

6. 戦略性と緊急性

・3つの循環サイクル(学術開拓・拠点構築・放射光コミュニティー)

限られた資源の有効活動と地球環境保護の観点から持続型社会の重要性が認知され、循環型社会への拡張も提唱されている。この考え方を発展させると経済活動のみならず、学術活動においても専門家の枠組みを超えて総合的なアプローチで効果的に生産活動をすることが求められる時代となった。本計画では3つの視点で循環サイクルを構築し、持続性社会を拡張させた自律性社会の実現に向けた社会学的なモデルケースの側面も持つ。

・光計測を軸とする研究環境の一元化(循環サイクル1)

光源技術と分子科学ノウハウによるシーズブッシュ型とバイオ系や量子マテリアルの複雑系標的のニーズプル型の両輪ドライブによる研究推進は放射光設備利用法の転換期であることを既に述べた。時代背景から複雑系・不均一系の科学を目標に掲げた計画が散見されるが、真に分野融合を成し遂げ困難な課題を達成するためには、各種設備のハード的な充実はもちろんのこと、利用支援や周辺研究環境のソフト的な側面も極めて重要となる。我が国では依然として分野横断的な組織づくりは欧米に比して後発的で、バイオ系の利用に配慮した光計測環境は限定的であり実験機会が十分に提供できていない。また個々の要素技術や分析装置は各機関に配備されているため、名目上は挑戦的な課題も実施できる環境が存在するように見える。有能な研究者らによる成果が一定量生み出されることは期待できるが、試料環境の制約による限定的なテーマ設定や、付带的に必要とされる補完実験までのデッドタイムが発生するため効率的ではなく、国際的な競争力をもって分野開拓するには心許ない。特に生命科学や生物学では、周辺研究環境の充実性が研究推進の律速となることが多々ある。新鮮な試料を光計測するための試料調製環境や検証実験環境、あるいは拡散防止措置レベルが厳格に管理されている実験室環境や、共同利用における生命倫理審査体制が整っているなど、主たるインフラ以外の整備が充実している共同利用拠点が存在しないことが問題である。こうした実験研究の一連の作業として、実験申請、試料準備、試料分析、そしてメインの光計測、事後の試料確認、データ解析のスキームを一貫して実施することで初めて困難な複雑系の研究が進展する。

計画準備段階から、化学やバイオ分野のユーザーが光科学で活躍できる場を構築し、多視点で光科学研究が発展することは必須である。例えば、技術面では先端バイオイメージングで赤外・可視光帯レーザーを駆使した超解像度法やコヒーレントラマン分光法の展開がめざましい。軟X線帯は軽元素に感度をもち化学状態計測に適すため、放射光ベクトルビームや光渦を併用するなど革新的技術を未利用波長帯で展開すれば、マルチビームによる新たな超解像度技術による複合イメージング法として期待できる。こうした未探査な物質群へ、斬新な視点での光の利活用が期待され、新たに微細かつ俯瞰的・巨視的な機能探査による新たな研究発想の獲得による計測ブレイクスルーを誘うことができる。構造からの機能の推測による生物学から脱却し、例えば細胞膜内の各組織の階層相関計測など、より直接的な状態・活性・機能の可視化や、ビームアシスト法によって、光による生体システム操作・制御の方法論の開拓を目指すことに繋がる。具体的な手法内容や装置仕様は、11章以

降に記載する。

一方、バイオ系の需要により開拓される新規手法は、化学反応ダイナミクスや量子マテリアル制御など他分野へと技術転換される。軟 X 線における「水の窓」の利用方法が確立すれば、無機材料の水和物などの計測などが想定できる。これはかつての技術循環の逆サイクルと言え、学術系放射光施設が担う波及性と持続性を意識した本計画の重要な戦略の一つである。

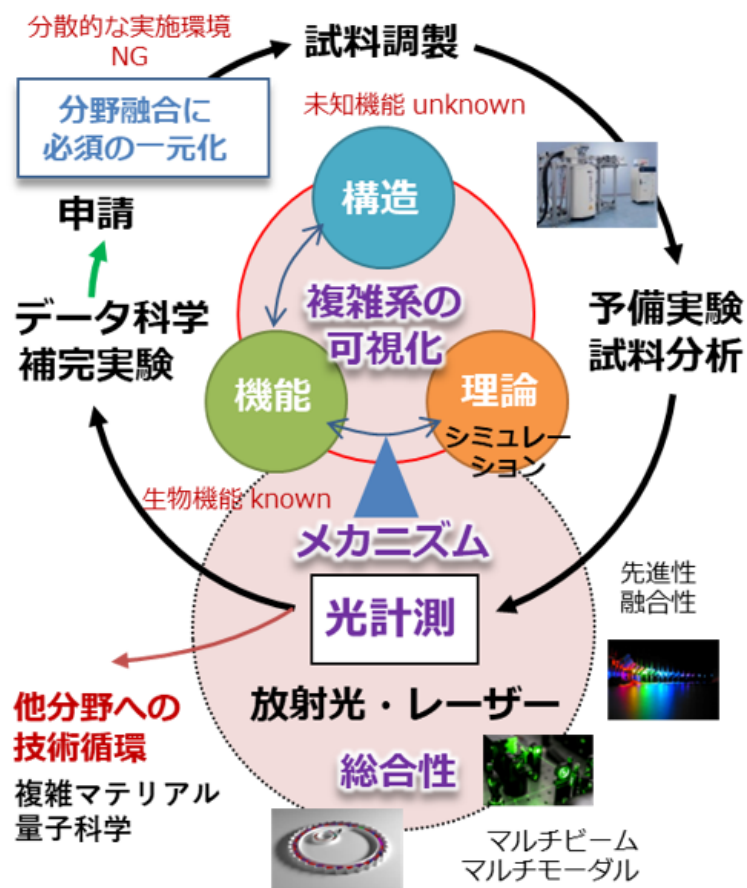


図 6-1: 複雑系・不均一系の光計測のためのサイエンス循環

・拠点ハブと共同研究による分野構築(循環サイクル2)

組織的な側面では、光科学のビギナーから専門家までを網羅する研究支援環境を OML 集約することで、有効な頭脳循環と人材育成環境として有効に展開できる。進展が著しい DX 技術を大型施設へ導入することは重要な展開であり、これまで専門家の勘・コツ・経験に依存していた先端計測が、

51 AI ロボットや機械学習支援による計測・分析環境の充実によって、その利用法や研究標的は大きく様変わりするはずである。さらに、これまで分野外だった研究者たちの参画は、斬新な視点での光の利活用が期待され、新たな研究発想の獲得、より俯瞰的な科学観の獲得、セレンディピティ機会の創出へと誘うことができる。システムインテグレーション(物質・計測・制御・解析・理論)により、放射光・レーザー光・分析・加工・データ科学等の各分野技術の融合を加速し、テラヘルツ、赤外、紫外線から軟 X 線までの広く長波長帯を網羅する「使い易い」放射光・レーザー光源と、量子光、自由電子レーザーやパルス γ 線の「挑戦的な」特殊光源を利用した、機能・物性の制御・計測拠点の構築による多彩な学問領域への貢献を目指す。

大学共同利用機関を中心に人が集まるシステムはあるが、自身の実験計画の遂行が目的であり、また各実験手法間のコミュニケーションは難しく、施設へ来所した利用者間の交流機会が乏しい。閉鎖的な縦割り関係を打破するべきである。光源制御と分光計測を専門家とする研究者と技術者集団による支援と、URA をはじめとしたスタッフの人員数強化による抜本的な体制改善が必須であり、相談窓口から計測・解析支援までを一元化した OML 協力研究環境を生かして異分野交流を促進し新領域を切り開く。各連携機関の協力により、光科学のビギナーから専門家までのテラーメイド支援環境で協調的研究活動が活性化し、有効な頭脳循環の場合は人材育成としても独特の環境となる。これまで専門家の勘・コツ・経験に依存していた先端計測がビギナーにも利用できる環境となり、その利用体系は大きく様変わりするはずである。近年、大型設備開発の機会が稀有になり、若手へのノウハウ伝承が急務である。若手育成については 7 章で述べる。

物理系で循環させてきた人材供給は、新たなソースとしてバイオ系の分野母体をユーザー開拓することが有効である。異分野融合が叫ばれ、個人研究レベルでの成功事例は多数見受けられるが、組織レベルでの計画は今後の課題と言える。特にレーザー光源を非専門家が自由に扱える環境が不足しており広く普及させるための工夫が必要となっている。個人研究者との共同研究による技術伝承は限定的である。そこで、単なる先端放射光設備の建設ではなく、歴史的に開発競争関係にあった小型レーザーや自由電子レーザー等のあらゆる光源を一堂に介し、その利用法の大転換をもって、システム統合によりライフサイエンスへの展開までを意識した超異分野融合を加速する。

一方、本計画で重要なニーズ規模の期待値を示すものとして、バイオ系のコミュニティからは、挑戦的な「自律型生命機能」の解明に向けた手法開拓の取り組みに対し、高い関心とともに計画支援の意を表明して頂いている。生命科学分野における計測は、岡崎三機関、量生研、農工大、ExCELLS がコンソーシアムを構築し手法開拓を担いつつコミュニティ拡大を目指す。量子・マテリアル分野における計測は、既存ユーザーを中心に IMS、物構研 PF、広大放射光科学研究センター(以下 HISOR)、名大シンクロtron光研究センター(以下 NUSR)が持続的に牽引する。学術連携の循環は、その外縁にある産学連携へと連続的に展開させることができる。共同研究体制については 9 章にて述べる。

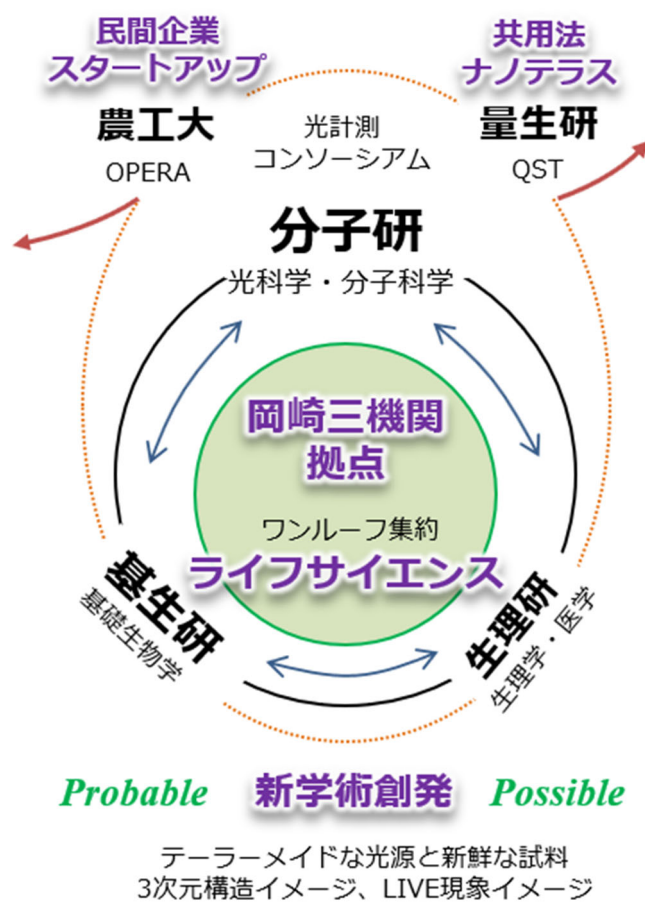


図 6-2: 複雑系・不均一系の光計測のための拠点ハブと共同研究循環

・学術系放射光の施設連携と共用施設との相補性(循環サイクル3)

今まさに成熟期にあるレーザーと放射光施設の利用転換期と捉える時期である。光源技術の開発だけでなく、利用者の立場に即してあらゆる光(放射光とレーザー光)を同等に提供し、特定のコミュニティだけでなく、多くの研究者が先端光科学を推進できる研究支援体制を構築し、ユーザーが求める計測に最適な先端光源を安定的に提供できる環境を整えることが重要である。このような施設は利用者視点で見れば、理想的な大型光源施設の設置理念であるが、これまでの各コミュニティの歴史的な背景から国際的に実現していない。国内にはレーザー技術を自由に使える共同利用機関は限定的である。

| 53

また人口減少や分野コミュニティのトレンド移行に合わせ、放射光ユーザー供給源も物理系から、分子科学やバイオ分野への拡張が有効であるが、10 数年前から戦略的に進めている欧米に比して出遅れている。本計画の実施時には、日本は 9 施設 10 リング型放射光源の体制であり、大型の SPring-8(8 GeV)、中型の NanoTerasu(建設中 3 GeV)、小型の UVSOR(計画 1 GeV/0.75GeV 切替型)で全エネルギー帯において最先端の光科学を網羅的に実施でき、さらに他の大学設置施設で学生を中心とした人材育成が進められ、また民間利用に特化した地域施設で、その需要に応じた適切な実験環境が整備できる。こうした光科学研究環境は極めて独特で、国内に多種多様な放射光施設が存在する強みとして、相互連携による技術開発や人材育成で大きなアドバンテージがあるといえる。このような多くの放射光源施設が存在していても、日本の施設の利用度は 100%以上である、高い産業利用度も含めて、諸外国から機関間の分担や運用法は参考にされている。欧州では各国の施設長が集まって戦略的コンソーシアム LEAPS が結成され、各施設の光源特性にあった利用分野等の役割分担の議論があるが、国内事情が優先され、調整作業は非常に困難であると聞いている。本計画ではこうした放射光コミュニティの敷居だけでなく、レーザー光源のコミュニティを包括することで、設備上の垣根を払拭し、ユーザーにとって利用障壁のない「あらゆる光」を駆使することのできる実験環境を提供する。欧米との国際競争を視野に入れると、地理的立地からアジアオセアニアユニオン構想も議論すべき段階にあり、主導権を握るためにも技術開発の先駆性と持続性が重要である。またバイオ系利用で顕著な、電磁波やX線を利用した構造解析学の先にある新たな機能評価法・分析法の開拓が世界的に求められており、新センターがその突破口を切り拓き、世界トレンドを作る。岡崎三機関の分野横断的な議論により生命科学分野における光の新規活用を通じた学術ハブ機関としての役割が再確認され、今まさに機運が高まっている。

光の未利用分野の研究者人口や、経済成長中のアジア諸国の潜在需要(人口と産業)を鑑みると、今後の光科学研究のユーザー数の増加傾向に比して、それを支える研究者と技術スタッフや、分野を牽引するヘビーユーザー母集団の頭打ち状況を克服する必要がある。既に 2020 年度より、放射光分野では学術 3 機関の連携プログラムで施設横断的な技術継承と若手育成を進めている。サイエンスと人材循環が 10 年サイクル、大型設備の更新サイクルが 20 年程度と長いために、その機会が重要な因子で、施設の絶対数が一定数必要となる。さもなくば、若手へ技術伝承する機会が 20 数年に一度となり、技術レベルが低下する可能性が高まるだけでなく、要素技術を開発できる民間企業の持続性にも影響する。人材と技術枯渇を防ぐためには、国内施設規模は維持しつつ、定期的な施設更新機会を欠かさないことで長期的な発展に資することができる。

民間企業による産業利用の多くの事例は、学術利用とは全く異なる時間軸あるいは支援内容が求められる。申請方法、支援体制、地域性、利用規模など、検討すべき項目は多岐にわたる。主に Aichi SR や SAGA-LS、また新しい試みとしてコアリション事業を始めようとしている NanoTerasu の戦略が参考となる。具体的な検討については第 9 章にて後述する。我が国における 10 施設の役割分担とその存在意義は、日本放射光学会において議論され、その他の各サポートレターにも記述されているとおりである。次期計画で高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所(以下、物構研)PF 施設が目指す放射光設備を利用したマルチビーム実験は、短波長 X 線帯では唯一の方法となる。PF 施設は歴史的にも加速器研究者集団の強みがあり、次期施設 PF-HBR は世界的に光科学の学術を牽引していくであろう。また技術革新による大型施設の省エネ化は重要な研究課題である。こうした基礎技術や学術の発展を我が国の共通資産とすべく、マスタープランをもとに学術三機関で連携して次世代の技術開発を進めている。

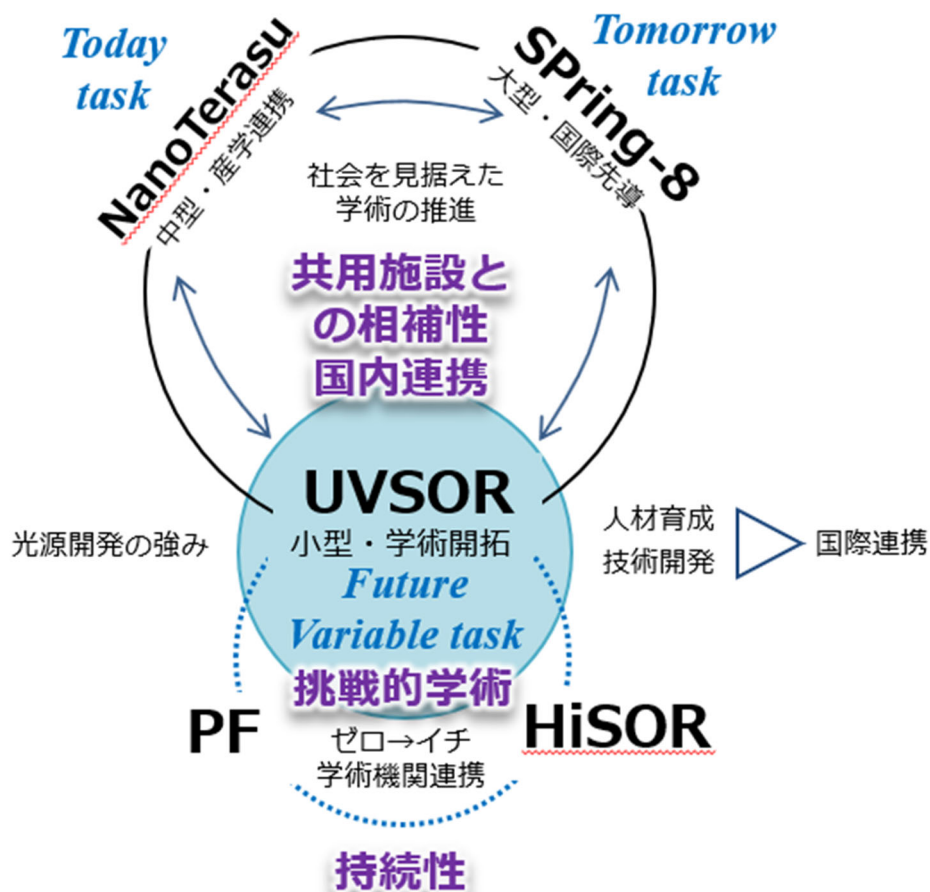


図 6-3: 複雑系・不均一系の光計測のための放射光施設循環

・将来的な我が国の成長・発展、未実施の場合の弊害と懸念

共用推進法による国策としての大型放射光施設の活躍が目にとまり、新たな施設建設や次の高度化の展開にも期待が高まる中、問題点も懸念されている。例えば、NanoTerasu のコアリションコンセプトには産学連携の新たな試みとして、多方面から高い期待が寄せられるが、その一方で将来的な懸念材料として、金銭的な負担ができる企業参入に限られる点が挙げられる。決して安くはない有償利用が運用形態の基本であるので、中短期的にそれに見合う経済効果が見える研究に対してのみ、業界が先払いをして利用する形態で、確実な成果が求められると共に挑戦的な計測は戦略が難しい。また共用法施設の学術推進は、今日的な社会要請に関連した分野に限定的となり、ゼロをイチにするような開発段階の次世代の計測法を試行錯誤で研究するような体制は、こうした大型施設では運用コストの観点等で現実的に実施困難であるため、こうした光科学の革新的発展を担ってきたUVSOR、HiSOR や PF 施設の学術機関の責務は大きい。既に我が国発信の「新手法や新装置」の登録件数は減少の一途であり、これが先端成果の 2 年遅れの発信という負のループの源と言われている。最近、英国 Nature 誌に示唆的なタイトルの記事「[Japanese research is no longer world class — here's why](#)」が報告された(Nature, 623, 14 2023)。ましてや 10 年後の世界トレンドを創発するような挑戦的研究は言わずもがなである。20 年程度前は、先端開発コストも現状のように高くなく、個人研究による各種開発があり、その分野も多岐に渡っていたが、現状で残されている課題の多くは、時間と経費のかかる標的であり、大型インフラ整備とそれによる手法開拓は学術機関が担う意義が極めて高く、長期的成長の視点で予算措置政策の抜本的な対策が不可欠である。我が国が主導して 10 年後の世界トレンドを創れるかは、国力としての知的基礎力そのものの鏡と言える。他国の後追い技術では初期費用対効果に優れるが、全て二番煎じの技術では総合的な経済効果が薄まる懸念があることは前述のとおりである。さらに、自国内の大型設備の開発があつてはじめて地元地域・国内の装置メーカー向けの技術開発の場が保証される。つまり、大型設備の設置計画は、基盤産業の振興となる。特に放射光施設は、真空・光学・計測機器の技術の蓄積が進み知的財産が創出されるのはもちろんのこと、時代を跨いで技術伝承がおき、エンジニアが新しく育成される。我が国

に放射光施設が複数ある恩恵として、各要素技術が開発され中小企業が成長してきたが、一方で、測定プロトコルや OS はほぼ海外製である点は忸怩たる思いである。

かつてのマスタープランに代わる試みとして、日本学術会議の「未来の学術振興構想(2023 年版)」が新たに策定された。日本放射光学会から提出されたビジョン「新学術分野の創成と社会課題の解決を実現する先端放射光科学」は、19 のグランドビジョンのひとつである「量子ビームを用いた極限世界の解明」に取りまとめられた。その中で、わが国の放射光科学を継続的に向上させ、世界をリードする体制を実現し、更なる知の探究とエネルギー・環境・生命に関わる諸社会問題の解決を目指すために以下の 3 点、

- 1) 先端光源開発とその光源特性を活かした革新的な実験手法の開拓を担う人材育成
- 2) 放射光のみならず各種量子ビーム、その他広範囲の計測分野や理論研究との学術連携
- 3) 放射光施設ネットワークを拠点とした物質・生命インフォマティクス基盤構築

が強調されている。UVSOR が申請したビジョン「複雑・不均一系の分子ダイナミクスに挑む量子光科学拠点の構築」も本グランドビジョンに掲載された。新たに策定されたグランドビジョンによる提言は、我が国の多様な学術振興の指針となるとともに、学術政策、さらに関係省庁、大学を始めとする研究教育機関等における具体的施策や予算措置に活かされることを期待するものであるが、その実現を強く望む。

・先端科学分野の人材育成と技術伝承

分子科学、基礎生物学、生理学の今後の発展には、複雑系に最適化された先端分光技術の開発とそれを担う次世代研究者の育成が国際競争下を鑑みて急務である。特に、若手研究者の育成において、手法開拓や装置開発の経験は最も困難な部類のひとつであるため、昨今の物理学・物理化学分野の動向からは極めて深刻な状況であるといえ、緊急性が高い。いわゆる団塊ジュニアの世代を最後に若手が装置開発経験できていない状況に陥っている。経済成長期に深化した、材料科学・分子科学で培われた技術開発ノウハウを次世代に伝承するためには、失われた 30 年の影響は顕著で、残された期間は少ない。また、先端技術を駆使した光を使いこなすための人材育成もしかりである。特に複雑系の計測は、光技術の詳細な技術的ノウハウなしでは極めて困難である。実際に、

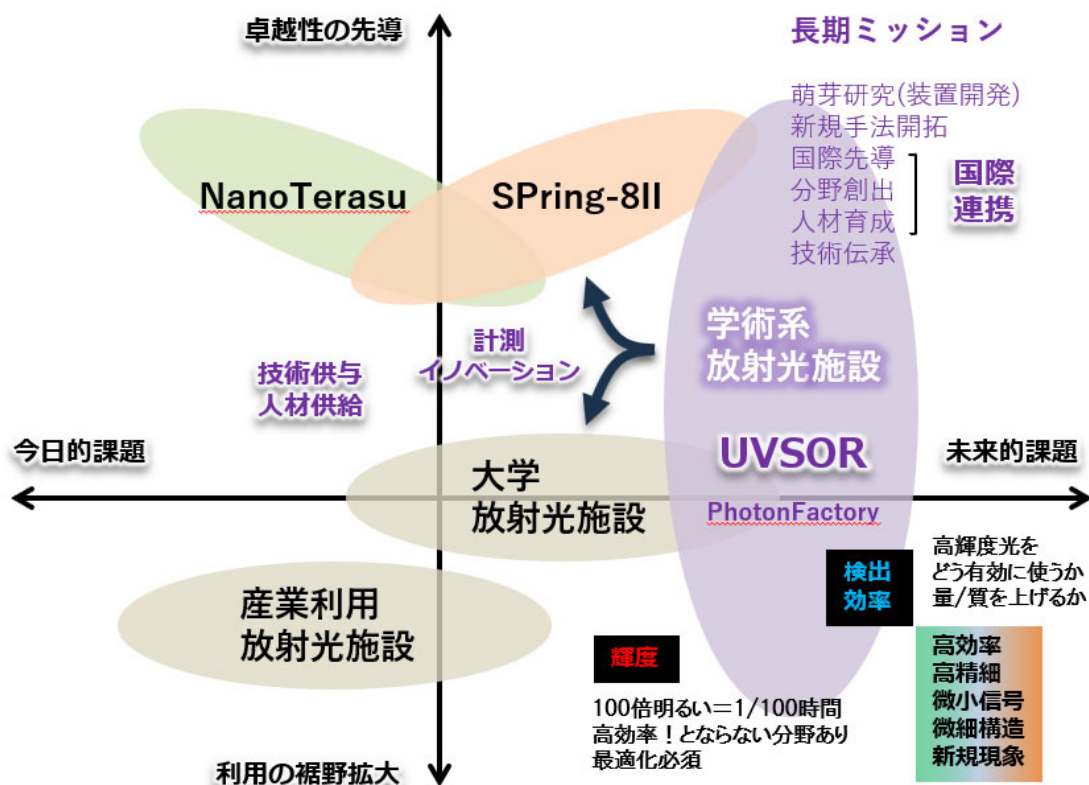


図 6-4: 我が国の放射光施設間の相補性. 装置改良は各施設の特定分野発信で定期的に行われ、実施されコミュニティに還元される. 多彩な基盤学術の持続性に極めて有効な分担体制

未利用分野への対応を組織化するには、極めて潤沢な人的支援と実験環境の構築が不可欠で、国際的な評判の高い英国並みの支援体制を早急に構築すべきである。

こうした課題対応として研究補助となる DX 技術の開発は並行して進めるが万能とはいえない。長期的に将来に渡り、さらなる発展性を期待するならば、若手が自ら経験しノウハウを創出する能力を訓練し、次世代を切り開く人材を育成することが望ましく時間を要する。本計画では、装置開発経験の希少な機会の時間と空間を共有し、多くの異分野の研究者が顔を突き合わせて活動できる「光道場」の環境を提供することによる教育と技術継承により、我が国の組織力の抜本改革と強化を狙う。機構が主導する OML プログラムを通じた支援体制や、岡崎三研究機関の基盤コミュニティによる機能集中が効果的である。

新たな学術分野の創発や、新規手法開拓・装置開発には長い試行錯誤の時間と多くの学生の協力などが必要で、特定の大学や機関を越えた仕組みづくりが必要である。大学共同利用機関をハブとした連携支援体制と、学術施設として運営される大型設備が不可欠と言える。国内での共同利用施設が直接、理系人材の育成の場となるばかりでなく、その成果発信が、次世代の理科好きの子供や理科教員を増やす好循環を生み、理科教育 STEM の強化に役立つ。また、地域性としての地位確立も重要で、アジア諸国から留学生を受け入れることで技術・技術者の海外伝承と波及につながる。文化輸出は武器輸出に勝る。学術施設は、新たな BL・実験ステーション・測定手法を大学・研究所の研究者らと施設の研究者が協働して実施する環境がある。加えて、IMS が創始期に掲げた三本足の鼎の理念に従い、技術者と研究者と支援員の連携で効果的な開発が進む。さらに、学術施設間の職員間交流によってコミュニティ全体で技術伝承が進んでいる。大型施設の共有環境「光道場」における希少な機会を教育プログラムとして利用し、複雑な設備をブラックボックス化せずに仕組みを理解しながらシステムを組み上げる経験を積むことができる。こうした学術施設でノウハウを身に着けた若手や技術職員が、期間限定で他施設の更新や建設現場の支援に出向き、仕様書・技術設計書には出てこない関連技術の知恵が伝えられる。また、学術施設では旅費支援と共同利用者用宿舍の提供を通じて、遠距離の地方大学からの利用をも広く支えてきた。また共同利用課題の通年申請など、息の長い課題研究の受け入れによって、大学院における計画的・継続的な教育・研究学生が保障されてきた。学生自ら計測・実験に参加できる、質の高い大学院教育の基盤となっている。将来、大型放射光施設が共用推進法のもとに SPring-8 と NanoTerasu の2施設に集約されると、学術研究の推進に必要な持続的な人材供給は叶わず、結果的に広義の学術基礎体力の低下につながるだろう。本計画を実施しないことによる日本に対する研究者コミュニティからの信頼喪失や学術における国際的プレゼンスの低下等の影響は極めて大きい。

・バイオイメージング手法開発の国際競争

欧米とのバイオイメージング技術の開発競争は熾烈を極める。国立研究開発法人科学技術振興機構の発表した 2021、2023 年度の「研究開発の俯瞰報告書」にあるように、我が国では新学術領域、AMED、CREST、さきがけなどのプロジェクト型研究が複数発足しているものの、手法開発は欧米のスピード感に負けている。超解像度顕微鏡や、プローブ顕微鏡が主体であり、放射光施設を利用し

た積極的な開発動向は国内外を見ても見当たらない。一方で、実験室レベルでのレーザー光源を用いたバイオイメージング装置の開発もにぎわいを見せている。大阪大学のグループを軸とした、「次世代統合バイオイメージング研究所の設立計画(第24期重点大型研究計画2020)」は、本計画と類似目的であり、分野ニーズの一端を見て取ることができる。本計画の放射光源やレーザー光源を自在に活用し、複数の実験手法開拓を目指す計画は、分野の波及性、共同利用インフラとしての投資性、開発装置の流用性などの長期持続性の観点で優位性があると主張したい。また同機構2023年度の「研究開発の俯瞰報告書」には、イメージング法の発展に伴う、共同利用の促進、システム普及や市販化に向けたオープンプラットフォームへの取り組みの重要性も指摘されており、本研究における大学共同利用機関が軸となる計画の有効性を指摘できる。また同書では我が国の構造的課題として、異分野連携の希薄さも問題視されている。ライフサイエンスにおけるイノベーション創出のためには、極めて多くの分野(生命科学、医学、工学、情報学、数理科学)の有機的連携が必要であるためとされている。欧米の成功事例をあげ、オープンサイエンスや共同研究を進める土壌として、コアファシリティとファシリティストッフ(技術者)の核が重要であることを指摘しており、本研究の目指すところと合致する。バイオ系の光計測は、試料染色法、レーザー光学などの技術的障壁が高く、一部の専門家に限定的である。そのため広く普及させるための仕組みづくりが重要である。本センターには、市販品の計測システムを導入するだけでなく、連携機関にて開発された、多光子励起可視光レーザーを用いる先端システムを共同利用設備として整備し、専門のオペレータの支援によって自由に活用できる運用システムを新センターに構築する。オペレータは伝統工芸の匠に準じた職人である。大型施設の研究拠点は、世代をまたいでこうした人材を育成する義務を担っている。



図 6-5: 研究開発の俯瞰報告書(2023年) ライフサイエンス分野には今後のイメージング法の展開をはじめ、国際比較検討の結果がまとめられている

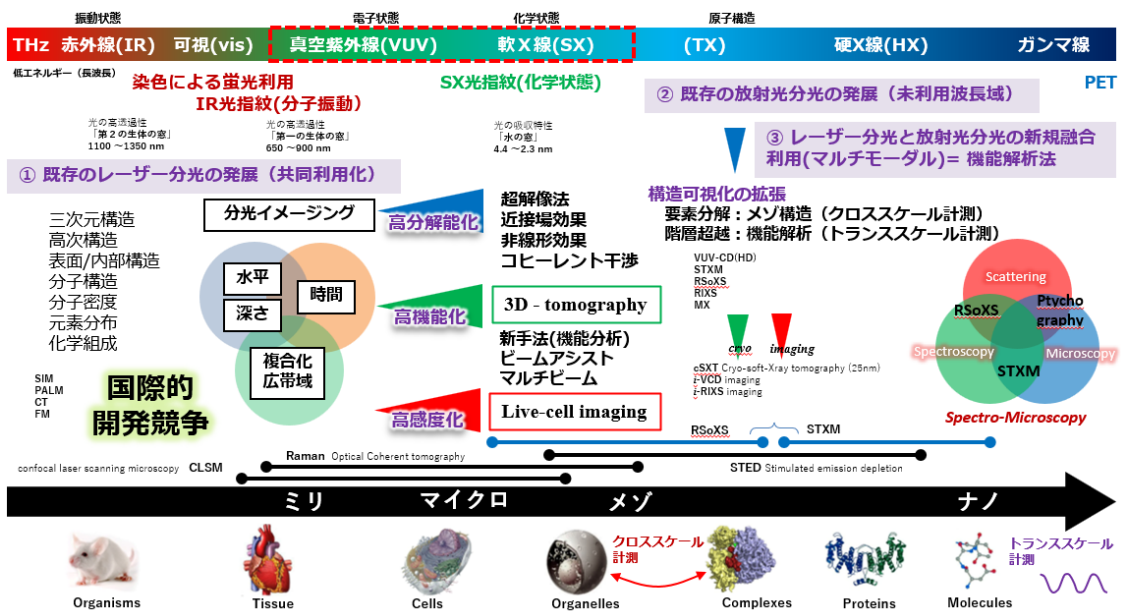


図 6-6: ライフサイエンス分野の分光イメージング手法の開発動向。まだ使われていない波長帯の光を利用するイメージング手法の開拓や、広帯域光の融合による新規手法の開発が求められる

・放射光施設間の国際競争と各計画

放射光施設は第三世代光源の技術的成熟に伴い、中型施設ではいわゆる第 3.5 世代(あるいは第 4 世代)と言われる、コヒーレント性を生かした実験へ移行するための高度化更新計画が散見される。欧米の主要施設が 10 数年経過する時期を迎え、2025-2026 年には欧米で実に 7 機関での改修工事ラッシュが計画されている。我が国では 1990 年代に世界に先駆けて、当該中型施設の建設計画があったが、時の政権事情により立ち消えとなり、来年度稼働予定の東北の NanoTerasu 実現まで、30 年弱のブランク期間を生じる結果となった。失われた 30 年の末裔として誕生するため、この間に世界中で蓄積された先端光技術のノウハウを集約できることは最新型設備のメリットであり、ようやく手にする国際標準の施設を我が国の研究者の多くが利用できる環境ができるのは喜ばしい一方で、上記のように先行する各国は更なる高度化により優位性を伸ばすことになるであろう。まさに周回遅れの極みである。このような政策ミスを二度と冒してはならない。

欧州では放射光施設のネットワークを通じ、それぞれの放射光施設がアップグレードを立案し、再建設期間をずらしながら人材交流を進めていた。現実にはコロナ禍・政情不安・エネルギー危機などが影響し、そうした人材・資材・技術のサーキュレーションが滞っている局面も生じている。図に示すように計画がずれ、アップグレードに向けた 5 施設の停止期間が 2025 年に重なることとなる(軟 X 線氷河期)。こうした“dark period”はサバティカル制度を通じた人材交流が盛んになる機会でもある。ここで国内施設の海外に対する visibility の向上も重要で、欧米で閉じがちな国際連携の輪に参入する必要がある。なお、国内では放射光学会や光ビームネットワーク事業(<https://photonbeam.jp/>)、学術 3 機関連携(マスタープラン 2020)など横串の取り組みが進められている。また、昨今のエネルギー問題により、電力集中する夏季期間の支援体制の持続性が問題視されている。大型施設では

運転コストの観点で利用停止措置をとる可能性があり、一定期間の国内需要が満たされない懸念が生じている。省エネ型の小型施設運用による受け入れ体制の確保が重要である。大型施設として世界を牽引してきた SPring-8 の次期計画(SPring-8II)が進みだした。次期施設は、長波長帯の赤外ユーザーへの支援停止案とされているため、我が国における赤外利用コミュニティの持続性を鑑みて、UVSOR の存在意義が高まっており、今後の展開についてユーザーコミュニティとの議論を進めている。

今回の科学目標は、挑戦的な「自律性」計測を中心に記述しているが、光計測アイデアが広まってしまうと、あとは経済力と時間の勝負となる。肅々と国際優位性を築くことが望ましい。世界的にみて、多くの国では一国一施設政策が標準で、コストパフォーマンスの観点から中型施設を保有するのみである。これは自国単独での網羅的な学術開拓ではなく、近隣諸国との協調による総合力で勝負する戦術とも言える。我が国はアメリカ、ドイツとならぶ放射光大国であり、国際的な技術開発の競争時代において、放射光大国日本への持続的な要素技術開発への期待は高い。技術普及後の爆発的なコミュニティの増大にも耐えうる盤石の施設連携があり、さらに加速化できることも我が国の強みである。小型施設は目的利用が特化されるため、世界的にみて施設数は希少である。小型施設が得意とする長波長帯の光源技術開発課題が多く残され、国際的にも希少・未開拓な学術フロントアが潜む。既存光源の利用においても真空紫外線・軟 X 線の波長域は、特に分子科学や生命科学で重要な軽元素に適した波長帯であるが、まだまだ光源性能をフル活用しているとはいえ、効果的な新学術開発への取り組みが期待できる。現状では、スウェーデンの小型施設(Max-IV)が最先端技術とともに稼働し始めたところであり、早急に本計画で、対抗環境を構築する必要がある。

また、レーザー光と放射光の融合利用は長い歴史をもつが広く共同利用展開されるには至っていない。またレーザー光源を自在に利用できる共用施設は国際的にも限定的である。複雑系をひもどくための光のクロススケール・トランススケール計測の技術確立が成されれば、生命科学にとどまら

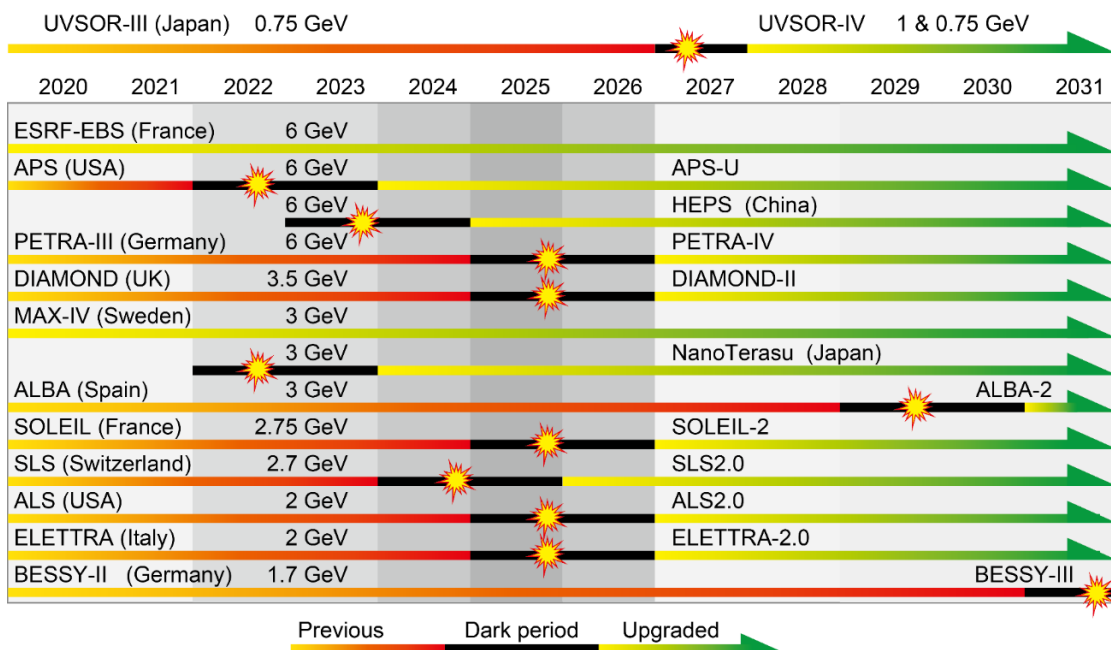


図 6-7: 欧米における第三世代放射光施設の各更新計画

ず、多くの分野で国際主導権を得るだろう。このような光を軸とした化学・バイオ系の融合研究環境例はまだ少ない中、紫外線の活用例や実験成功例が発信されれば熾烈な国際競争が生じるため、我が国の優位性を堅持するためには総合力をもって速やかに実行する時期にある。我が国における研究成果の発信状況を見ると、世界的なトレンドから約 2 年遅れて論文数の上昇がみられることが示されている。例えば、光電子分光法における分析器のシェアはほぼ海外(欧州)勢で占められている現状がある。欧州の放射光施設の光電子分光 BL に地の利があり、仕方なく海外の先進ビームラインを拠点とする国内ユーザーも少なくはない。技術交流・人材育成の観点から海外との共同研究は重要であるが、同時に国内コミュニティの空洞化にもつながる。光電子分光法における電子エネルギー分析器のように、その根幹技術が海外頼みばかりでは、当該コミュニティの成長は極めて困難である。かつて我が国に存在していた各種分析器を開発する力を、再度国内コミュニティで育て、国内に物性研究拠点を築いていかないといけない。こうした苦い経験をふまえると、10 年後のトレンドを見据えた戦略的な最先端設備への投資と整備が極めて重要である。本計画による複雑系・不均一系への光科学展開により日本発で世界標準を生み出し、国際競争力を向上させることが不可欠である。

・既施設 UVSOR の老朽化

2023 年 11 月 10 日の初点から UVSOR は 40 年を経過し、長きに渡り大型インフラを維持し、特定の分野ではあるが国際的な牽引にも成功してきた。2 度の高度化で多くの設備が更新されてはいるものの、依然として一部の設備は当時のものを利用している。国際競争力のある実験設備は稼働しているものの、耐用年数を越えて更新不能な設備が残り、これ以上の長期的な施設維持は困難である。また地下環境によるスペース拡張性が乏しいことから、次期施設は新地に建設することが効果的である。一般的に老朽化対策・技術の伝承はネガティブに捉えられがちであるが、まさに喫緊の課題である。材料開発や民間利用では実験・計測データの再現性が求められる分野が多くある。制限されたリソースの中でも、先端計測をとがらせるとともに、すそ野を有効に広げることが理想である。それぞれの放射光施設単独で全ビームライン開発を担うばかりではなく、海外の放射光施設で実施されているような、複数の大学にわたる研究コンソーシアムが BL とエンドステーションを建設し、人を育てるような例が中小型放射光施設にて展開されるべきだろう。

本計画は、これまでの検討における最適解としての建設計画になっている。一方で、我が国の財政状況をふまえた検討も進めており、縮小した場合の中長期計画も今後は同時にしていく必要がある。