな。やっと出来たからよろしく頼むよ。一寸説明するから聞いてくれ」「先生遅いなあ。ホントに待ちくたびましたよ。ご覧のとおりです。今丁度良いとこなんで、済みませんが一寸そこら辺の椅子にかけて待っててくれませんか」「何だと。人が折角苦労して徹夜で作った書類を見る暇もないというのか？ よーし。それじゃ一つお前さんたちの手の内をばらしてやろう。エーと、こちらさんは七対子(チートイズ)の一天(イーシャンテン)か、こちらはと、ははあ、叢子(ソーズ)の清一色(チンイチ)だな。だけど日暮れて道遠しか」「先生、それはないよ、勘弁してくださいよ。……ああ、仕様がな。これやられちゃお終いだ。分かりました。聞きます、聞きます。オイ、誰か俺の席交代してくれ！」

そこで係長に名簿の趣旨を説明して、「これには放射光の命運が掛かってるんだぞ、万事旨くやってくれ。だけ

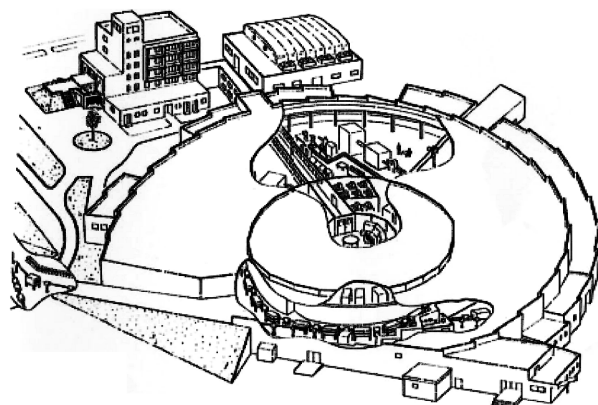


Fig. 2b 「満月」のPF実験棟 太田俊明氏の鳥瞰図

ど、先生方が昨夜徹夜でこれを作りました、なんて口が裂けても云うんじゃないぞ」。

この名簿が効果を発揮したのかどうかは知る由もない。テキも「どうも怪しい」くらいは思ったかもしれない。しかし白紙の勸進帳を読んだ弁慶のハッターリを代官富樫左衛門丞はその情に打たれて見逃したのだ。そのくらいの熱意は汲んでもらってもいいだろう。とにかく「半月」は1年で終わり、芽出度く「満月 (Fig. 2b)」に切り替わった。さてその2000人の「ユーザー予定者」はその後どうなったか？ 共同利用を始めて1年余り、登録ユーザーの数は忽ち本当に2000を超えた。名簿がハッターリとばかりは云えなかったのだ。

さてお次の支度もよろしいようで、この辺で弁士交代、妄言多謝。

● 著者紹介 ●



佐々木泰三

東京大学名誉教授

E-mail: tzsasaki@mwa.biglobe.ne.jp

専門：分光学

【略歴】

1956大阪大学理学部大学院(旧制)終了。理学博士、東京大学教養学部助手・助教授・教授(物理学教室、基礎科学科)、高エネルギー物理学研究所教授(放射光実験施設測定器研究系主幹、施設長)、大阪大学教授(基礎工学部物性物理工学科)、理化学研究所研究顧問、日本原子力研究所特別研究員、高輝度光科学研究所参与、兵庫県参与。その間東京大学原子核研究所、同物性研究所、名古屋大学プラズマ研究所、ハンブルク大学第二実験物理学科、アルゴンズ国立研究所の客員教授、客員研究員を歴任。1985東京大学名誉教授、高エネルギー物理学研究所名誉教授