

## タイ放射光実験施設の建設

石井 武比古\*

### Construction of a Synchrotron Radiation Research Laboratory in Thailand

Takehiko ISHII\*

#### Abstract

Various obstacles encountered during the course of the construction of the synchrotron radiation facilities in Thailand are described. First background information such as the brief history, the purpose of the project, and the human resources development are mentioned. Then difficulty in promoting the new project is described. Some serious problems having emerged and been overcome in the accelerator construction are mentioned. They are non-uniform floor subsidence, the broken injection timing system, the breaking of newly built vacuum chambers, the unstable operation of the linac, and electrical shortage between layers of coils of quadrupole magnets.

#### 1. 二つのキーワード

標記のテーマの話は、内容に少々差はあるものの、いろいろな場で述べてきた<sup>1)</sup>。本稿では、少々異なった立場で、私がして来たことを総括してみたい。私は1996年にスタートしたタイ放射光研究計画にかかわってきた。実際には、その3年ほど前からかわりがあったのであるが、それは重要ではない。私達の計画は「サイアム・フォトン計画」と名付けられた。サイアムとはタイのことである。

タイの放射光計画を語る時、二つキーワードを述べる必要がある。その一つは人材の育成である。初代所長のヴィルン・サヤカニット教授は、タイにおける基礎科学、特に物理学と数学、の教育の充実をはかることの重要性を強調した。サイアム・フォトン計画がそのための有力な手段になる、と信じていた。もう一つは、物理学や化学のような基礎科学の研究の推進が国家の科学技術水準の向上に必要不可欠のことである、と考えていた。それに対して、サイアム・フォトン計画の推進が極めて重要な貢献をすると信じていた。二つのキーワードは人材育成と基礎研究の推進という至極あたりまえのことであるが、これをわざわざ言及しなくてはならぬところにタイの特殊事情がある。

話を進める前に、サイアム・フォトン計画とは何かを述べておく。

- (1) 1.0 GeV の光源専用電子ストーリジリングを建設する。将来は電子エネルギーを1.2 GeV に上昇させることを考える。
- (2) 固体の電子状態および固体表面研究用のビームラインを建設する。
- (3) 将来、XAFS やマイクロリソグラフィ、リガなどの応用研究も考える。
- (4) 将来、超伝導ウイグラを設置して、X線を出すことも考える。X線用のビームラインも建設する。

実際には、つくばにあったSORTEC研究所で使用されていた加速器複合体(1 GeV電子ストーリジリング、ブースターシンクロトロン、入射用ライナック)をもらい受け、光源用のストーリジリングを改造して、使用した。また、改造にあたって、磁石格子をDBAに変え、ビームエミッタンスを小さくした。さらに、4本の長直線部を設けた。その1本に設置するアンジュレータを建設した。しかし、肝心のビームライン建設予算は1本分しか認められなかった。私達は経験が無かったので、技術顧問の柿崎明人教授の忠告に従って、最初のビームラインをアンジュレータビームラインとせず、光を偏向部から取り出すこと

\* 国立放射光化学研究所およびスラナリー工科大学  
National Synchrotron Research Center & Suranaree University of Technology  
(E-mail: ishii@nsrc.or.th)

にした。最初のビームラインに建設する実験ステーションは光電子分光実験用のものとした。加速器複合体に関する設計上の詳細については、文献1を見ていただきたい。

先に述べた二つのキーワードを実現するには、何をどうすればよいか、ということ、当初、全く気にしていなかった。このことをきちんと考えておかなければいけないと思うようになったのは、計画が動き出してから1年ほど経過してからである。結論は平凡かつ単純なことで、最初の5カ年計画（ビームライン建設と放射光利用研究のスタート）を成功させる、ということである。「そんなことをしていると、サイアム・フォトン計画は破綻するぞ。君には辞任してもらうしかない」、これが絶対的な脅し文句になった。

## 2. 前史から騒動まで

タイで放射光研究を行うことが始めて検討されたのは1992年頃のことである。東南アジアでは、時計の針はゆっくり進む。しかし、放射光実験施設の建設に至る情勢の変化はかなりのスピードをもって起こったと言えよう<sup>1)</sup>。検討の初期の段階では、ASEANの二・三の研究者も招待して、施設が完成したら、これをASEAN諸国にも開放することが謳われた。諸々の紆余曲折の後に、SORTEC加速器の導入を決断してからの計画の具体化は早かった。関係者がSORTEC加速器を使った研究計画を第一のプライオリティーにかかげたのは1995年の末のことである。

計画を研究所の現在の所在地スラナリー工科大学（ナコン・ラーチャシマー）で実行することを決めたのは1996年の1月9日のことであったと記憶している。この時、バンコクで開かれた国際ワークショップのエクスクーションを兼ねた現地視察が行われた。そこで、意外な反対の合唱が起こった。参加者の一人が、「SORTECリングの設計は保守的で高輝度光源ではない。タイの科学技術水準が低すぎて、現状では、放射光施設の建設は無理である。まずは、底辺の科学技術水準を高めるために、研究費は全国の大学にばらまいたほうがよい。水準が高くなった将来に、高輝度光源計画をタイ人の手によって推進すべきである」と主張し、一部の国の参加者らがこれに同調したのである。この反対論を「時期尚早論」と呼ぶことにする。私は、時期尚早論を言い出した人物が、その時にSORTEC加速器のことを知っていたかどうか疑わしい、と思っている。この時の反対論は、その後、タイ政府が計画の遂行を決定して計画が動き出してから、時期尚早論の提唱者達が前言を撤回して納まったかに

見えた。

1996年3月に、計画の実施が決定された。1996年はSORTECの設備をタイに移管するための諸々の準備が行われた。そして、1996年の8月にSORTEC株式会社とタイ国立放射光科学研究所（NSRC）の間で、加速器と付属設備の無償の移管が合意された。解体されたSORTEC加速器複合体の部品は1997年1月にNSRCに到着した。それから私達は実験棟の建設に没頭した。

実は、その間に、計画を推進する責任団体であるNSRCの理事会と研究所長の間には紛争が起こり、所長が辞任させられるという事件が起こった。その経過を見て、タイ人の間の争いの強烈さを知った。その後、副所長も去って、NSRCの体制が一新し、研究所は全員一丸となって、実験棟の建設に邁進した。

設計作業が最終段階に入った頃、どこからともなく、計画反対の声が起こった。最初は、予算審議を行っていた下院の科学技術委員会の一部議員が、声高らかに、時期尚早論を唱えたのである。これは強硬なものであった。事務次官はじめ関係者は防戦につとめた。やがて、この時期尚早論が科学技術委員会の顧問によって提唱されていることがわかってきた。この顧問の研究室には、最初に時期尚早論を唱えた著名な外国人教授が滞在していたのである。この時の反対論は下院科学技術委員長の裁定で落ち着いた。

ところが、今度は新聞が計画反対論を大々的に報じた。この反対論は、タイにはこのような計画を実行する能力がなく、計画の実施は予算の無駄使いである、というものである。ニュースソースは全くわからなかったが、報道は執拗をきわめた。当時、病弱であった大臣に代わって、実際に科学技術省を動かしていた副大臣も計画の実行に慎重にならざるを得なかった。副大臣は、副大臣に反対を進言している人物と科学技術省側の代表（事務次官と理事の1人）を呼んで、対決させた。そこに姿を現した反対者代表3名を見て、事務次官と理事代表は非常に驚いたそうである。その3人が前所長と2名の前副所長だったからである。この対決によっても事は決着しなかった。前所長が副大臣の科学技術顧問であったからである。

副大臣は、実験棟建設の鍬入れ式の前日に、全国の研究者を集めてヒヤリングを行った。所長代理から私達顧問も出席するように言われて、科学技術省に出向いた。ところが、その会議は下院科学技術委員会の主催する聴聞会であるから下院からの招聘状を持たぬ者を入室させることは出来ないということで、私を含めて4人の科学技術顧問（ハーマン・ウイニック、磯

山, 柿崎, 石井) は入口で入室を拒否されかかった。交渉しようにも, 相手方の責任者は雲隠れしていた。結局, 副大臣の裁定で, 私達は入場できた。予想に反して, 副大臣は私とウイニック氏に発言の機会を与えてくれたので, 聴聞会は所長代理ヴィラポンの吊るし上げの会になることは避けられた。この会の直後に, 副大臣の補佐官が, 私に尋ねたいことがある, と言って, 私に彼の部屋に来るように言った。ウイニック先生のみが同席を許された。私は, この計画の意義, 波及効果, 世界の情勢などについて, いろいろ話した。彼は, 「石井がいなくなると計画はつぶれる, と言われている。執行部が変わると, 石井は日本に帰ってしまうと皆が言っている」と言い, 事の真偽を問うた。「そういうことはない」と私は答えた。翌日, 副大臣と補佐官が鍬入れ式の開場にやって来たのを見て, 一同胸をなでおろした。

### 3. 起こった諸々の問題

建物が完成し, 加速器群を組み立てた。その時に, 予期せぬことが起こった。まず, 加速器室の床の不等沈下が見つかった。ライナックとシンクロトロンは地下室に設置し, ストーリジリングは地上に設置されていた。不等沈下はシンクロトロン室にもストーリジリング室にも起こった。半年で 20 mm ほど加速器が傾いた状態になっていた。NSRC の職員はこれを地下水のせいにして, 大規模な土木工事を実施しようとした。私は反対した。原因は他にあると考えたのである。加速器の位置調整をやり直し, 様子を見ることにした。その後も, 半年で数 mm ほど沈んだ。私は, その都度, 位置調整のやり直しを指示した。床の沈下は少しずつ減って行き, 今では, 我慢できるところまで来た。私は床の不等沈下の原因は, 手抜き工事と設計のまずさにあった, と思っている。手抜き工事とは, パイルがきちんと打たれていなかったことを指す。当然, 証拠隠滅がはかられたから, 決定的証拠を見つけることは出来なかった。しかし, 残されたわずかな証拠から, 私は手抜き工事があったと信じている。現場監督と検査を請け負った業者と施工業者が癒着していると, そういうことが起こるからである。

施工業者による証拠隠滅の例は, シンクロトロン電源系の 5 次の高調波フィルター破損の時にもあった。そういうことをされると, 故障の原因がわからなくなり, 対策の立てようがなくなる。現場に残されていた破裂したガス封入のヒューズ管のわずかな破片から, 不当表示された規格はずれのヒューズの使用が大きな故障に繋がったことが判明した。この種の不正部

品と不良材料の使用は信じられないほど多く起こった。ここではそれらについて述べる紙面がない。多くの不具合が, 当時, NSRC の技術顧問として滞在していた元東北大学核理研施設長の菅原真澄教授によって発見されたことを付言しておく。

私達が最初に出会った加速器系の大きな故障は入射のための同期信号発生器 (タイミング系) が動作しなかったことである。このシステムは SORTEC マシンのものであった。保管中にメモリー系を駆動する電池が乾上り, メモリーが消失したのである。日本のメーカーと, 修理をめぐって, すったもんだの末に, メーカーの好意で, メモリーと電池を無償で提供してもらった。しかし, 故障はそれだけではなかった。系を構成するクレートに次々に故障が見つかった。それらはトランジスタ, IC などの半導体素子が死んだことによるものであったが, 最後に発見された組込みコンピュータの故障は, 私達では如何ともし難かった。そこで, 私達は旧システムを放棄し, タイミング系を作り替えることにした。ストーリジリングの設計者の阪大の磯山悟朗教授が SPring-8 から教えてもらって作ったタイミング系が, 今, 正常に動作している。

次に起こった不可解な動作不良は, ストーリジリングの高周波加速空洞のチューナーの動作不安定である。最初は, ベローズの部分に真空漏れが見つかった。そのほかに, チューナーが停止せず振動を続けた。当時, 菅原教授と交代した東北大学核理研の小山田正幸教授がチューナーを駆動する電源の設計ミスを発見した。負帰還がかかるべき回路に, 正帰還がかかっていたのである。

真空チェンバーの 3 度にわたる破損も大問題である。“あった”と過去形で書かないのは, 将来起こらない, という保証がないからである。アルミチェンバーの継目の溶接の不具合か, チェンバーに不均一な力がかかったか, それらの両方なのか, はっきりしないが, チェンバーが継目から折れたのである。その都度, 溶接し直した。真空チェンバーを 4 分割するゲートバルブも動作が不安定であり, 将来の不安材料の一つである。

ライナックの動作不安定も大問題であった。出射ビームのエネルギーが一定にならなかった。電子ビームの位置モニタが動作しなかった。どこかで放電が起こっており, そのノイズによって, モニタが動作しなかった。KEK の栗木先生の詳しい調査によっても, その原因が見つからなかった。最後に, 大沢哲先生が, 放電個所が電子銃に高圧パルスを送り込む回路の碍子内にあることをつきとめた。現在は, 磯山先生が

設計した碍子を使用している。ライナックは老朽化が進んでおり、各部のオーバーホールが必要であり、現在、その作業が進行中である。

老朽化による故障は、シンクロトロンにも起こりはじめた。それについて話すには紙面が足りない。シンクロトロン電源のノイズの除去問題もあったが、それは解決した。

最後に、ストーリーリングの4極磁石コイルの層間短絡の話をする。ストーリーリングの動作の不安定は、光電子分光実験が始められて顕在化した。それまでも、入射効率の悪さ、長時間のウォーミングアップの必要など、不具合があった。しかし、電子ビームがランダムに動くのは、明らかに、磁石系がおかしいからである。磯山先生とSPRING-8の佐々木先生の指導によって、ストーリーリングのパラメタの測定が行われた。その結果、ベータatron関数の電子軌道に沿った分布が著しく不様であることが発見された。次いで、64個あるコイルのうち20個に層間短絡があることが発見された。そこで私達は、64個のコイルすべてを交換した。短絡の原因は製作時におけるコイル熱処理の不十分さにある。このようなことが起こったのは、製造業者の手抜き作業もあったのだろうが、私は、関係者の高分子材料に対する知識の欠如によっている、と思っている。このストーリーリングの動作の不安定とコイルの処理をめぐる、私とNSRCの間には、修復不可能な溝ができてしまった。NSRCの技術系の職員は所長命令により、打って一丸となって、私に対して、あらゆる事を秘密にした。その結果、今、NSRCがやろうとしていることが、トンチンカンになってしまっている。誰も責任をとらない。

#### 4. 将 来

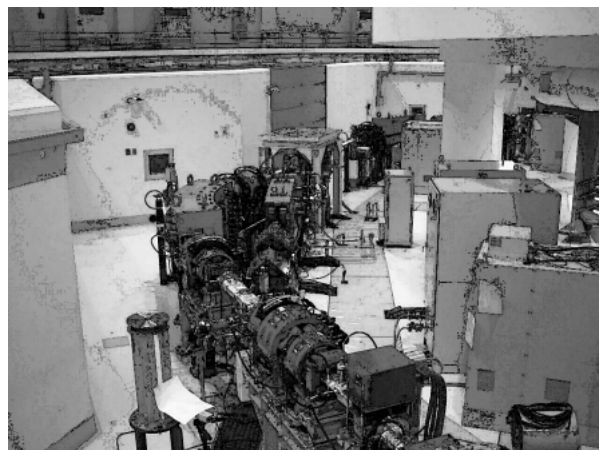
NSRCはX線を発生させる方向に大きく舵を切った。マシンの計画もさることながら、ビームラインの利用実験の方は悲惨である。残念ながら、具体的に述べるには、紙面が足りない。最後に、誰にも信じてもらえないカサンドラの予言を言いたい。「このまま行

くと、サイアム・フォトン計画は破綻する。初心を忘れたからである。二つのキーワードを忘れたからである」

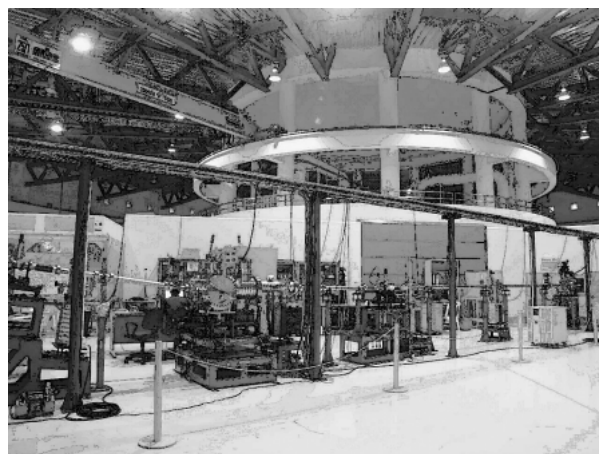
#### 参考文献

- 1) 石井武比古：固体物理 33 (1998) 951

図1 ストーリリングとビームライン



(a) ストーリリングの磁石の配置



(b) 光電子分光実験用ビームライン