

5-2 極端紫外光実験施設の現状と将来計画

極端紫外光実験施設(UVSOR)の組織が昭和57年度認められ翌年に世界で唯一の化学専用のシンクロトロン放射光実験施設を設置し、共同利用実験を開始した。共同利用10年を経た平成6年度より将来計画について検討を開始した。その議論の内容は「分子研レポート」に公表してきたが、将来計画委員会において全体の将来計画を、またその下部組織である研究分野検討小委員会では、(1)観測系の将来計画と(2)光源系の将来計画に分けて議論をした。

平成7年度にこれらの議論を中間報告として以下の「極端紫外光実験施設の4つの将来計画」として取りまとめ、10回にわたる将来計画委員会において承認されている。

UVSORの4つの将来計画

- (1) 現施設(光源, 分光器, 測定装置)の高度化による世界的研究成果の達成
- (2) レーザー, 自由電子レーザーを併用した実験技術の開発と新しい放射光分子科学の展開
- (3) 第3世代高輝度軟X線光源(分子研外)の利用した軟X線分光研究の遂行
- (4) 現UVSOR後継機として次世代極端紫外光源の建設と新研究分野の開拓

その後、具体的施策を検討してきたが、「分子研レポート'96」にUVSORの将来計画 - 中間報告その2 - を公表して以来、将来計画に関しては進展がなく、UVSOR施設では人手難、予算難に苦しむ事態となっている。ただし、所内、機構内で見るとUVSOR施設の将来に影響するいろいろな動きがあった。例えば、将来計画(2)としてUVSOR施設に新しい研究分野「レーザー・放射光多光子実験」を掲げてそれを行う研究グループを置く計画があったが、結局、分子制御レーザー開発研究センター創設に集中することになり、その結果、放射光同期レーザー開発研究部とそのため予算が平成9年度に認められるところとなった(「分子研レポート'96」参照)。また、平成12年度からは機構に直接、所属する統合バイオサイエンスセンターがE地区に発足し、岡崎機構の3研究所が共通の場所で共同研究するチャンスが与えられる予定になっている。すでにUVSOR施設では平成10年度に外国人研究者による外部評価を受け、そのひとつの結論として、岡崎機構の環境を生かしてUVSOR施設で生物関連の研究も推進すべきであるとの指摘があった(「分子研レポート'98」参照)。外部評価後、UVSOR施設では直ちに基礎生物学研究所の研究者を中心にした共同研究を始めている。このように生物関連研究を広い意味での放射光分子科学として捉えて力を入れていくことは、今後、統合バイオサイエンスセンター構想やUVSOR施設の将来計画において重要事項のひとつになる。

UVSORの将来計画 - 中間報告その2 - を公表してからも、いろいろな場で絶えず将来計画について議論したり、意見を伺ったりしている。例えば、平成11年以降では以下の通りである。

- 平成11年 1月 7日(木) 所外 日本放射光学会年会, UVSOR利用者懇談会
- 平成11年 2月 9日(火) 所内 第33回極端紫外光実験施設運営委員会
- 平成11年 7月13日(月) 所内 第34回極端紫外光実験施設運営委員会
- 平成11年12月14日(火) 所外 学術審議会加速科学部会ヒアリング
- 平成12年 1月 7日(金) 所外 日本放射光学会年会, UVSOR利用者懇談会
- 平成12年 1月17日(月) 所内 第35回極端紫外光実験施設運営委員会
- 平成12年 2月 8日(火) 所内 将来計画委員会(教授・助教授全員による)

本報告書では、これら最近、開催された会議で議論された内容(将来計画に関わる年次計画)についてまとめることにした。なお、これ以外に平成11年度は極端紫外光科学研究系の外部評価を実施し、極端紫外光科学の研究推進の観点でUVSOR施設に対する意見を伺っている。これについては本レポートに別途、報告があるので、そちらを参照願いたい。

5-2-1 年次計画の現状

これまで補正予算やCOE関連の設備予算によって将来計画(1)が進み、分子制御レーザー開発研究センター、極端紫外光科学研究系、UVSOR施設の三者の共同研究で将来計画(2)が進んできたが、平成10年度から始まったUVSOR運営費の15%削減やその削減を補うだけの他の予算獲得に成功していないことによって、将来計画(1)(2)はペースダウンを余儀なくされている。ストレージリングの運転時間も年間3000時間から2600時間に削減されている。また、放射光分子科学における6研究分野の柱を立ててUVSOR施設の共同研究及び極端紫外光科学研究系の共同研究を活発に実施し成果を挙げているが、12テーマの要求に対して9テーマ分の共同研究しか認められていない。そのため、放射光分子科学の進展に伴って増大している共同研究の要請(ビームタイムはもちろんのこと研究内容に応じた装置設備面でも)への対応が不十分になってきている。

将来計画(3)では所外の大型の軟X線高輝度光源施設においてしかできない一部の分子科学研究を目指すものであるが、それらの大型軟X線施設計画は予算規模がはるかに大きく未だに認められていない。このような他施設における放射光分子科学の展開を考えるのは時期尚早である。一方、将来計画(4)のUVSOR次期リング計画はこれまでのUVSOR施設の共同研究で挙げた実績を踏まえて、さらに著しい放射光分子科学研究の質の向上を極端紫外光領域を中心として図るものであり、予算規模も適正規模の範囲内でデザインを進めているところである。現在、日本では大型軟X線施設計画の遅れもあってUVSOR利用者を初めとする研究者からUVSOR次期リング計画に関心が高まりつつある。ただし、日々の業務に追われている現施設スタッフの空き時間でしか次期リング計画の検討が行えない状況であり、全国の研究者からの期待に充分応える体制を整える必要が生じている。

5-2-2 年次計画の見直し

現状から判断するに、将来計画(4)次期リング計画を目指すための現施設の増強を人手面、予算面で大幅に見直す必要が出ている。平成11年度に実施した極端紫外光科学研究系の外国人研究者による評価でも極端紫外光科学のさらなる展開のためにUVSOR施設において緊急に人的資源の補強と光源加速器の高度化を行うよう勧告されている。以上の観点から以下の三項目について早急に(可能なら平成13年度より)実現することが必須である。

(1) 光源加速器の教授グループ(教授1, 助手1)の要求(平成12年度概算要求より要求中)

UVSOR施設建設当初、光源加速器の維持業務の必要性から最小限の加速器科学の研究者を所内に擁することにし、助教授1 助手1を配置した。建設後の10年間、助教授グループは維持業務に加えて真空紫外域自由電子レーザー利用に向けての基礎研究においてめざましい成果を上げることができた。しかし、建設後10年を経たあたりから深刻な老朽化が始まり、維持業務が年々増え、現在、助教授1 助手1では対応し切れない事態になっている。さらに、光源加速器の維持は言うまでもなく、世界的な放射光源加速器の進歩に遅れをとらないようにするためには現施設の性能向上のための開発研究が必須であり、さらには近い将来、現施設を更新する際の光源加速器の設計を進めておく必要に迫られている。

UVSOR施設のような大型設備では継続性が重要であり、将来計画(1),(2),(4)に関わる光源加速器分野の組織の補強は緊急性が非常に高い。特に世界のどの施設を見ても、維持業務に加えて開発的な業務を行う加速器科学の教授グループを擁している。それは加速器は加速器科学の研究者が開発するものであり、さらに、建設後も研究者自身が開発的研究を継続して行い、性能を向上(高度化)させるとともに、老朽化による維持が難しくなる20~30年後を目指して更新計画を立てる必要があるからである。このように長期的ビジョンに基づいて加速器を育てていくため

には、分子研の他の施設とは異なり、教授職が必須である。また、加速器を有している研究所は国内でも非常に限られており、加速器科学の研究は助手に採用されてから始める場合が多く、教授あるいは助教授に院生という体制では加速器科学の研究者を養成するどころか、研究の道具である加速器の維持さえも困難となる。そのため、光源加速器関係では教授グループ、助教授グループ共に最低限、助手1を加えることが必要である。

UVSOR施設完成後17年目に入っている現在 時代のニーズに応じて新しい光源加速器の設計ができないようでは世界の学問の進歩に取り残されてしまう。学術審議会加速器科学部会の報告(「加速器科学関係機関等における今後の連携・協力の在り方について」平成11年4月9日)にもあるように、加速器科学は科学技術や工業の発展と密接に関連している。本施設もその研究拠点として加速器科学の発展に積極的に貢献することが期待されている。さらに、分子科学のような先端的な物質科学基礎研究から応用研究・産業利用まで多様な放射光利用のニーズがあるため、全国共同利用型の最先端放射光源施設と特定目的指向型の比較的小規模な光源施設の整備が必要であるとの報告もあり、全国共同利用型の最先端放射光源施設に位置づけられてきた本施設の整備と将来の新しい展開のためにも加速器科学の研究者の増強、特に教授グループの新設が必須である。

(2) UVSOR施設教官の役割分担と再編(平成12年度概算要求より要求中)

国内外の放射光施設ではいずれも加速器科学の研究者による光源加速器の維持及び開発(性能向上,高度化)と放射光利用の研究者による観測システムの維持及び開発を行っている。これまでUVSOR施設では前者については助教授1助手1を配置し、後者については助教授3助手2(客員助教授1を含む)を配置してきたが、施設の設立時より今日までいろいろな局面での自由度を持たせる意味で助教授の役割をはっきり分けることはしてこなかった。しかし、その後の加速器科学に基づく放射光科学の大きな発展に伴い、専門分野が細分化され、それぞれの細分化された分野でより専門的な研究者が育つようになった。現状として、施設内で専門分野に偏りが生じており、共同利用研究者に対して細分化された研究分野の専門的な支援が行えないなどの障害が出ている。学問の進歩に合わせて、より専門的な研究を行っていくためには、以下に示すように、放射光利用科学の研究者(分子研の場合は分子科学者)を配置する研究部、放射光用の分光器を開発する光学研究者を配置する研究部、加速器科学の研究者を配置する研究部に再編する必要がある。

- ・光物性測定器開発研究部 (施設内振替)助教授1,助手1
- ・光化学測定器開発研究部 (施設内振替)助教授1,助手1
- ・放射光分光器開発研究部 (施設内振替)助教授1(客員)
- ・電子ビーム制御研究部 (施設内振替)助教授1,助手1
- ・光源加速器開発研究部 (新設) 教授1,助手1

光物性測定器開発研究部と光化学測定器開発研究部では、それぞれ固体の光物性と気体分子の光化学に関する放射光利用研究のための測定装置を開発するとともに、施設外研究者の施設利用(共同研究)を支援する。また、客員教官の所属する放射光分光器開発研究部では、主に測定器に分光して放射光を供給するための分光器を開発する。電子ビーム制御研究部では、光源加速器内を運動する電子ビームの物理を研究すると共に、電子ビームの高度な制御によってレーザー同期技術や自由電子レーザー利用技術に対応できる安定した高輝度放射光を供給する。また、光源加速器開発研究部では、現施設の光源加速器(電子蓄積リング)と挿入光源(アンジュレータ等)の維持及び性能向上のための開発研究を行うと共に、次期リング設計の中心的役割を果たす。

(3) 光源加速器の高度化計画の推進

平成10年度より施設予算が15%カットされたことによって、将来計画(1)である現施設の upgrade に関する年次計画が中断し、深刻な事態になっている。特に入射器には手が付けられないまま、時間が経ってしまった。また、所外の高輝度軟X線光源計画の遅れを見る限り、将来計画の最終目標である分子研独自の次期リング建設が当初計画通りに進むことは非常に困難であると判断される。このような次期リング計画の遅れをカバーするために、以下のように、現施設を大きく変更することなく適度の予算規模での入射器の性能向上、挿入光源の増強、高輝度化・高強度化を段階的に行う必要がある。当初の年次計画と高度化計画を加えた現在の年次計画の比較を図1に示す。

- (1) 入射器の性能向上 (RF高性能化, 直線加速器高性能化, シンクロトロン改良)
- (2) 現施設の挿入光源3カ所の内, 2カ所の挿入光源・ビームラインを高度化
- (3) 第1高輝度化・高強度化。ラティス改造による短直線部4カ所増設
- (4) 第2高輝度化・高強度化。挿入光源6カ所(長直線4, 短直線2)を持つ施設へ

本高度化計画(1)~(4)は現施設を大きく変える計画ではないので、老朽化が深刻になる前にできるだけ早く段階的に実施していけば、技術的に大きな問題はない。今後、光源加速器の研究者の増強を行い、細部について検討する必要があるが、高度化計画(1)~(4)の段階で、各コンポーネントを次期リングでも利用できるように工夫することも可能である。このように新しい施設計画を走らせる前に高度化計画を実現することは、より現実的、より効率的な性能向上を可能とする。

世界的には高輝度、高強度の放射光を実現するために、UVSOR施設と同程度の中規模共同研究施設は単なる老朽化対策を施すのではなく、それぞれ新たに放射光リングを建設して新しい成果を発表し始めている。国内では残念ながらこのような形での施設更新計画が

認められていない。また、短パルス性、干渉性等にすぐれた通常のレーザー光源の特性をX線領域で実現しようとする全く新しい考えで大型の自由電子レーザー施設計画も始まっている。現在、我が国では放射光の全国共同利用施設としてUVSOR(0.75 GeV)以外にSPring-8(8GeV)と高エネルギー加速器研究機構のPhoton Factory(2.5, 3.0 GeV)の二施設があるだけである。利用者に供給できる光のエネルギーはこれら三施設で大きく異なり、いずれも放射光科学として欠かすことのできない施設である。また、全国共同利用施設として計画中の東京大学と東北大学による高輝度軟X線光源(それぞれ1.6 GeV, 1.8 GeV)との重なりもほとんどない。放射光利用研究として大型施設を建設すれば中型・小型施設が不要になるものではなく、施設の大きさ(ビームエネルギーの大きさ)によって最も有効に利用できる光のエネルギー(波長)が異なる。図2にこれらの役割の違いを概念的に示した。中規模放射光施設としてUVSOR施設が最も有効に提供できる極端紫外光は分子との相互作用が非常に大きく、分子科学を中心とする物

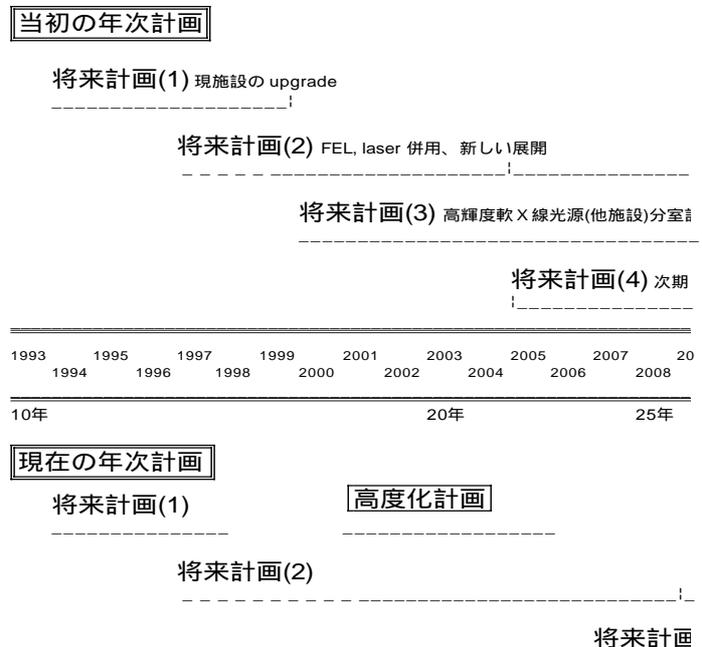


図1 当初の年次計画と現時点での年次計画(高度化計画を含む)

質科学研究に不可欠である。UVSOR施設におけるこれまでの利用研究をさらに強化し、世界的な学問の動向に立ち後れないようにするためには、緊急に上記UVSOR高度化計画を推進し、極端紫外光領域を中心とする高輝度、高強度の放射光利用研究、短パルス性、可干渉性の自由電子レーザーの利用研究を実現する必要がある。

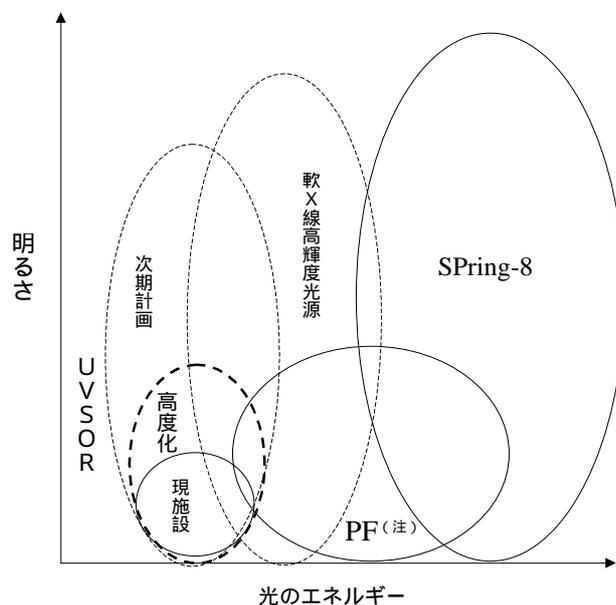


図2 全国共同利用放射光施設（計画中のものを含む）の位置付け（概念図）

（注）PFの将来計画としてPF更新計画（詳細不明～2010年を目標）、

AR高度化計画、X線FEL計画の三つがある。