

調査報告書

平成 28 年 3 月

国立研究開発法人理化学研究所

放射光科学総合研究センター

目次

項目	ページ
1. はじめに	1
1.1 調査の目的	1
1.2 調査の方法	1
1.3 調査体制	2
2. 放射光施設及び研究の現状	2
2.1 放射光研究の現状	2
2.2 世界の放射光施設	3
2.3 日本の放射光施設	4
3. 既存の硬X線第三代放射光施設次世代化計画	7
3.1 次世代化のトレンド	7
3.2 ESRF の高度化計画	8
3.3 APS の高度化計画	8
3.4 PETRA III の高度化計画	8
3.5 SPring-8 高度化計画	9
4. 硬X線次世代放射光源新設計画	10
4.1 中国での光源計画	10
4.2 ロシアでの光源計画	10
4.3 Energy Recovery Linac (ERL)光源	11
5. 中型次世代放射光光源	11
6. SPring-8 の諸課題	12
6.1 現状での課題	12
6.2 現 SPring-8 運用の効率化	12
6.3 SPring-8-II 改造時に目指すべき一層の効率化	14
6.4 支援体制の効率化	15
6.5 効率化の境界条件と阻害要因	17
6.6 SPring-8 を見る社会の目	17
7. 産業利用の改革	18
7.1 SPring-8 産業利用の進展	18
7.2 現状と課題	19
7.3 今後の方向	20
8. 次世代光源での科学	21
8.1 次世代光源の特徴	21
8.2 次世代光源での科学	22
8.3 XFEL とのシナジー	22
9. 次世代光源利活用に必要な技術開発	23

9.1	検出器開発	23
9.2	光源・光学系技術	27
10.	将来の放射光源	29
10.1	放射光源の将来像	29
10.2	小型パルスXFEL	30
10.3	蓄積リングによるCWXFEL	31
10.4	加速器とレーザーのベストマッチによる新世代光源	31
11.	おわりに	31

付録： 放射光施設の運営体制の事例調査報告書

1 はじめに

1.1 調査の目的

大型放射光施設 SPring-8 は稼働開始から約 20 年を経過した。この間、世界最大の第三世代放射光源として、真空封止型アンジュレータやコヒーレントX線利用をはじめとする数々の新領域の開拓に寄与し、現在の中エネルギー第三世代X線放射光源隆盛の基礎を作った。中エネルギー施設は出現当初は中エネルギーであってもアンジュレータX線が利用できる施設という位置づけであったが、最近では高エネルギー第三世代X線光源に匹敵、あるいはそれらを凌駕する施設が出現するに至っている。このような状況の中で、SPring-8 に先行して整備されたヨーロッパとアメリカの大型放射光施設は、それぞれにアップグレードに向けて動き出している。

本調査は、SPring-8 アップグレードへの方向性を探ることが一つの目的であるが、それを実現する場合の境界条件として、より効率的な施設運営や、産業連携への取り組みの改善など、公的資金が多量に投入されている施設として検討すべき事項を精査したうえで、真剣に改善の方向性を探ることも、同様に重要な目的の一つである。更に、SPring-8 サイトの特徴としての SACLA との相乗効果や、長期的方向性を検討した中での次期 SPring-8 アップグレードの在り方を明確にすることも求められる。

SPring-8 アップグレードは学術のための大型施設という意味では単に SPring-8 だけの問題ではなく、日本の放射光科学全体の進むべき方向性の文脈の中で捉える必要もある。欧米でかつての高エネルギー物理研究のセンターのいくつかは光科学研究センターに鞍替えしつつある中で、日本の光科学研究体制をどのように構築していくかは、放射光コミュニティのみならず、高エネルギー加速器コミュニティやレーザーコミュニティとも連携した議論が必要になる。

一方で、単に学術のためを超えて、さらに広い科学技術基盤としての SPring-8 は、アップグレードによってより先端的な産業基盤形成に寄与することが求められるが、現状での産業利用推進体制がそれに応え得るかどうかは甚だ疑問であり、場合によっては解体的出直しが求められよう。産業利用に関しては、様々な段階のものが混在し、地域放射光施設で十分なものから、SACLA の利用が必須になるものまで、幅広いスペクトルがある。そのなかで、SPring-8 が切り拓くべき領域は確実に存在するはずであるが、現状でそこが正しくターゲットされているかどうかは検証の余地があり、その検証は今後精力的に進めていかなければならない。

1.2 調査の方法

上記の目的を達成するために、サイト内外の研究者を対象とした放射光施設および利用研究の現状調査、国際会議や施設レビュー委員会等の機会を利用した海外動向の調査、特に理研放射光センター内での SPring-8 の諸課題の抽出と解決策の検討、産業利用の現状分析と改革

の検討、次世代光源でのサイエンスの検討、X線自由電子レーザーとの相乗効果の検討、また長期的な放射光光源進化の方向性の検討が行われ、その結果が本報告書として纏められた

1.3 調査体制

本調査は、国立研究開発法人理化学研究所放射光科学総合研究センターのメンバーと公益財団法人高輝度光科学研究センター(JASRI)のメンバーからなるタスクフォースによって進められた。加速器部分の取りまとめを田中均が担当し、利用部分の取りまとめを矢橋牧名が担当した。また全体の取りまとめは石川哲也が担当した。取りまとめに当たっては、別途編纂される「理研ビームライン調査報告書」を参考にした。また、第9章の一部については、「次世代放射光施設に係る技術課題調査」をもとに作成した。

2 放射光施設及び研究の現状

2.1 放射光研究の現状

放射光は、レーザーをはじめとする他の光源では到達が困難なX線領域を中心に広く活用されている。光でものを観察する場合、空間的分解能は特殊な場合を除けば、光の波長程度までしか小さくならないので、X線はナノを見る光であると言える。現在の科学技術のかなりの部分がナノを理解し、制御し、作りこむことによって成り立っているため、その大きさを観察する手段としての放射光の重要性は、非常に高まっている。このような放射光の特徴から、その利用は学術分野のみに限定されず、産業界にも広がっている。

放射光はナノ領域での観察のための基盤技術であり、電子線回折、電子顕微鏡、中性子回折などと相補的に利用されるものである。電子線での観察・分析のためには試料の薄片化等の準備が必要になり、バルク状態と同一であることを保証することは困難である。また中性子での分析には一般に大きな試料を作る必要があり、そこでの平均的な情報が得られるが、ナノスケールあるいはミクロスケールで変化している物質の局所的情報を得ることは困難である。その中でX線は通常の試料作成で得られたままの試料での分析が可能であり、またナノ集光が可能であるため大きな試料では、局所的な変化を追跡することが可能となる。

このような、汎用性の高いX線の特質から、世界各国で放射光施設の建設が進み、特に発展途上国においては放射光施設を国家の科学技術インフラの中心に据えて整備する傾向もある。日本でSORTECリングとして活躍した施設が、タイに寄贈され、そこでの中心的大型科学インフラになったことや、ドイツ BESSY-I がヨルダンの SESAMI に贈られたこと、スウェーデンの MAX-IV の 1.5GeV リングと同一デザインのものでポーランドに設置されたことなどは、このような傾向の実例となっている。

また光としてのX線や軟X線を分光学的に利用して物質内の電子状態を知ることや、光電子分光などの手法によって電子状態を知ることが物質の機能解明のために重要であり、構造と電子状態とを結び付けて解析できる放射光は、物質科学研究のための基盤ツールを提供している。ここでの物質科学は通常の意味での物質科学ではなく、原子が構築する物質という意味において生体高分子等が関わる生命科学をも含んだ意味での物質科学である。

2.2 世界の放射光施設

放射光研究は高エネルギー加速器を必要とするため、初期には各国の高エネルギー物理学を研究する組織内で、寄生利用的に開始された。アメリカ・スタンフォード線形加速器センター (SLAC) の SSRL (@SPEAR)、ドイツ・DESY の HASYLAB (@DORIS) などは、そのような寄生利用に起源をもち、その後放射光施設として発展したものである。わが国でも、最初の放射光利用は既に廃止された田無の東大原子核研究所の電子シンクロトロンに寄生利用から始まっている。米国コーネル大学 CHESS では、現在に至るまである種の寄生利用が続けられている。

1970年代に放射光専用リングを利用するいわゆる第二世代放射光施設が構想されたが、これらも高エネルギー物理学を研究する組織の中に置き、そこでの加速器建設のポテンシャルを有効利用するという考え方が支配的であり、アメリカ・ブルックヘブン国立研究所の NSLS、日本・高エネルギー物理学研究所(当時)の PF、イギリス・ダズベリー研究所の SRS などがこの考え方で整備されるとともに、第一世代として寄生利用されていた米国 SPEAR やドイツ DORIS の放射光半専用化が進められた。

第二世代放射光施設が動き始めるころ、各国で既存技術の利用を指向した施設の建設もはじまった。またこのころ、半導体製造のためのリソグラフィに放射光を使う試みがあり、日本では試験加速器が筑波に建設され様々なデータ収集が行われ、またNTTが厚木に試験加速器を製作して並行して様々なデータ収集が行われた。イギリスのオクスフォード・インスツルメント社や日本の住友重工がX線リソグラフィのための商用光源の開発に乗り出した。放射光をX線リソグラフィに用いる試みは最終的にはうまくいかず、筑波に作られた試験加速器はタイに譲られ、タイの放射光施設として利用されている。オクスフォード・インスツルメント社が試作した加速器は、シンガポールの放射光施設として活躍している。また住友重工が試作した加速器は広島大学と立命館大学の放射光施設として活用されている。

1980年代中盤からの第三世代放射光施設計画は、各国の高エネルギー物理学研究の中心とは異なるサイトに放射光施設を建設する流れを作った。この最大の理由は、高エネルギー物理学研究の規模が拡大して、膨大な資本投下が必要になったことと、放射光施設側も特にX線用の大型放射光施設建設には相当の資本投下が必要となり、相互のコミュニティの間に一種の利益相反が始まったことである。特に第三世代放射光施設を最初に構想したヨーロッパでは、EUの発足とともに大型施設をEUとして共同で推進する意識がたかまり、ヨーロッパが中心となって世界中を巻き込んで進めている高エネルギー物理学研究のメッカ CERN とは独立に物質・生命研究のハブとしての放射光施設を建設することが指向され、最終的に世界最大級の中性子研究用

原子炉を擁するラウエ・ランジェバン研究所に隣接する形でフランス・グルノーブルに ESRF が建設されることになった。アメリカでは、高エネルギー物理学研究の一大中心であるフェルミ国立研究所に近接はするものの、高エネルギー物理学を中心課題とはしないアルゴンヌ国立研究所に APS が建設された。日本では、立地地盤を重視することから、西播磨に全く新しいサイトを造成し SPring-8 を置くことにした。

1990 年代に始まった第三世代放射光施設は、アンジュレータからの放射光に最適化された施設である。初期にはアンジュレータ技術の限界によって、X線用大型放射光施設とVUV-軟X線用小型放射光施設を作り分けることが常識的であり、大型施設は ESRF, APS, SPring-8 が建設された。小型施設としては BESSY, ALS, TLS などがある。2000 年代に入るとスイスの SLS で中型施設に真空封止型アンジュレータを挿入して、X線領域までカバーすることが試みられ、その成功により多くの中型放射光施設が建設されることとなった。中型施設は、初期にはX線領域での性能は大型施設に及ばなかったが、2015 年の TPS と NSLS-II によって、大型施設に匹敵あるいは凌駕する性能をもつ中型施設が出現した。さらに、スウェーデンの MAX-IV やブラジルの SIRIUS 等、現状の大型施設をかなり超える性能を持つ中型施設が建設されている。

第三世代放射光施設が稼働し始めた 1990 年代に、かつてアメリカとドイツの高エネルギー物理学研究の中心であった SLAC、DESY で新たな動きが始まった。それはコヒーレント X 線光源としての SASE 方式 X 線自由電子レーザーの開発である。両施設での X 線自由電子レーザーは 2000 年代に入ってから開始されたが、それは同時に両研究所がその中心課題を高エネルギー物理学からフォトンサイエンスに舵を切った瞬間でもあった。日本では、独自に開発された真空封止型アンジュレータと C バンド加速管を組み合わせたコンパクト X 線自由電子レーザーが SPring-8 から提案され、後に SACLA として開花した。欧米では、高エネルギー物理学研究施設の打開策として遂行された X 線自由電子レーザーが日本ではフォトンサイエンス研究施設の強化策として遂行された。SACLA の後には、韓国の PAL-XFEL や、スイスの Swiss XFEL などがコンパクト XFEL として続いている。

2.3 日本の放射光施設

日本は、東京大学原子核研究所に世界で最初の放射光専用加速器 SOR-Ring を建設して以来、筑波KEKのPFとAR, 岡崎分子研のUVSOR、播磨の SPring-8 といった、共同利用施設が整備されてきた。SOR-Ring は退役したものの、広島大学、立命館大学に小型機器が整備され、また佐賀県、兵庫県、愛知県では地方自治体レベルでの放射光施設整備を進めてきた。しかしながら、いわゆる第三世代光源は SPring-8 一つだけであり、数のわりに質は必ずしも高くない状態が続いている。

第三世代放射光施設としての SPring-8 整備後に、東京大学物性研究所を中心に VUV-SX 領域での第三世代光源建設の計画があったが大学法人化の流れの中で頓挫した。国の第三期科学技術基本計画の中で、コヒーレントX線源の建設が国家機関技術として掲げられると、SPring-8 に併設される形でX線自由電子レーザー施設 SACLA の整備が行われ、現在すでに共用運

転が開始されている。これは、本稿執筆時点(2016年2月)では、世界に2つしかない硬X線領域の自由電子レーザー施設であり、米国のLCLSとともに、この分野を牽引している。

2007年にコヒーレントX線源の検討が行われたとき、KEKはPF後継機として、Energy Recovery Linac(ERL)による光源を提案し、その後R&Dを進めたが、未だ硬X線光源建設への技術的目途はたっていない。一方で2011年の東日本大震災の後、東北地方での3GeVクラスの次世代放射光施設建設の計画が提案された。現在東北大学を中心に計画の具体化に向けた努力が続けられている。一方で、SPring-8も供用開始から20年に近づき、本格的な改修計画の策定が必要な時期となっている。このため、2014年に概念設計案(CDR)を公開し、現在詳細工学設計作業と、検討結果として明らかになった必要なR&Dを進めている。

日本の現状と将来の方向性に関しては、2014年4月にSPring-8の利用者組織であるSPRUCからの提言があり、そこで分析がなされている。ここでその全てを繰り返すことはしないが、要旨部分は非常に示唆に富むものであるのでここに再掲する。

SPRUC 将来ビジョン白書中間報告要旨

現在の科学技術や産業技術の相当部分が、原子や分子による素材の成り立ちや、それらの働きによる物質機能に依存して成立している。原子や分子の配置やそれらの働きを観察するための様々な手段は、それぞれに重要性を増しているが、その中でも放射光の特段の有用性への認識は急速に拡大しつつある。2010年代に入り、放射光の応用は次々と未開拓領域に広がってきたが、原子や分子を基本要素とする科学技術の進展とともに、この傾向はさらに一層拡大されていくこととなる。

他方で、このような方向性を支えてきた大きな要因として、放射光源の急速な進歩も忘れてはならない。我が国では、東京大学原子核研究所でのINS-SORや、高エネルギー物理学研究所のPFを嚆矢として、SPring-8、さらにはX線自由電子レーザー施設SACLAに至る輝かしい光源開発の伝統があり、新しい光源が新しい科学技術を拓き、拓かれた科学技術の発展により更に新しい光源が要求されるという正のスパイラル的発展が世界を牽引する形で健全に進んできた。このことにより、SPring-8一施設のみをとっても、ユーザー数11,000名の規模となるユーザーコミュニティ(SPRUC)が形成されるに至った。かつて、放射光学会形成時の総数1000人弱のコミュニティが、二十余年の間に、十倍以上に拡大したのであり、この拡大傾向は潜在的な産業利用需要等を考慮すれば、今後とも数十年に亘って継続するものと思われる。一方でこの間、放射光学会会員数がそれほど伸びていないことを勘案すると、放射光学会と各施設のユーザーコミュニティの役割をしっかりと再考する局面に至っているのかもしれない。

この二十余年の間、我々は画期的新光源であっても歳月とともに旧式化し、より先端的な光源が先端的なサイエンスのために必要となることを見てきた。真空管の時代には、その高度化は非常に重要ではあったが、それだけではトランジスタ時代は決して到来しない。「ゲームチェンジ」があって初めて、トランジスタ時代は到来し、それが集積回路に発展したのである。しかし同時に、最先端とは言えない光源ではあっても、広範な応用分野での分析手段として利用され、その分析

結果が応用分野での先端的サイエンスを進めるために不可欠である場合が多数存在することも経験してきた。最先端光源で開発された分析手法を社会全体で享受していくためには、最先端光源が一つ存在すれば良いのではなく、そこでの成果をより多くの利用者に供するための、階層的システムを合理的に構築することが求められている。

一例として米国では、エネルギー省(Department of Energy; DOE)が硬 X 線領域での先端放射光施設としてアルゴン国立研究所の Advanced Photon Source (APS)、軟 X 線領域での先端放射光施設としてローレンスバークレー国立研究所の Advanced Light Source (ALS)、新世代中型低エミッタンス放射光施設としてブルックヘブン国立研究所の National Synchrotron Light Source (NSLS) II、X 線自由電子レーザー施設として SLAC 国立加速器研究所の Linac Coherent Light Source (LCLS) を擁し、さらに必ずしも最先端ではないが多くのユーザーデマンドに応えるために SLAC 国立加速器研究所の放射光実験施設 Stanford Synchrotron Radiation Lightsource (SSRL) や、国立科学財団(National Science Foundation; NSF)がサポートする Cornell High Energy Synchrotron Source (CHESS)、および Wisconsin 大学の Synchrotron Radiation Center (SRC)を加えて、階層的システムを構築している。これらの放射光関連施設は、Cornell を除けば DOE がサポートしており、DOE が全体状況を俯瞰してアップグレードの優先度を決めているところが、我が国の状況とは全く異なっている。しかし、このような階層的システムを構築した米国でも放射光利用の多くはアカデミアのものであり、産業界を含めた社会全体がその恩恵を享受する段階には至っていない。

我が国では個々の施設が個別的に、アカデミアと産業界ユーザーへのサービスを考えており、産業利用の観点からは米国や欧州諸国より遥かに進んだ面がある。一方で、残念なことに、今まで我が国では、俯瞰的な将来ビジョンを纏めることは皆無であったといっても過言ではなく、また俯瞰的な現状分析も十分とは言い難い。各施設の将来計画を放射光学会の特別委員会で議論したことはあっても、それは決して全体を俯瞰したものではなく、そのために委員会の中心課題を外れて付言的に報告書に盛り込まれた個別的内容が、マスタープランであるかのように取り扱われ、将来に対して禍根を残したことすらある。現状分析や将来ビジョン策定を俯瞰的観点から行い、各施設での重複を極力なくすことによって、資源の有効利用を図ることが出来れば、科学技術に於いての米欧との熾烈なトップ争いの中で一頭地を抜くことが可能になると同時に、産業応用の進化によって、まさに現在求められている「イノベーション」を産み出し続ける母体を構築することが可能となる。このときに、俯瞰的に階層構造を構築した上で、その最適運用を図る役割を文部科学省と各施設がどのように分担するのが早急に検討される必要がある。

そのような状況下で、今般 SPRUC に於いて「放射光科学将来ビジョン白書」を纏める機運が生じたことは、時宜を得た一種画期的なことであり、関係者の労を多とするところである。一方で、PF 建設の時にも、また SPring-8 建設の時にも既に経験したように、光を見る前に議論したことの多くは、あとから振り返れば「旧世代の延長」であった。このことを踏まえ、将来構想は一旦出来上がったなら金科玉条とするのではなく、進歩のスピードの速い現在においては、三年後には陳腐化してしまうものと考えておくべきである。その意味では、変化の方向性を共有しつつ、個々の方法論に関しては固定観念を持たないことが重要である。

本白書は、あくまでも 2014 年時点での SPring-8 ユーザーコミュニティの観点をまとめたものであり、今後、様々な議論に発展していくベースとなるものである。なぜなら、現状であっても非常にオープンな利用者コミュニティは将来計画が実現する時点では、その構成員の多くが入れ替わっている可能性があるからである。すなわち、現在のコミュニティ構成員のみで将来を決めてしまうことは、将来新たに参入する科学技術分野の可能性を縛ることになりかねないため、これらの可能性をも十分に考慮した上で、将来の方向性を決めていく必要がある。

SPRUC 会長 雨宮慶幸

3 既存の硬 X 線第三世代放射光施設次世代化計画

3.1 次世代化のトレンド

第3世代リング型放射光源は、1990 年代に世界各地で建設され利用されてきたが、これに続く次世代光源は、2000 年初頭から様々に検討が行われてきたが、いずれも現第3世代光源の設計コンセプトを踏襲するものであり、性能のジャンプを図るためにはリング規模が非常に大きくなるという問題が解決されず残されていた[3-1]。

この閉塞状態を打破する切掛けを作ったのは MAX IV である [3-2]。リングの基本構造(セル)における偏向磁石の数(以下、バンド数)を7に設定する7バンドアクロマティック(7BA)ラティスにより、ビームエネルギー3 GeV において 500m 程度の周長で 1mrad を大幅に下回るエミッタンス(300 pmrad)を実現した[3-3]。第3世代光源では、バンド数は2から3に抑制されていた。当時の真空チャンバーの大きさから実現できる磁場勾配と設置できる磁石数が厳しく制限されていたからである。MAX IV では、多数かつ多種類の磁石を1つの共通ヨークにまとめた1体型磁石構造を採用することでこの制限を突破し、バンド数を増やすマルチバンド化を実現した。しかし、かなり設計が特殊であったため、次世代化(ポスト第3世代)のトレンドを形成するには至らなかった。

2012 年に発表された ESRF の革新的なラティス設計[3-4]により、MAX IV の取り組みはさらに一般化され、次世代化の大きな潮流が形成された。ESRF は通常の独立磁石システムでも、真空チャンバーを小口径とすることでマルチバンド化でき、現第3世代光源と同様の規模に於いて飛躍的に光源性能を引き上げる可能性を示したのである。さらに、マルチバンド化の際に大きな問題となる電子ビームの動的不安定性の問題を、高エネルギー実験で用いられる衝突リングで採用されていた位相整合6極電磁石ペアを導入する事で解決した。

これ以降、(1)小口径真空チャンバーと(2)マルチバンドラティス(5-9 バンド)を特徴とする既存光源の高性能化や新規光源の検討が世界中で活発化するに至った。

3.2 ESRF の高度化計画 [3-5]

ESRF ではアップグレードを2つのステージに分け実施する計画である。第一期は主にビームラインの高度化に主眼を置き 2009 年から 2015 年にかけて実施された。第一期の加速器系の高度化では、RF 高電力部の半導体化やトップアップ運転導入のための入射器の改良なども含まれる。第二期も正式に承認されており[3-6]、2015 年から 2019 年に掛けて蓄積リングの大幅な改造を行い、新しい蓄積リングで 2020 年夏にユーザー運転の再開を目指す計画である[3-7]。リングの高度化には、既存の加速器トンネルの再利用、現挿入光源光軸の維持、既存の入射器再利用、ビームエネルギー 6 GeV の保持、並びに1年間でトンネル内の機器の入れ替え再設置を実施するという厳しい境界条件が課せられている。独立磁石による 7BA で、100~150pmrad の低エミッタンス、200 mA の蓄積電流の達成を目標とし、偏向磁石のビームラインには新たに設置する 3 ポールウイグラーにより光を供給する設計である。

3.3 APS の高度化計画[3-8]

APS のアップグレード計画は DOE の CD-1 を獲得した状況であり、建設が正式に承認されていない。目標としては 2020 年初頭に、新しいリングでユーザー運転を実施するシナリオで進んでいる。リングの設計は、ESRF の高度化で用いられるラティス設計を APS の周長にスケールしたものをベースに検討が進められている。ビームエネルギーを 7 から 6 GeV に下げる理由は、機器のスペックを実現可能な範囲に落とし込むためである。ESRF の高度化プロジェクトとの最大の違いは、ビーム入射方式である。APS では周回バンチ数が約 50~300 と少なく、1バンチ当たりの電流値が大きい。アップグレード後に、電子ビームの寿命を気にせずに、電子ビームを安定に入射するため、周回中の電子ビームと入射電子ビームを軌道上で入れ替えるオンアクシススワップ入射という新しい入射方式を採用する [3-9]。このため、これまでの入射器の後に小型のダンピングリングを設ける。高度化の境界条件はビームエネルギーを 7 から 6 GeV に下げる点を除いては、ESRF の高度化と同様である。独立磁石による 7BA で、65~100pmrad の低エミッタンス、200 mA の蓄積電流の達成を目標とし、偏向磁石のビームラインには新たに設置する 3 ポールウイグラーにより光を供給する設計である[3-10]。

3.4 PETRA III の高度化計画

PETRA は 1976 年に 9 GeV の電子と陽電子を衝突させるコライダーリングとして産声を上げた。その周長は 2.3 km である。1990 年からは HERA の前段加速器として使用されるようになり、PETRA II と呼称され 2007 年の 7 月まで運転された。HERA のシャットダウン後、リングの 1/8 部分を 9 つの 2BA セルで置き換え、第一期としてその場所に 14 本のビームラインを整備し、2009 年からユーザー運転を開始した。ビームエネルギーを 6 GeV まで下げ、有り余るスペースに全長 80m のダンピングウイグラーを設置し、リング型光源では当時として世界最小のエミッタンス 1nmrad、蓄積電流 100mA のトップアップ運転を実現した[3-11]。ごく最近、2020 年代中盤を目標に PETRA III の高度化を行う「PETRA IV」計画の検討が開始された。長い周長を活かして、

マルチバンド化によるエミッタンスの大幅低減を狙うとともに、放射光ビームラインの拡充を計画している。

3.5 SPRING-8 高度化計画^[3-12]

SPring-8 の高度化は、長期的な到達点にリング型 FEL を見据え、次期計画 SPring-8-II の策定を行っている。必要となる研究開発の完了を 2017 年度末、新たなリングでのユーザー運転再開を 2022 年度末と計画して進めているが、高度化は現時点で正式に承認されたものではない。設計で特に重要視されているのが運転時の安定性、技術的信頼性と電力消費の低減である。このため、ESRF や APS の高度化で取り入れられた4極磁場勾配が極端に強い偏向磁石は採用せず、分離型独立磁石を基本とした 5BA により 100pmrad のエミッタンス、蓄積電流 100 mA のトップアップ運転の達成を目標としている。また、SPring-8 の高度化計画の特徴の1つとして同サイト内に SACL A が存在することが挙げられる。両光源の特長を生かした利用計画を展開するのみでなく、光源計画の段階でインフラの複合体を最大限に有効活用する設計が行われている。具体的には、SACL A の線型加速器をリングの入射器としても使用することで、(1)高品質電子ビームを入射ビームとして活用でき、さらに(2)専用入射器をシャットダウンする事で大幅な消費電力の低減を実現する方針を取っている。高度化の境界条件はビームエネルギーを 8 から 6 GeV に下げる点を除いては、ESRF の高度化と同様である。

Reference

[3-1] 例えば、A. Ropert et al., *Proc. of EPAC2000, Vienna, Austria, June 26-30*, 83-87 (2000).

[3-2] <https://www.maxlab.lu.se/maxiv>

[3-3] MAX IV Conceptual Design Report (2006):

https://www.maxlab.lu.se/sites/default/files/MAX-IV-CDR_0.pdf

[3-4] A. Franchi, Optimization of Dynamic Aperture for the ESRF Upgrade, Workshop on Accelerator R&D for Ultimate Storage Rings, Huairou, Beijing, Oct. 30-Nov. 1 (2012).

[3-5] <http://www.esrf.eu/Upgrade>

[3-6] ESRF Upgrade Program Phase II (2015-2019) White Paper (2012):

<http://www.esrf.eu/files/live/sites/www/files/about/upgrade/documentation/whitepaper-upgrade-phaseII.pdf>

[3-7] J-L. Revol et al., *Proc. of IPAC2014, Dresden, Germany, June 15-20*, 209-212 (2014).

[3-8] <https://www1.aps.anl.gov/aps-upgrade>

[3-9] M. Borland and L. Emery, *Proc. of PAC2003, Portland, Oregon, May 12-16*, 256-258 (2003).

[3-10] APS-U Multi-Bend Achromat Lattice White Paper (2014):

<https://www1.aps.anl.gov/files/download/Aps-Upgrade/multi-bend-achromat-lattice.pdf>

[3-11] K. Balewski, *Proc. of IPAC2010, Kyoto, Japan, May 23-28*, 1280-1284 (2010).

[3-12] SPring-8-II Conceptual Design Report (2014): <http://rsc.riken.jp/pdf/SPring-8-II.pdf>

4 硬X線次世代放射光源新設計画

科学技術的観点から見たときに、今から硬X線に特化した高エネルギー一次世代放射光源を新設するメリットは多くはないが、国威発揚等の別のファクターが入ると、今後も「大型放射光施設」建設は皆無となるわけではない。ここでは、中国とロシアの二例に言及するが、インドでも類似の計画が始まる可能性がある。一方で、今から十数年前に SASE 型 XFEL が議論されていたころ、それではビームライン数が十分に取れないという議論があり、対比する形で ERL 光源が議論された。現状では蓄積リング光源技術の目覚ましい進歩によって ERL 光源を建設するメリットは殆どなくなってしまったと考えられるが、その技術は将来役に立つ可能性が皆無というわけでもないので、ここで短く触れておく。

4.1 中国での光源計画

中国科学院は、北京市内にある中小の研究所を郊外に集約する計画を持ち、その一つが目玉として大型放射光施設の建設を計画している。4～6GeV の電子ストレージリングを光源とする施設計画が進められている。中国には既に中型第三世代放射光施設である上海の SSRF が存在する。しかし、研究者人口の多い中国で第二、第三の施設の要求がでるのはいわば当然であり、また北京と上海の関係から北京に上海より大きなものを作る計画を立てるのも尤もである。

本計画に関しては、平成 28 年 11 月に国際諮問委員会の開催が計画されており、SPring-8 から本報告書の著者の一人である石川が招集されている。

4.2 ロシアでの光源計画

ロシアでは、National Research Center Kurchatov Institute を中心に、サンクトペテルブルグ地域に大型放射光施設を建設する計画を模索中である。Kurchatov 傘下の Gatchina PNPI には中性子散乱研究用原子炉があり、大型放射光施設と併設することによる相乗効果を狙っている。

ロシアはノボシビルスクのブドカ研究所に加速器研究の伝統があり、放射光研究もそこで進められていた。またモスクワの Kurchatov 研究所に SIBERIA という放射光施設を建設し、そこでも放射光研究が進んでいる。しかしながら、ソビエト連邦崩壊後、ロシアの科学は大きな打撃を受け、今は建て直しの最中のように見える。

そのような状況の中、ヨーロッパの ESRF や European XFEL に相当の投資を行い、また多数のロシア人研究者がヨーロッパを中心に活躍しているものの、昨今のウクライナ情勢等の影響を受け、ヨーロッパとの関係が微妙になりつつある。

4.3 ENERGY RECOVERY LINAC (ERL)光源

低エミッタンス放射光を出すための ERL 光源が、コーネル大学で提案され、APS アップグレード等での検討が行われた。日本でもPFの次期計画としてERL光源が検討されてきた。しかしながら、蓄積リング光源技術の急速な進展によって、単なるERL光源を建設するメリットはほとんど存在しなくなり、共振器型XFELとの組み合わせなどによる新しい展開が模索されている。

一方で、半導体リソグラフィ用 EUV 光源として活路を見出そうという動きが欧米で高まっており、特にオランダ AMSL 社がアメリカのジェファーソン研究所の1000億円単位と言われる開発資金を提供する動きがあつて以来、世間の注目を集めている。加速器技術とレーザー技術の融合による新光源開発等で、ERL技術が利用される局面も出てこよう。

5 中型次世代放射光光源

1990年代からの第三世代放射光施設でのアンジュレータ開発によって、短周期アンジュレータが実用化され、アンジュレータ高調波利用が一般化した。このため、3GeV程度の中エネルギー電子蓄積リングで VUV-SX から硬X線までの広い波長範囲をカバーすることが可能となり、第三世代光源出現時のような光エネルギーによって大型施設と小型施設を使い分ける必要はなくなった。このため1997年の SPring-8 稼働開始以来、大型放射光施設を新設する動きは止まり、中型放射光施設を建設する動きが世界中に広がっている。大型放射光施設としては、高エネルギー物理学研究用衝突リングから転換されたドイツの PETRA-III が唯一 SPring-8 以後に稼働を始めたものである。

ヨーロッパでは、ヨーロッパ連合として共同で大型放射光施設 ESRF を整備したものの、増大する需要を満たすことはできず、スイスの SLS、フランスの SOLEIL、イギリスの DIAMOND、スペインの ALBAなどの中型第三世代放射光施設が建設され、各国での需要を吸収してきた。

アジアでは、韓国が第二世代施設 PLS をアップグレードして中型第三世代光源 PLS-II とし、中国が上海に中型第三世代光源 SSRF を建設した。また台湾は、小型第三世代光源 TLS を1994年に稼働させたが、2015年に中型第三世代光源 TPS を完成させた。日本では、第二世代光源 PF のアップグレードが行われたが、第三世代光源の域には達していない。また前述のように東北地方に中型第三世代光源を建設しようという動きがある。

アメリカでは、第一世代光源としてスタートしたSSRLがアップグレードしたが第三世代光源の域には達していない。第二世代光源 NSLS のアップグレードが行われ、2015年中型第三世代光源N

SLS-IIとして完成した。アメリカには、大型第三世代光源としての APS と、小型第三世代光源としての ALS がある。

中型第三世代光源は、最も得意とする領域がVUV-SXにあり、硬X線領域では大型放射光施設を補完するものと考えられてきたが、近年の技術的進歩によって、硬X線領域でも既存の大型に匹敵あるいはそれを凌駕する性能をもつものの建設が可能になっている。その最初の二例が既述の TPS とNSLS-IIであり、さらにスウェーデンの MAX-IV やブラジルの SIRIUS 等、より性能の高い中型光源建設計画が進められている。

6 SPRING-8 の諸課題

6.1 現状での課題

SPring-8/SACLA の大型先端基盤施設は国の科学技術イノベーションを支える要であり、今後とも高い国際競争力を保つ必要があるが、財政事情を考えると欧米並みの資本投下を行うことは無理である。一方で SACLA+SPring-8 の運営費は、アメリカの対応する施設である LCLS+APS の運営費総額のほぼ半額ではあるが、同一サイトにある利点を最大限に生かすことによって、まだ効率化の余地は残っている。しかしこのためには、限定された資本投下の中で、競争力確保を効果的に担保するための方策を考える必要がある。換言すれば、効率化と高度化を同時進行させることによって競争力を高めつつ資本投下を減少させる方策を検討する。

そのために、まずハードウェア面から以下の 3 点に関して考察する：

- (i) 大型施設は押しなべて建設費の10%の運営費を使っている。これに何らかの節減の余地はないのか？
- (ii) SPring-8 は年間80億円の予算投下に対して、3 億円程度の利用料収入がある。この増収は図れないのか？
- (iii) 電力料金は今後も高騰を続けることが予想される。ここに対処するためにはどうすればよいか？

次にソフトウェア面から以下の 3 点に関して考察する：

- (i) 支援人員
- (ii) 支援ハードウェア
- (iii) 支援ソフトウェア

6.2 現 SPRING-8 運用の効率化

まず、シャットダウンを伴うような大幅なアップグレードなしに可能な効率的運用を考える。この場合でも、建設後 20 年を経過した諸設備の老朽化対策は必須であるが、単に順次老朽化対策を進めるのではなく、効率的運用に向けて戦略的な老朽化対策計画を策定することが重要であろう。下記の 5 項目を検討する。

- 蓄積リング棟空調機器交換
- SACLA 線形加速器からの入射

- 照明器具のLED化
- ビームライン調整のオートメーション化
- 現施設での6GeV運転

蓄積リング棟側室の空調機器交換は建設後20年を経過し、保守部品が供給停止となることから実施が必須である。毎年の運営費の中から計画的に実施していく必要があるが、この交換によって60%程度の省エネ化が見込まれることから、将来の電力消費量抑制にかなりの効果があるものと期待される。またCO₂排出量も58%削減される。交換費用総額:1.7億円に対して、電気料金抑制効果年間0.16億円。したがって、現状の電力料金水準であれば11年で交換費用を回収できることとなる。設備の耐用年数は15年なので、投資回収が可能である。中央管理棟空調機器に関しても同様の効果がある。空調機器のメンテナンスコストは現状と同様と仮定する。

SACLA線形加速器からの入射は、入射路の整備に4億円×2年(計8億円)を投資することにより、その後電気代、保守部品購入の停止によって年間5億円程度の節減を図るものである。電気代・保守部品の経常費だけで、稼働後2年間で回収できる計算であるが、これに加えて現SPring-8入射器(1GeV線形加速器+ブースターシンクロトン)への電力供給を受け持つ特高受電設備の更新が不要となり(8億円)、またその毎年の保守作業も不要となる。問題点は、現入射器からビームを供給している兵庫県の「ニュースバル」へのビーム供給ができなくなることであるが、ニュースバルで専用小型入射器を建設することによって対応可能であろう。

実験ホールの照明をLED化することにより、電力料金の抑制を図るとともに、一般蛍光灯や水銀灯が発するある種の実験に有害な紫外線を抑える。照明器具からの交換をすると、10年間で投資総額の1.7倍の電気料金低減効果がある。ランプ自体の価格は従来の蛍光灯等に比べると高価であるが、交換頻度が少ないことを考えると、その後の運用コストは従来と変わらず、電気料金低減効果のみが現れる。LED化のもう一つの良い点は、発熱の少ないことであり、実験ハッチなどの精密温調機器への負荷を減らす効果が期待できる。この効果は現時点では定量化が困難であるため、とりあえず指摘するのみに留める。居室等の照明LED化も、もちろん効果がある。蓄積リング棟の照明交換費用は総額で2.5億円と見積もられ、稼働後10年間での電力料金節減効果は、現状の料金水準を仮定すると4.2億円程度となる。

ビームライン調整のオートメーション化は、支援要員の効率化につながる。現状での利用支援で最も手間のかかるところは、ビームタイムのはじめにユーザーにビームを供給するところである。これは、ほとんどマニュアルで行われており、しかもビームタイムの始まりは各ビームラインで独立並行的にビーム出し作業が実行されるため、多くのマンパワーが必要とされる。この原因の一つは、調整のオートメーション化が進んでいないことである。オートメーション化の進展によって、より短時間の調整で、ユーザーにビームを引き渡すことが可能となる。しかしながら、現行の規程では、調整時には各ビームラインからの操作が義務付けられている。このため、オートメーションによって調

整時間が短縮できても、一時期に多くのマンパワーが必要になる事情は変わらず、このような支援者の多くが他の時間は暇になるので、状況は悪くなる。規程を変えて、遠隔でのビームライン調整を可とすれば、少人数で多数のビームライン調整作業を実施することが可能になる。元来、ビームライン規格化によりこのような調整は原理的に遠隔操作が可能であり、この関連での支援者数は現在の 1/5 以下とすることが可能である。このオートメーション化には、費用は殆どかからない。しかし規制の撤廃が必要である。この効果は現状 20 人で行っている仕事を 4 人程度で行うことを可能にするので、残った人員を利用者支援の強化に回すことが可能となる。

現施設での 6GeV 運転は、加速用電力を大幅に低減させる。その上で、電子ビームエミッタンスを 2 nmrad まで低減させるので、アンジュレータ光の輝度向上に役立つ。しかし、現状と同様なエネルギー領域を利用可能とするためには、アンジュレータ磁石列の交換が必要となる。

6.3 SPring-8-II 改造時に目指すべき一層の効率化

SPring-8 では MBA ラティスによるアップグレードを計画しており、これによって 100 倍～1000 倍の輝度向上が期待できる。アップグレード後の電力消費量を現状の 60～70%程度とする検討を進めている。アップグレード後には、デフォルトとして、SACLA からの入射を考え、蓄積リングエネルギーは 6GeV とする。これに加えて、偏向電磁石を永久磁石化する R&D を開始した。これによって、磁石電力が軽減されるだけでなく、磁石からの発熱がなくなることによって、空調や水冷に要する電力が削減され、しかも冷却水振動が低減されることから、ビーム品質の向上が期待できる。永久磁石化が成功すれば、電力消費量 70%化はほぼ確実に達成可能である。その他電源装置・制御装置等も、アップグレードによる省エネ化が期待できる。

3 GeV マシンとの一体的運用

SPring-8 は、わが国唯一の第三世代放射光施設であり、アップグレード時の最短 1 年間のシャットダウン時にわが国の放射光利用をどのように進めるかに関しては十分な議論が必要になる。特に産業利用が増大し、放射光利用が学術のみの問題ではなくなっている現状を考慮すると、問題は深刻である。上記に鑑み、放射光コミュニティでは中規模第三世代リングの新設を提言し、東北地方に於いてそのための活動が続けられている。SPring-8 は以下に述べるような理由により、その活動を支援するとともに、3GeV 中規模第三世代リングと一体的運用を行うことによって、SPring-8 アップグレード単体では得られない大きな効果が現れるであろうことを主張したい。

- (i) コンポーネントの標準化による、建設コストの低減
- (ii) 支援体制の均質化による支援の高度化とオートメーション化の推進
- (iii) 高エネルギー領域に圧倒的強みを持つ SPring-8 の先端性を更に伸ばす
- (iv) 産業利用や学術利用で供給が需要に追いつかない中エネルギー領域の供給能力を増強する。

以下各項目について検討する

- (i) 一体化による建設コストの低減

粗い見積もりでは、個別の建設では SP8 アップグレードに約 400 億円弱、3GeV リング新設に約

300 億円の計 700 億円の費用が見込まれるが、一体化して建設することによって 100 億円程度のコスト削減が可能になると見積もられる。またコンポーネントを標準化することによる、保守部品必要数の低減が可能であり、両施設での保守部品のやり取りを可能な制度を作っておけば、最低ラインの保守部品経費は個々に揃える場合の半分程度になる。粗い見積もりでは、現状の SPring-8/SACLA の保守部品経費と殆ど同等な金額で二つの施設の保守部品を賄うことが可能であり、両者合わせた運営費から年間 3 億円程度の節減が可能になる。

(ii) 支援体制の均質化

支援体制の均質化とオートメーション化を進めることによって、ビームライン支援要員数の削減が可能になり、現有の SPring-8 の支援要員で二つの施設の運転がほぼ可能になる。これらは、将来的には更に 80%程度にまで節減が可能になる。

(iii) 先端性の確保

現在、高エネルギーに特徴をもつ SPring-8 でかなり無理をして低エネルギー光を供給することによって、到達可能究極性能を低下させている。二施設で夫々が究極性能を目指すこととすれば、不得意分野をカバーすることによる余計な出費を抑制することが可能となり、また性能的には 5~10%の向上が可能になる。

(iv) 中エネルギー領域での供給能力の増大

現状で学術利用、産業利用ともに最も需要の多いのは、二つの施設が共にカバーする中エネルギー領域であり、この領域の強化によってわが国の学術競争力・産業競争力は確実に向上する。

以上を総合すると、一体的に運用することによって、建設費で 100 億円の節減が可能であり、それに加えて毎年保守部品で 3 億円、支援要員経費で 3 億円程度の節減が可能である。これに加えて、SPring-8 での 5%の性能向上に必要な費用を建設費の 5%と仮定すれば、20 億円に達し、イニシャルで 120 億円、運転開始後毎年 6 億円程度の節減効果を持つことになる。これは、3GeV 施設のイニシャル建設費 300 億円の 40%、毎年の運営コストの 30%に相当する。

6.4 支援体制の効率化

支援体制の効率化は、技術支援と事務支援の両面がある。技術支援面では、まず SPring-8 での歴史的経緯を振り返り、そこでの反省に基づいて構築した SACLA の体制を概観する。また、施設管理を JASRI から理研に移行した後に起こった変化に関して記述する。事務支援では、理研センターで個別研究室事務支援体制から、集中支援体制に移行した時の経費の激減と事務支援の均質化、一般広報業務を JASRI から理研に移した時の経費削減と質的变化について述べる。

SPring-8 技術支援の歴史的経緯

SPring-8 のビームライン建設では、世界に先駆けた規格化・標準化を実施し、実験ハッチに光を

導入するところまでは、非常に少人数で多くのビームラインの面倒を見る体制が確立された。

- 欧米の施設では、ビームライン毎に独立なチームを編成している場合が多く、各ビームラインで個別に光学系や制御系・データ収集系の開発支援を行っている例が多い。
- 上記の差異を無視して、単に一ビームライン当たりの支援要員数の多寡を論じる向きもあるが、SPring-8 では当初から少人数での運営を想定したテクノロジー整備が行われていた。

加速器施設では、加速器建設時には関連研究者・技術者が多数必要となるが、定常運転時には必要人数は減少する。アップグレード等のためには一定数の研究者・技術者を確保しておくことが重要ではあるものの、建設時から定常運転時への体制移行を真剣に考えるべきであった。

- SACLA 建設時に、JASRI 加速器部門から理研に出向に形で、加速器部門に空き人員枠を作った。これを利用に振り向ければ人員のアンバランスは幾分なりとも改善されたであろうが、JASRI は加速器部門・制御部門の研究者を補充するという判断をした。
- この結果、加速器部門・制御部門には明確なミッションを持たない遊軍的な研究者が増加し、蛸壺的研究が増大している。

メカニカルエンジニア、ITエンジニア等は、世の中の進み方が早く、施設で人材を抱え込んでしまうと、世の中の進歩についていけないことが起こりうる。社会との人材循環が確保可能な人事システムが重要である。支援技術者をビームラインで抱え込み、蛸壺化する傾向が強い。蛸壺化すると、特定のビームラインに必要な技術しか習得しないし、暇な時間ができてしまう。殆どのビームラインサイエンティストには、技術支援者をマネージする能力はなく、単なる手伝いとして使っている。手伝いのアイテムがない時には技術支援者が遊んでいることになる。

SACLA での技術支援改革

SACLA ではビームラインサイエンティストのミッションを、明確に研究企画と論文作成と位置づけ、利用者への物理的支援を行うテクニカルサポートチームを別途編成した。

- テクニカルサポートチームは、業務委託、企業からの出向者、退役技術者らから構成されており、集団でさまざまな支援業務に当たっている。
- 集団での業務遂行には、適格な統率者の存在が必須であるが、それさえあれば、非常に効率的な業務遂行が可能であり、また繁忙期が偏ることがない。業務の適切なローテーションによって、蛸壺化が防止できる。
- この方式では、遊んでいる時間がほぼ無くなるので、少ない人数での業務遂行が可能になる。定量的な比較はまだないが、従来の 2/3 程度の人員数で同等以上の仕事をこなしている印象がある。

施設管理改革

かつて施設部門は JASRI が担当していた。実務は殆ど再委託の形で SES が行っていた。日常業務はそれなりにこなしていたが、老朽化対策等に計画性をもって当たることはなく、相当の予算を充当していたにも関わらず、ほとんどが日常業務と人件費とに費消されている模様であった。事業仕分けなどの結果、施設部門は施設者理研が担当することになった。この結果、JASRI は施設部門を閉鎖し、人件費・一般管理費として費消されていた 2 億円近い予算が、純粹に施設関連経費として利用可能となった。理研では、老朽化対策を中心に施設整備長期計画を策定し、

緊急度の高いものから実行していく体制を整備した。また、この長期計画に基づいて、予算要求作業等を行っている。長期計画策定段階で、施設相互の関連性が明確化され、改修作業をどのような順序で行うことが最も合理的かというようなことも、議論できるようになった。

理研センターにおける事務支援改革

かつて理研センターでは、研究グループ単位でアシスタントを配置し、各アシスタントが事務のアシスタントと連絡をとって事務支援を進める体制が取られていた。しかし、研究グループごとに繁忙期が異なるため、年間を通してみると非常に忙しい時期と暇な時期があり、人員配置をピーク時に合わせて措置する傾向があった。

現センター長就任時に、センター集中事務体制に移行し、アシスタント数を減らして、パートタイム、特任職員で補充する体制に変えることによって、研究支援関連事務経費は以前の 1/3 程度に圧縮された。具体的には年間 6000 万円程度から 2000 万円程度に軽減された。集中化により、技能の蛸壺化が抑えられ、またアウトソーシングがスムーズに進む体制を整えることが可能になった。

広報業務

かつて、JASRI に広報業務を委託していたとき、予算の殆どが係員の人件費に費消され、定型化したマンネリ広報が続いていた。これを、民間に 2 年間委託することによって、民間の広報手法を学習した結果、以前年間 5000 万円かかっていた一般への広報経費が半分の 2500 万円以下に圧縮された。広報の質は圧倒的に高くなり、コストパフォーマンスも向上したが、さらに高コストの休日対応を止めるなどのコスト圧縮が可能である。

6.5 効率化の境界条件と阻害要因

境界条件

効率化は無条件に進めればよいというものではなく、あくまでも SPring-8/SACLA が世界のフロントランナーの地位を保つことを前提として進める必要がある。本稿に記された効率化はいずれも、その境界条件下で達成可能なものである。

阻害要因

上記境界条件を課したうえで、原理的には更に大幅な効率化の可能性はあるが、それを阻んでいるのは現存の共用法(登録機関制度を含む)のように思われる。共用法と登録機関の問題点は、非常に広範にわたるので、別の機会を設けて論考したい。

6.6 SPRING-8 を見る社会の目

国が多額の税金を投下して、SPring-8 のような基盤施設を支える所以は、そこから投下資本以上の効果が生まれることを期待しているからであろう。その効果を測るために、国は五年毎の外部評価を行っており、全体としては高評価が与えられている。しかしながらこれは多くの基盤施設の相対的な位置づけの中での評価という側面があり、絶対評価基準に基づく、より厳正な自己評価がなされるべきだと考えられる。

施設者である理化学研究所が、放射光科学総合研究センター諮問委員会において、施設者としての SPring-8/SACLA の運営に関する外部評価を受け、また毎年の独法評価委員会の中でも外部評価を受けている。また登録機関 JASRI も登録機関としての外部評価を受けている。しかしながら、SPring-8 全体を見通した評価は、国の外部評価委員会でも十二分に行われているとは言いきれず、この意味でもより頻繁でかつ真摯な自己評価活動が進められるべきである。

この際に重要なことは、常に批判者の声に耳を傾けることであり、批判を無視したり封殺したりすることがあってはならない。これは利用者と利益共同体となりがちな大型基盤施設では非常に困難なことであり、実際の利用者でなければ正しい評価はできないにも拘わらず、利用者は施設に対して強いことは言えないというジレンマが常に存在しているように思われる。

その意味では、第三者が第三者のために行う調査には、上記のしがらみに囚われない様々な真実が隠れているはずであり、普段気づかない問題点を抽出するために活用すべきであろう。また、そのような調査に、正確さを欠く記述等がある場合には、間違った情報が世間に広まる前に、適切に対応する必要がある。

本書では、その一例として、東北経済連合会が東北地方での中型放射光計画推進のために行った調査の報告書を参考文献として添付する。内容に関しては今後の精査が必要であり、また直截的な批判・言及はなされていないものの SPring-8 を見る社会の目の一例として参考となろう。

7 産業利用の改革

7.1 SPRING-8 産業利用の進展

SPring-8 の産業利用は、当初全体の数パーセントであったが、国の施策や施設の取り組みによって、現在課題代表者ベースで20%に達するまでになった。これは、世界的に見て非常に高い水準であり、これまでの取り組みが一定の成果を上げたと評価することができる。SPring-8 供用開始時には、PF での経験を持つ大手電機メーカーが中心となり、素材やデバイス評価の観点からの産業利用が進められてきた。その後、PF での経験をモデルとして産業利用が進められてきたがどちらかというとメーカー等の分析部門が利用している感じが強く、経営中枢が放射光の重要性を認識しているという感覚は薄かった。

とはいえ、SPring-8 稼働の初期段階から、産業用専用ビームライン(サンビーム)の建設が企画され、偏向電磁石とアンジュレータの2本のビームラインを建設し1999年10月から運用している。同様に、兵庫県ビームラインでは、県下の企業利用を中心とした産業利用が進められており、アンジュレータビームラインを1999年から運用していたが、2006年に偏向電磁石ビームラインを加え、2本のビームラインでの運用を行っている。サンビーム連合体のメンバーでもある豊田中央研究所は2009年に独自の専用ビームラインを稼働させ、トヨタグループ全体の放射光利用需要に応えている。製薬企業各社は創薬産業ビームラインを建設し、2002年から偏向電磁石

ビームラインでの専用ビームライン利用活動を行ってきたが、10年目の見直しに当たり、非常に変革の激しい当該分野での研究は独自施設として運用するより、共用ビームラインや理研ビームラインの最新施設を有料利用した方が良いという判断のもと、専用ビームライン経営からは撤退した。

共用ビームラインとしても、偏向中尺ビームライン BL19B2 が産業利用ビームラインとして整備され、続いて BL14B2 が産業利用ビームラインⅡとして整備された。また、挿入光源 R&D 用ビームラインとして整備された BL46XU が、共用の産業利用ビームラインⅢとして転用されることになった。

産業利用は共用法の枠組みの中で、出来上がった技術を産業界にも広く使っていただくという方向性での振興が図られており、この方向性が産業基盤の充実に何等かの貢献をすることは間違いない。しかしながら、産業利用の進化・発展のためには、産業界が抱える諸課題を施設や学術関係者が一緒になって解決する方向性を併せ持つことが重要であり、このような方向性を発展させていく方策を真剣に考える時期に来ているように思われる。

このための第一歩として、フロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体が形成され、BL03XU で産学連携に基づく活動を展開している。さらに進んで、NEDO の資金による、蓄電池研究や燃料電池研究のためのビームラインが建設され、蓄電池では京都大学を中心とする産学連携が、燃料電池では電気通信大学を中心とする産学連携が進められている。

理化学研究所も、理研ビームラインを用いた産業連携活動を展開しているが、ここに大学の先生方の参加を求めた産官学連携が進展している。

7.2 現状と課題

SPring-8 での産業利用の進展とともに、利用希望者は増大し、ビームタイムの不足が目立っている。産業利用では、適切なタイミングでのビームタイム配分が重要であり、以前の年 2 回の課題募集から年 4 回とすることによって、ターンオーバーを早くする試みはなされているものの、これが最適かどうかは更に検討の余地があるように思われる。

産業利用課題が増大している割には、有償利用が増えていないことも課題の一つであり、その原因を分析し、今後の有償利用拡大に向けて何かしらの方策を講ずるべきであるならば、速やかに実行するべきと考えられる。

SPring-8 で産業利用を経験したユーザーで、比較的簡易な分析を行っている集団が、九州シンクロトロン、愛知シンクロトロン、立命館大学などで、利用を拡大していることは、日本の放射光科学全体にとっては望ましい方向であるが、さらに日本全体として施設の役割分担を考えながら、産業利用を進めていくことが重要であろう。有償利用者が、より使い勝手の良いこれらの施設に移っているという指摘があるが、これらは元来 SPring-8 とは圧倒的に性能の違う施設であり、こ

のために SPring-8 利用が減ったというのであれば、最初から適正なターゲットを相手にしていなかったこととなる。

真に先端的な産業利用を考えた場合大きな問題になるのは、日本に第三世代放射光施設が唯一 SPring-8 しか存在しないことであり、また軟 X 線領域での圧倒的な資源不足である。産業利用の圧力が、日本の放射光科学がさらに前進することの足枷とならないよう、日本全体での適正規模と適正配置を議論しつつ、放射光施設の改廃と整備を進めていくべきであろう。

産業利用ユーザーがほしいものは、放射光利用技術とは限らず、場合によっては分析結果のみが必要な場合もある。それに対して、測定代行制度等が準備はされているものの、十分に機能しているかどうかは疑問である。外部分析メーカー等が、業として放射光測定代行・データ解析業務を行うことも視野に入れた検討が必要かと思われる。また公益財団法人となった JASRI が、営利事業として分析サービスを行うことが不可能なのか検討が必要である。

産業利用ユーザー、特に成果占有利用ユーザー、の成果は、基本的に非公開であるため、SPring-8 がどれだけ寄与をしているかが見えにくくなっている。もちろん利用料金の多寡が一つの目安にはなるだろうが、SPring-8 の社会貢献を一般に知ってもらうためには、それ以外の情報が出てくる必要がある。この情報を集める仕組みを構築することが重要であり、登録機関の責務であると考えられる。

7.3 今後の方向

SPring-8 の産業利用は産業界の役に立っているという認識は広がっており、利用希望者は増大している。それに伴ってビームタイムの不足も深刻化している。今後産業界の利用ニーズを適切に複数施設に振り分けることによって、全体としての最適化を図ることは試みられるべきであろう。その際、現状ではほとんど有効活用されていない施設も、しっかりと参加することを考えるべきである。この意味で、光量子プラットフォームの果たす役割は大きい。従来のプラットフォームは取りまとめ機関の熱意が今一つであることと、オブザーバーとして参加している JASRI の立場の認識不足によって、必ずしも効果的な運用はなされていない。根本的な改革が必要なように思われる。

SPring-8 の産業利用は、産業界のより本質的な課題解決に資するために、従来のような各個撃破ではなく戦略的に進めるべきである。これは本来登録機関が進めるべき事案であるが、現状の立て付けでそれに無理があるのであれば、施設者としても推進することを考える必要があろう。

8 次世代光源での科学

8.1 次世代光源の特徴

極低エミッタンスの次世代放射光源では、輝度を 2 桁以上向上させながら理想的特性をもつアンジュレータ放射を生成することを目的としている。この特徴を活用することにより、利用においても、単に測定時間の 2 桁の短縮にとどまらない、質的なジャンプが可能となる。

その一つとして、アンジュレータのピンクビームの利用があげられる。従来光源では、アンジュレータの軸上スペクトルは低エネルギー側に大きくテールを引いており、この影響を除去するために殆ど全ての場合にモノクロメータの利用が必須である。分光素子としては、Si(111)分光結晶が広く用いられてきたが、 $\Delta E/E \sim 1e-4$ という単色度は、イメージング実験に加えて、多くの回折・散乱実験においても必要以上に高く、実効的なフラックスを制限している。さらに、30 keV 以上の高エネルギー領域では、高次の次数の反射を用いる必要があり、フラックスは一層低下する。一方で、次世代光源では、単色度 1% 以下でかつ対称性の高い軸上スペクトルを得ることができる。ここで、特定の次数のみを低損失で切り出すことができるとすると（ハーモニックセパレータ）、実効フラックスは 2 桁以上増大することになる。このような高エネルギーの大強度アンジュレータピンクビームは、良好な集光特性とも相まって、イメージング・回折・散乱手法に基づく幅広い利用に革新をもたらすと期待される。

これらのピンクビーム X 線の利用は、次世代高エネルギーリングの大きな強みになると考えられる。短周期アンジュレータを用いることで、基本波で数 keV から 20 keV 程度まで、3 次光や 5 次光も使うと 100 keV 付近までカバーすることが可能となる。一方で、3 GeV クラスの中型光源においても、アンジュレータの高次光を用いて 10 keV 付近の中エネルギー領域の X 線が生成されるが、隣り合う次数のエネルギー間隔が狭いため、特定次数のみを切り出すのは難しく、従来通り分光器を用いる必要がある。ピンクビームの利用を実現するための主要な技術的開発課題として、短周期アンジュレータ（クライオアンジュレータ等）、ハーモニックセパレータ光学系、ミラーによるアクロマティックな集光光学系・結像光学系、高エネルギー用検出器があげられる（→ 9.2）。

また、水平方向の光源サイズが減少し、円形に近い光源形状となることから、従来用いられてきたピンホールによる 2 次光源を省略し、光源を試料上に直接結像しながらナノビームを形成することが可能となる。直径 100 nm 以下の微小集光スポットにおいて、現状と比べて 3 桁以上高い 10^{13} ph/s (Si111 分光時) というフラックスが得られ、ピンクビームにすると、さらに 2 桁高い 10^{15} ph/s まで達する。高速計測システムを構築することにより、空間 3 次元に時間を加えた、4 次元分析が可能となる。これを実現するためには、光源、光学系全てにおいて、極めて高い安定性が必要とされる。

8.2 次世代光源での科学

次世代光源では、製品実物の動作中における解析を行い、何故そのように機能するかを原子・分子レベルで解明しながら、イノベーションを推進する。高輝度の高エネルギーX線によって、3次元半導体デバイス、高分子・複合材料、触媒をはじめとする、ナノからミクロンスケールで不均一な構造や組成をもつ様々な製品について、実動作環境下で筐体越しにナノスケールの分析を行う。光、温度、歪み、磁場等の外場に対する応答や自発的揺らぎについても、最短でナノ秒の時定数で追跡する。

計測にあたっては、イメージング・回折・散乱・分光といった、これまで専ら独立に行われてきた手法の融合が進む。この中でも、実空間・逆空間イメージングは、基盤となる重要な手法であり、他手法といかに有効に組み合わせていくかということが重要となる。実空間イメージングについては、on-the-flyの高速走査型ナノプローブイメージングとともに、電子密度分布を2次元で一挙に取得する結像型イメージングが有効である。トモグラフィの高速化によって、空間軸に時間軸も付加した4次元ナノイメージングが実現する。また、入射波長の走査とアクロマティック結像光学系の組み合わせによりXANESマッピングを行い、触媒のin-situの化学変化をナノスケールで可視化する。逆空間イメージング(CDI, タイコグラフィ等)については、従来使用されている数keVから10 keV付近の中エネルギーX線のみならず、30 keV以上の高エネルギーX線の利用の可能性がひらかれるであろう。高エネルギー領域では、波長で制限される原理的な分解能の向上に加えて、光電吸収が減少し試料へのダメージが低減できる可能性がある。

また、イメージングで試料全体を概観した後には、ナノプローブに様々な分析手法を組み合わせることにより、ピンポイントで見たい領域周辺の解析が行われる。例えば、Bragg散乱に散漫散乱を取り込んだ全散乱解析をナノプローブを用いて行うことで、ナノ構造体や金属有機構造体などに対して、平均構造・局所構造とともに構造揺らぎや不均一性を含んだ時空間階層構造が可視化される。また、コンプトンイメージングやラマンイメージングによって、製品内の軽元素を対象としたナノスケールの分析も進むであろう。ナノプローブを利用した各種分析については、透過力や試料の放射線損傷等を考えると、30・100 keV領域の高エネルギーX線の利用が主力になると考えられる。

8.3 XFEL とのシナジー

次世代放射光源は、XFELと協調的・相補的に使うことで、その効果を一層高めることが可能となる。XFELでは、パルス性を活かしたMeasure-before-destroy型の破壊計測が中心である。極めて高い時空間分解能が達成される一方で、毎回フレッシュな試料を導入する必要がある。これに対し、次世代放射光源では、CW的な特性を活かしたMeasure-during-change型の非破壊計測が行われる。同一の試料に対する、時空間の相関計測に大きな強みがある。両者の特徴を組み合わせることにより、超高分解能を広い時空間領域でつなく、階層的な分析が可能となる。

また、時間分解計測に関して、ピコ秒以下は XFEL、ナノ秒以上は放射光という棲み分けが合理的である。特に、放射光において、電子バンチの短パルス化は低エミッタンス化と相反する方向であり、ピコ秒以下の分解能を無理に狙うのは合理的でない。逆に、マイクロ秒からミリ秒にかけての時間領域は、高速検出器の開発を行いながら放射光でカバーすることが望まれる。

利用のテクノロジーにおいても、放射光から XFEL へ、逆に XFEL から放射光へのトランスファーが新しい領域を開拓する。例えば、XFEL ではじまった試料のシリアルインジェクションによる構造解析は、生命系・物質系を問わず、放射光にも広く展開が進むと予想される。

このように、放射光と XFEL をともに用いることにより、それぞれ単体ではなし得ない成果が得られる。この観点からみても、両者を一つのキャンパスに備えた SPring-8/SACLA は、将来大きな発展が期待できるといえよう。また、2つの先端的な光を同時に使うことで、例えば、触媒に対して、次世代放射光で全体の構造を俯瞰しながら、XFEL によって局所的な化学変化をフェムト秒で探索するといった利用も可能になる。

9 次世代光源利活用に必要な技術開発

9.1 検出器開発

9.1.1 画像検出器の技術動向

近年の放射光ビームラインでは、XFEL、リング型放射光源、硬 X 線、軟 X 線を問わず、画像検出器の利用が一般的となっている。背景として、半導体画像検出器の技術的発展により、高品質なデータ取得が可能となったことが大きい。特に硬 X 線ビームラインでは、画像検出器の導入如何にビームラインの競争力が大きく左右される状況になっている。半導体画像検出器の性能向上は、集積回路技術の進歩と同期して加速している。このことから画像検出器がトータルの実験精度・効率、実施可能な実験スキームに大きな影響を与えることは疑いなく、今後も先端画像検出器への重要性が増大していく事は明白である。

このうち、国を挙げたプロジェクトで速やかに開発着手すべきものは、4-30 keV までの領域をカバーするシリコンをセンサとする硬 X 線用の半導体高速画像検出器である(9.1.6 参照)。

9.1.2 半導体画像検出器の国内状況

日本国内で導入されている半導体画像検出器は、例外的事例を除いて欧州の研究機関で開発されたものがスピンアウト企業により商用化された検出器である。欧米では研究所の連携によって開発され市販されていない画像検出器も多数あるが、これらについては国内のユーザーはほとんど知らないか、知っていても入手が出来ない状況となっている。

日本国内で導入されている半導体画像検出器のほとんどは、スイスの Paul Scherrer Institute (以下 PSI)が開発した検出器群を PSI をスピンアウトしたベンチャー企業が商品化した製品であ

る。イギリス・ラザフォード研究所、ドイツ DESY や Soleil、アメリカ SLAC 国立研究所もベンチャー企業を育成しつつ、開発した技術を商用化によって普及を図る方向で開発を進めている。

国内のビームライン高度化計画では、海外の検出器の導入が中核に据えられている例は実のところ多い。しかし、海外(主にヨーロッパ)の主要放射光施設で開発された技術を商用化したものであるため、既に海外で利用成果が上がっている測定方法を導入する形となりがちで、施設・国全体から見たときのビームラインの基盤的競争力を損なう結果となる。また、研究機関で開発された検出器の性能を抑制したものが商用となっている例もある[1]。更に今後は検出器の開発サイクルが短くなると想定される。近い将来、より短期間、具体的には導入後3年程度で陳腐化するという事態も想定される。

画像検出器には多額の導入費用が必要となるため、国全体で見たときに無視できない投資が行われていることになる。今後はこの費用が増大していくことが予想される。現在のようにビームライン建設時に商用検出器の導入費用をその都度手当するだけでは、世界最先端の競争力を得られないことは明白である。国レベルの戦略を議論し施設間でその戦略を共有しつつ、バランスのとれた形で検出器開発を実施することが喫緊の課題である。

9.1.3 半導体画像検出器の世界的動向

米国は、半導体画像検出器開発で先鞭をつけたものの、性能の良い検出器を国レベルで展開する段階で欧州に後れをとった。更に、アメリカ X 線自由電子レーザー施設 LCLS では、検出器の開発の遅れにより利用研究が制限され、検出器開発の重要性が顕在化した。次世代の野心的な光源開発の推進を答申した 2013 年の BESAC report 以降には、エネルギー省が検出器開発プログラムを直接支援し始めている。米国の場合、既に国内に世界トップクラスの要素技術を有する素粒子科学研究所、宇宙科学研究所、計量標準研究所群が存在する。これらと放射光施設を有する国立研究所間の連携をエネルギー省が自ら促し、検出器開発の推進を図っている。

欧州は、CERN を母体とする素粒子科学用検出器の強力な開発コミュニティが存在し、半導体デバイスや電子回路分野での博士号取得者が CERN をはじめとする研究所で検出器開発に従事するというキャリアパスができあがっている。このような背景の上に、欧州の放射光研究所、大学、産業技術研究所間の連携プログラムが複数実施し、幅広い検出器ニーズに対して、切れ目のない研究所横断型のプロジェクト継続によって答えを出そうとしている。こうした支援を背景に、検出器分野での世界の指導的立場を更に強化しようとしている。

¹例えば、PSI が開発した Eiger 検出器は、Dectris 社が商用化しているものの、PSI が開発したシステムに比べ商用化版のフレームレートは大幅に抑制されている。

9.1.4 国内で取り組むべき開発における開発体制に関して

画像検出器開発においては、(A)センサおよび半導体集積回路開発、電子機器モジュール開発、(B)システム構築、(C)ソフトウェア開発、(D)実験目的に合わせた最適化、(E)ビームライン機器との連携を含むインテグレーションの5つの開発分野が存在する。

日本は民生用半導体センサ分野では世界トップクラスの技術力を有する。従って欧米のやり方をまねるのではなく、日本の強みを活かした開発体制作りが必須である。特に民間企業との有機的な連携を可能とする耐性作りが求められる。

(A)(B)については、民間企業の有する秘密の保持や各機関の知的財産の管理も行う必要がある。従って、多数の機関が参画することは現実的でない。画像検出器の開発とその供用の経験を有する機関を拠点研究機関に選定した上で、その開発チームに他機関の研究者を客員研究員などとして参加させるなどの方法が妥当であろう。

(C)(D)(E)については、開発成果を速やかかつ効率的に波及させるため、およびニーズの開発計画への迅速なフィードバックを実現するため、連携組織を国内外横断的に設立すべきである。このなかで、国内施設のなかから中核的な機関を1-2選定し、国内の開発力の層の厚みを増す施策とすべきである。

9.1.5 実現するための留意点

9.1.5.1 生産技術

画像検出器は、一つの検出システムに10-100万以上の画素を持つ。従って、原理的な検出方式の研究だけでは実用に耐える検出器の実現は到底不可能で、多数の画素を欠陥無く製造する生産技術までも含めた総合的な開発マネジメントが必要である。実際産業界の電子機器開発において、技術開発の中核に生産技術が位置することからも、この重要性は明らかであろう。しかるに、これまでの国内の開発実施例では、生産技術の重要性に対する認識が開発リーダー/施設マネジメント層に欠落しているため、試作品の開発に成功するものの実用検出器の製造に至らない例がしばしば見られる。放射光分野の研究者には、これら生産技術に明るい人材はいないので、開発チーム編成時や開発の評価時に生産技術の考慮が必要である。

9.1.5.2 周辺分野と人材確保

アメリカ・ヨーロッパでは、素粒子物理実験用の半導体画像検出器コミュニティが人材供給源として有効に機能している。一方日本の素粒子物理学実験分野のうち、半導体画像検出器分野のコミュニティは残念ながら小さい[2]。従って、素粒子物理学分野との有機的な連携を進めつつも、

²高エネルギー加速器研究機構の測定器開発室「KEKDTP/2005-2008」成果報告書(http://rd.kek.jp/lab_01.html)。以下抜粋。「しかしふと立ち止まって、我が手の内をみますと、そこにあったのは、外国から学んで後20年近く使い込んできたにすぎない測定器技術と、世界に誇る超優良日本企業が製造するセンサーがあるばかりでした。一方ヨーロッパにおいては、10余年の歳月とエネルギーをLHCとその測定器システムの建設に注ぎ、そこで開発されてきた膨大な技術が着々と蓄積されてきているようです。彼の地での(測定器技術の開発を大切に)そもそもの文化基盤とも相まって、彼我の差は拡がるばかりに思えます。これではLHC以降の勝負はすでにあつたといわざるを得ません。」

放射光分野としての自律的な人材戦略が必要である。拠点研究機関をハブとし大学、国内施設を含めた有機的な連携網を作ることが重要である。

幸い、民生用の半導体画像センサに関しては日本の競争力は高い。工学系の大学・研究機関および産業界の参画を積極的に進めるべきである。

9.1.6 放射光用画像検出器の種別とプライオリティ

本稿で画像検出器とは 2 次元画像取得が可能な検出器を指す。10 kHz を超える高速読みだしは 1 次元検出器が、光子エネルギー分解能を有する検出器は数 10 個の素子を備えた検出器が利用されている。これら検出器群も今後は 2 次元化されていくと考えられ、先端画像検出器の導入がより多くの分野で共通の課題となっていくと考えられる。

X 線波長で大別すると、おおよそ 4-30 keV 程度まではシリコンをセンサとする技術で対応できる。このうち、4 keV 以下とそれ以上で必要となる技術に差がある。30 keV のエネルギー領域では、重元素を含む半導体(CdTe など)は比較的大きな画素が必要な散乱実験に、シンチレーターを用いる間接検出型は高空間分解能が必要な実空間撮像用途に適していると考えられている。これ以外に高光子エネルギー分解能を持つ超伝導検出器もある。

喫緊に開発すべき検出器

硬 X 線用の半導体高速画像検出器

国を挙げたプロジェクトとして喫緊に取り組む必要があるのは、4-30 keV までの領域をカバーするシリコンをセンサとする画像検出器である。現在は光子計数型が用いられているが、検出器の飽和を避けるために X 線ビームを弱くして測定している事例も多い。今後、光源が高度化されると多くの実験で光子計数型では対応できなくなることが確実と想定される。一方、積分型の検出器は高フレームレート動作により飽和を原理的に回避できる。今後の光源高度化にも見据え、積分型でノイズフリーの硬 X 線高速画像検出器を喫緊に実施する必要がある。

重点的に開発すべき検出器

4 keV 以下のための画像検出器

民生用 CMOS センサの技術が援用できる。しかるべき民間企業と、国内外の施設の連携の枠組みで取り組みを進めるべきである。

着実に開発すべき検出器

間接型 X 線画像検出器

シンチレーターを用いた間接型検出器は 90 年代に盛んに研究されたが、2000 年代の半導体検出器の隆盛に伴って放射光コミュニティの関心は薄まった。しかし、30 keV 以上の高い光子エネルギー領域、あるいは検出器上の空間分解能 0.5 μm 以下が求められる実験では、依然として唯一の選択肢である。近年これらの領域で重要なアプリケーションが数多く生まれているほ

か、光源性能の向上でより多くの実材料観測に展開できる可能性が生まれている。したがって、本技術に再度注目すべきである。

間接型検出器はシンチレーター、シンチレーター光をイメージセンサに結像する光学系、イメージセンサの要素からなる。1990年代と異なり、直近の10年間にシンチレーターの材料科学、半導体リソグラフィを中心とする短波長光学系技術の進展、CMOSイメージセンサの精細度・感度の大幅な向上が実現されている。これらの進捗を取り込むとともに、シンチレーター光の最適取り出し方法・高効率光学系の探索を実施し、間接型X線画像検出器の着実な性能向上を実現すべきである。

30 keV以上の光子エネルギーについては硬X線放射光施設で特に課題となるので、硬X線放射光施設の開発プロジェクトとして進めるべきである。

超伝導検出器

超伝導検出器については潜在的可能性が高いが、課題も多い。緊急性は高くないが、長期的な取り組み方を検討すべきである。他の分野でも注目されている技術であるので、内外の研究機関と連携して着実な開発を図るのが妥当と考える。

9.2 光源・光学系技術

次世代蓄積リングのほとんどは、フォトン数を要求するあまり大蓄積電流化などで多大なエネルギーを消費するものではなく、フロントエンド高熱負荷機器や高熱負荷光学素子の開発競争はある程度終焉を迎えている。リングの極低エミッタンス化は、エネルギー資源のインプットを増やさずに、使えるコヒーレントなフォトンをどれだけ増やせるかが知恵の絞りどころであり、国際的にもこの土俵での勝負になるものと思われる。加速器、挿入光源から得られる性能を壊さずに、実験ステーションに輸送する高品位の光学系の選択が必須である。

次世代蓄積リングにおいて、既存の光学系をそのまま使い続けることは可能であり、光源性能向上の恩恵をある程度は得ることが可能である。現状のSPring-8の硬X線の利用状況に鑑み、今後、2桁向上する空間コヒーレンスの積極的な利用、挿入光源のスペクトル幅1/100とシリコン結晶分光器のバンド幅1/10000のギャップを埋める広バンド幅・高フラックスのアプリケーションへの展開、高エネルギーX線のより一層の利用拡大を目指し、光源および光学系の選択、場合によって実用化に向けた技術開発を行っていく必要がある。

・高熱負荷機器、高熱負荷光学素子

今後の動向として、放射パワーやパワー密度が現在のSPring-8（最大40 kW程度）を数倍も超える光源は出てこない（使いこなせないという意味でも）と推察する。したがって、挿入光源からの放射パワーを最初に受けるフロントエンド機器や、光学素子は現在の最大パワー程度で制限する戦略をとるべきである。これは高品質の放射光ビームの維持と輸送という点でも、施設の省エネルギー運転という意味でも重要な観点である。

その上で、初段の高熱負荷光学素子に求められることは、例えば、光学素子そのものの品質の維持に加え、冷媒循環に伴う素子の振動を低減することである。特に数十メートルのビームラインにおける反射光学系の角度振動は特に影響が大きく、極低エミッタンスのリングの特に縦方向のビームクオリティの維持には、少なくとも振動レベルを現状の 1/10 の 100 nrad 以下にする必要がある。振動やドリフトを低減させる様々な方策は、メカニカルエンジニアリングとして重要な開発課題である。例えば、通常用いられる二結晶分光器では、出射ビームを一定に保つために二つの結晶が分離され、それぞれが精密に位置・角度制御される。この際、結晶の振動を抑制し、第一結晶と第二結晶の間の反射面の平行度を 100 nrad 以下に保つ必要がある。一方で、二つのチャンネルカット結晶を(+,+)配置でタンデムに並べ、通常二結晶分光器における振動問題を解決するアイデアがある。通常、チャンネルカット結晶の内側の反射面の無ひずみ研磨加工は平板結晶の研磨加工に比べ難しく、波面の乱れによるスペckルが観測されていたが、近年、大阪大学で開発されたプラズマエッチング(PCVM)による平坦加工により、高品位チャンネルカット結晶が得られるようになった。初段のチャンネルカット結晶の冷却、駆動機構の最適化、放射光に付随するガンマ線の除去などが今後の重要な R&D 項目となる。

以上は、完全結晶をベースにした結晶分光を前提にしているが、最も良く利用されるシリコン結晶の場合、一番低次の 111 反射におけるバンド幅は 1/10000 程度であり、利用によっては、もう少しバンド幅を広げて明るいビームを使うケースも出てくるであろう。通常のアングレータのバンド幅 1/100 からシリコン結晶の 1/10000 の間を埋める光学系(多層膜ミラー、全反射ミラー等によるワイドバンドパス)の実用化も必要となる。

・X 線集光光学素子

高品位の全反射ミラー、多層膜ミラー、Multi-layer Laue Lens、Fresnel Zone Plate、屈折レンズなど多様な光学素子が開発され、多くのものが実用化されている。コヒーレント X 線の利用に際して、これら光学素子に求められる要件は、場合によってさらに厳しいものになるものがある。ミラーでは表面形状誤差に対する要求が 1 nm 以下になってくる。要求に見合うように加工技術、形状計測技術などで技術革新は続いていくものと考えられる。高精度な各種光学素子の開発は国内外で積極的に進められており、現在アイデアレベルや試作レベルのものから、数年後にはいくつかの新たな光学素子が実用になっているものと予想される。日本の技術力は高いが、どのように使うかという総合力で海外に負ける例も少なくない。単純に集光素子を用いて 10 nm 以下のビームをつくりだすだけでなく、もう少し大きな 100 nm~1 μ m 程度の大きさのコヒーレントな X 線ビームをつくり、結像光学系や回折イメージング等で、高分解能な X 線利用を推進することを考える必要がある。全反射ミラーを用いたものとして、回転楕円面による二次元ナノ集光ミラー(SPring-8)、レプリカ方式のウォルターミラー(東京大学)、結像光学系を実現する Advanced KB ミラー(大阪大学)などは、今後の X 線イメージング技術を支える重要な光学系となる。

・高エネルギー X 線光学素子

現 SPring-8 の 8 GeV よりビームエネルギーは下がるものの、6 GeV クラスのリングにおいて、50 keV 以上の高エネルギー X 線を積極的に活用すべきである。アンジュレータの高次光を結晶分光器により分光し利用することは当然可能であるが、結晶分光によるフラックスのロスを嫌う利用においては、プリズムや屈折レンズを利用したワイドバンドパス分光システム(ハーモニックセパレータ)も実用化の可能性がある。光学素子材料、光学系配置などを含め原理検証から始めるべきである。

現在 SPring-8 では、4~20 keV の範囲で、ダイヤモンド結晶移相子による偏光制御が行われている。今後、特に横方向の劇的な光源サイズの減少に伴い、より低発散のビームをつくることが可能になる。シリコンやゲルマニウム結晶を用い、高エネルギー領域においても高い偏光度での偏光制御も可能になると期待できる。高エネルギー領域での偏光利用実験を視野に、光学系を整備していくことも重要であろう。

10 将来の放射光源

10.1 放射光源の将来像

可視光や紫外光での光源発展の歴史が示すように、X線や軟X線領域でも使いやすいコヒーレント光源が出現すれば、その方向に動いていくことが当然予想される。播磨サイトではX線自由電子レーザー計画策定時の 2003 年ころ、その後40年にわたるロードマップを設定した。当時 SPring-8 は順調に稼働していたが、XFEL を建設して、サイトとして二足歩行を始めること、リング型光源とライナック型光源のアップグレードをそれぞれ約25年周期で位相をずらして実施することにより、人材と技術の継続を図ることを考慮していた。

ライナック光源は、パルスレーザーに相当している。これは自己増幅自発放射(Self-Amplified Spontaneous Emission; SASE)原理に基づいた、いわゆる自由電子レーザーであり、X線領域まで発生できるのでX線自由電子レーザー(XFEL)と呼ばれる。播磨では日本独自の真空封止型アンジュレータとCバンド加速器の組み合わせによるコンパクトXFEL、SACLA を 2011 年に実現し、世界のXFELレースの先頭をアメリカLCLSと争っている。

新しい光源が出来ても、相当数の利用者は旧世代光源利用とあまり変わらない利用を始め、一部の先進的利用者が新世代に見合った利用を始める。旧世代光源的利用が汎用化されると、産業利用に展開されるが、新世代利用と産業利用の両方で利用成果の社会還元が何かしらの形で始まっていく。一方で、新世代利用を突き詰めていくと、その次の世代の光源の必要性が見えてきて、そのための技術開発に向かっていく。このような歴史が放射光源の進化に過程で繰り返されてきた。

X線領域でのパルスレーザーがSASE型XFELとして実現された今、今後向かうべきはCWX線自由電子レーザーであろう。欧米では、超伝導リニアックを用いた、力技でのCWX線自由電子レ

ーザー建設が指向されている。わが国の一部には、またしても欧米の後追いに走ろうとする傾向が垣間見られるが、播磨では蓄積リング型光源でのCWX線自由電子レーザーに向けて光源開発を進めることを目標に置く。SPring-8-II へのアップグレードはそのための中間段階であり、そこで超低エミッタンス蓄積リングを実現することによって、次の段階のCWX線自由電子レーザーに進んで行く。

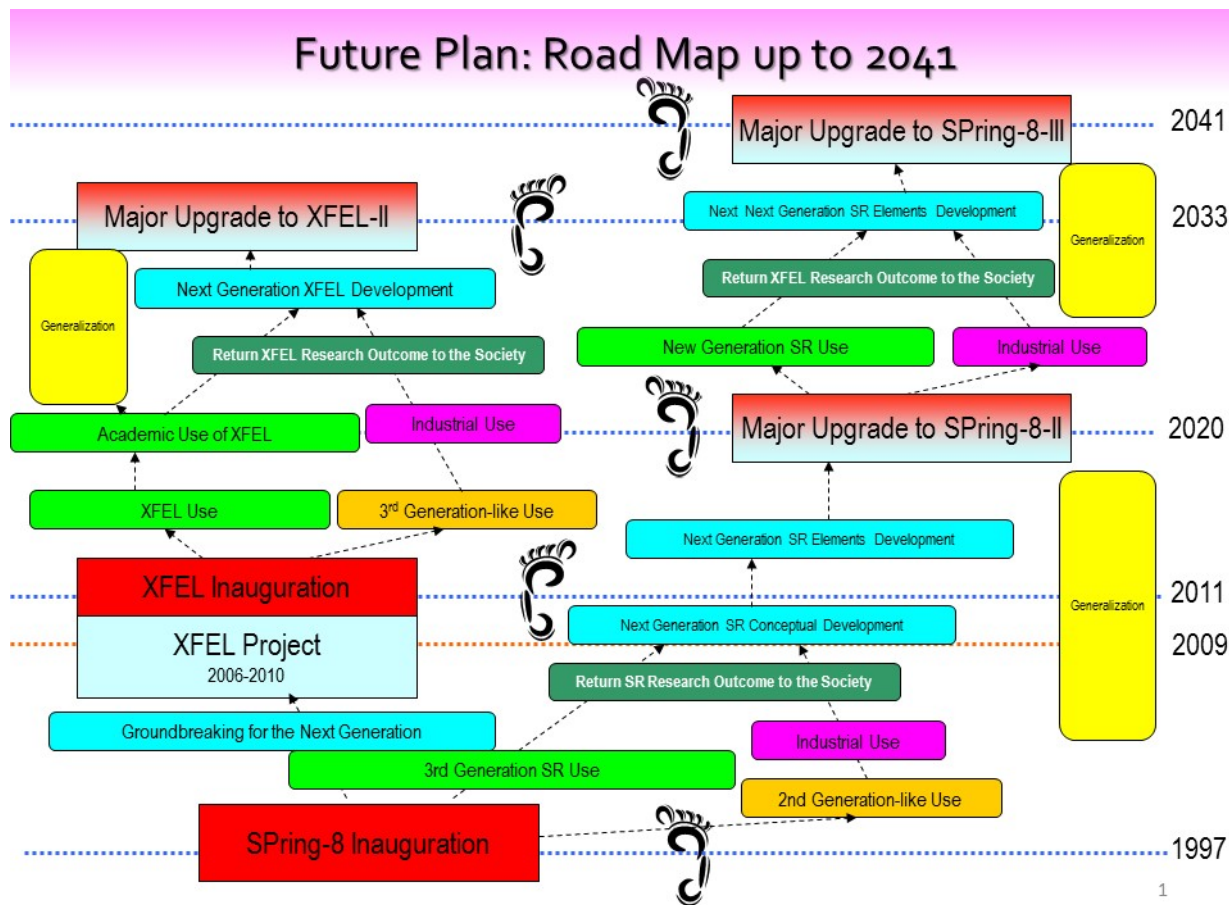


図1 播磨将来計画ロードマップ

これとは別に最近SACLAでレーザーとXFELの組み合わせによる、新しいコヒーレント光源の可能性が実験的に示された。これを用いた新世代光源も考慮の対象となろう。

10.2 小型パルスXFEL

SACLA では、シーディングによる時間方向の単一モード化が当面の課題であるが、中長期的にはSASEXFELの一層のコンパクト化を推進する。そのために、ImPACT プロジェクトと協力してレーザープラズマ加速による、線形加速器の一層の小型化を進める。

一方で、これも ImPACT との協力等によって、アンジュレータの小型化の可能性を追求し、最終的には現在の 1/10 規模でのパルスXFEL光源の実現を目指す。

ImPACT プロジェクトが成功裏に終了した場合には、そこで完成した線形加速器をSACLAの BL4 あるいは BL5 の上流部に設置し、各BLの繰返しを上げることを目指すことも一つの方向であろう。

10.3 蓄積リングによる CWXFEL

SPring-8-II で超低エミッタンス蓄積リングを実現した後に、そこにX線共振器を設置して普通の意味での CWX線自由電子レーザーを目指す。X線共振器の開発は、まさに端緒についたところであり 2016 年夏に第 1 回のワークショップがアメリカで開催される。

SPring-8 には長尺ビームラインや、共振器用ビーム取り出し孔など、共振器型X線レーザー開発に役立つインフラがすでに準備されているので、それらを利用しつつ必要な技術開発を進め、2040 年代の CWX線自由電子レーザーへのアップグレードを目指す。

10.4 加速器とレーザーのベストマッチによる新世代光源

SACLAでは2015年にニパルス二色運転によって、内殻順位レーザーを実現し、その後レーザープラズマ中でのXFEL増幅現象を確認した。これはレーザー光源と加速器光源の組み合わせにより新たな光源を作る可能性を示した第一歩であり、今後このような可能性が数多く示されるものと予想される。

それらを有効に利用することによって、高効率光源を低コストで建設できる可能性がある。SPring-8 サイトでは、既存ロードマップに示したパルスXFELとCWXFELに留まらず、このような新しい可能性も伸ばしていく必要がある。

11 おわりに

本調査から導かれる結論を端的に述べれば

- SPring-8 は世界トップレベルに伍して戦っていく競争力を失いつつあり、できるだけ早期にアップグレードへの道筋をつける必要性があること。
- このアップグレードにより大幅な運営費の低減の可能性はあるが、アップグレード以前にも実行可能な効率化に向けての取り組みは多数考えられ、その着実な推進を図る必要があること。
- SPring-8 アップグレードはそれ単体で考えるのではなく、わが国の放射光科学推進の全体計画の中で考えるべきものであること。

- 放射光施設は、もはや学術のための大型基盤施設を超えた存在ではあるが、一方で従来の産業利用から一歩進んだ産業利用の取り組みが要請されていること。
- 本格的に世界一を目指すのであれば、共用法の根幹に遡って再考する可能性を排除できないこと。
- わが国が立ち遅れていた検出器技術開発を、わが国の特徴を生かした形で推進する必要があること。

が挙げられる。

次世代放射光での利用研究に関しては、今後さらに議論を深化させる必要があるが、放射光、中性子、電子顕微鏡、ミュオン、NMR などの手法が、「無理をすればなんでもできる」という立場をお互いに棄却し、ある程度のオーバーラップを持ちながらも、それぞれの得意分野を中心に相補的発展を目指すことこそが、限られた財政資源を効果的に用いて科学技術を国富の増大に繋げうる道であろう。

本調査により、多数の改善すべき点が見出されたことは、当初の予想を遥かに越えたものであり、これらの改善に着実に取り組むことが重要である。しかしながら、SPring-8 のみでこのような努力をし続けることには限界があり、努力をしたものが損をする世界を作りかねない。その一方で、様々な大型基盤施設において同様な取り組みを進めることの効果は非常に大きなものがあると予想され、また同時に同様な観点からの効率化を検討することによって効率化の相乗効果が生まれることも期待される。

米国エネルギー省が管轄する大型基盤施設では、一つのチームによる同じ観点でのレビューが複数の施設に対して行われていると仄聞しているが、わが国でもそのようなチームを立ち上げて大型施設全体での効率を向上させ、生産性を向上させることが出来れば、大型基盤施設に対する国民の理解や支援を増進させることが容易となろうと思われる。このような方策には長所ばかりでなくもちろん短所もあろうが、それらを勘案した上で実施の是非の検討を行うことは、十分に議論に値するものだと思う。

最後に、本書をまとめるにあたってご支援・ご教授をいただいた関係各位に、個々の名前を挙げることはしないものの、謝意を表したい。

放射光施設の運営体制の事例調査

報告書

2016年3月31日

本日は事業モデル一次案等についてディスカッションを実施したい

ミーティング	日付	ミーティング内容(想定)	インプット(想定)	アウトプット(想定)	
Kick off	11/4(水)	<ul style="list-style-type: none"> ・タスク・スケジュールの内容を確認し、今後の進め方について認識をすり合わせ、日程調整も含めて段取りを整える ・本PJに対する期待・要望事項の確認を行う(ゴール、期待する効果、必要に応じて政投銀へのヒア日程調整、など) 	Kick off資料	今後の進め方の合意	
第2回	11/12(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・組織形態の種類(一般/公益、財団/社団など)と概要、一般的な得失整理を行い、それぞれの概要を共有する ・国内の放射光施設の事例調査を踏まえ、東北放射光施設の建設・運営のあり方を検討する上でのポイントを共有する ・次回ミーティングに向けた論点整理とテーマを共有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・組織形態概要資料 ・事例調査結果 	<ul style="list-style-type: none"> ・受皿組織の選択に向けた論点(選択肢と評価軸) 	
第3回	11/19(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・東北放射光施設の現状を踏まえ、受皿組織のパターンと得失を整理し、内容の共有と優先順位に関するディスカッションを行う ・次回ミーティングに向けた論点整理とテーマを共有する 	受皿組織のパターンと得失整理表	<ul style="list-style-type: none"> ・受皿組織選択の評価の考え方 ・事業モデルの整理方針 	
第4回	12/3(水)	<ul style="list-style-type: none"> ・中間報告(これまでの調査・検討・整理の内容に関するご報告を行い、指摘を頂くとともに、受皿組織のあり方について概ねの方向性と承認を得る) ・次回ミーティングに向けた論点整理とテーマを共有する 	中間報告書(組織形態概要、事例調査結果、受皿組織の得失、事業モデルの頭出し)	<ul style="list-style-type: none"> ・受皿組織の概ねの承認 ・今後の検討課題・作業方針 	
第5回	12/15(火)	<ul style="list-style-type: none"> ・東北放射光施設の事業モデル一次案を提示し、事務局内でディスカッションを行う ・最終報告に向けた論点整理とテーマを共有する 	事業モデル一次案	一次案の修正方針・追加検討テーマ	
本日	第6回	12/24(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・最終報告(東北放射光施設の事業モデル案を提示し、向田副会長の承認を得る) 	最終報告書(中間報告書の修正、事業モデル案)	事業モデル案の承認

1. 東北放射光施設(SLIT-J)の建設・運営組織形態

事業主旨に鑑みると、財団組織の選択が有望であり、今後の論点としては主に資金調達の観点から「公益」または「一般」の選択を考えるものと想定される

組織形態別の特徴(1/2)

凡例: 当該組織形態の落選要素(ノックアウトファクター)

組織形態	公益法人		一般法人		(一般・認定) NPO法人	独立行政法人	株式会社 (非公開)	合同会社 (LLC)	SPC	有限責任事業組合(LLP)	
	公益財団法人	公益社団法人	一般財団法人	一般社団法人							
主旨	財産を基盤としその運用を公益性の高い事業の基盤として運営	<input checked="" type="checkbox"/> 一定の目的を持つ人の集まりを基盤とし、目的に合い、かつ公益性の高い事業活動を行う	財産を基盤としその運用を事業基盤に運営	<input checked="" type="checkbox"/> 一定の目的を持つ人の集まりを基盤とし、目的に合う事業活動を行う	<input checked="" type="checkbox"/> (認定)少額の少額寄付を多数の市民等から集め、公共からのサポートを得た活動を行う	政府の事業のうち、大学、博物館、病院、研究機関など、独立して運営した方が効果的な部門の活動	所有と経営を分離した形で営利事業活動を行う	所有と経営が一体で営利事業活動を行う	特定資産の運用を基盤とした営利事業のみを行う(特定資産の運用・処分業務は委託が必要)	<input checked="" type="checkbox"/> 契約に基づき、組合員全員が、共通目的のため主体的に組合事業に参画	
目的	非営利(利益分配をしない)					<input checked="" type="checkbox"/>	営利(利益分配が目的)				
事業内容	50%以上の事業が公益事業目的である必要		公益事業収益事業 ²	公益事業収益事業 ²	17特定非営利事業・他の事業	<input checked="" type="checkbox"/> 政府の事業個別法で設定	制限なし				
資金調達方法	設立時出資・基金	300万円以上の拠出金必要(返還不可) 基金制度 ³ の利用対象外	不要 基金制度 ³ 採用可能だが、返還時に利息をつけるのは不可	300万円以上の拠出金必要(返還不可) 基金制度 ³ の利用対象外	不要 基金制度 ³ 採用可能だが、返還時に利息をつけるのは不可	不要	1円以上 金銭・現物の出資が可能	社員は必ず金銭などの出資を必要	最低資本金300万円必要 特定出資が1円以上	2円以上 金銭・現物の出資が可能 設立時に全額払込みが必要	
	借入	○ (設立時は難)	○ (設立時は難)	○ (設立時は難)	○ (設立時は難)	○ (設立時は難)	○ (主務大臣の認可必要)	○ (設立時は難)	○ (設立時は難)	○ (設立時は難)	○ (設立時は難)
	債券発行	×	×	×	×	×	×	○ (設立時は難)	○ (設立時は難)	○ (設立時は難)	○ (設立時は難)
	寄付金優遇	○ 寄付者への税制優遇あり ⁴ 特別損金算入限度額:(資本金等の額の0.375%+所得金額の6.25%)×1/2	×	×	×	認定NPO ○ (公益法人と同じ) ⁴ 一般NPO ×	○ 寄付者への税制優遇あり ⁴ (公益法人と同じ)	×	×	×	×
	国・自治体の補助金等	△ 事業によって取得可能	△ 事業によって取得可能	△ 事業によって取得可能	△ 事業によって取得可能	△ 事業によって取得可能	○ 交付金を調達可能	△ 事業によって取得可能	△ 事業によって取得可能	△ 事業によって取得可能	△ 事業によって取得可能

1: 23の公益目的事業が定められ、その中に「学術・科学技術の振興」がある
 2: 非営利法人が営み、法人税の課税対象となる収益事業として、34事業が法人税法施行令で定められているが、基本的に会社法人と同じ
 3: 基金とは、社団法人が社員以外の第三者(引受人)から拠出してもらった金銭等の財産のこと。社団法人は、一定の条件を満たした場合、引受人に対して財産を返還する義務を負う。
 4: 寄付金については、一般寄付金の損金算入限度額とは別に、特別損金算入限度額まで損金算入。一般寄付金の損金算入限度額:(資本金等の額の0.25%+所得金額の2.5%)×1/4

一方、公益法人は設立時や運営時の手続き等が煩雑になる

組織形態別の特徴(2/2)

組織形態	公益法人		一般法人		(一般・認定) NPO法人	独立行政法人	株式会社 (非公開)	合同会社 (LLC)	SPC	有限責任事業組合(LLP)	
	公益財団法人	公益社団法人	一般財団法人	一般社団法人							
設立難易度	一般法人設立後に、行政庁に公益認定を申請 内閣府公益認定等委員会 又は 各都道府県合議正機関により 公益認定を受ける必要 (移行認定には約4か月)		設立登記のみ 1か月以内で 設立可能	設立登記のみ 1か月以内で 設立可能	(一般)所轄庁の 認証後に 設立登記 (5-6か月) (認定)設立後所 轄庁に申請	設立登記必要 主務大臣が 設立役員を 任命して準備	設立登記のみ 急げば2-3週間 で設立可能	設立登記のみ 株式会社より 簡素な手続き 1-2週間で設立 可能	設立登記のみ 約1-2か月 (急げば2-3 週間で設立)	設立登記のみ 2-3週間で 設立可能	
報告義務	公益性判定のため、 毎年行政庁に報告書を提出 (公益性不認証の場合 一般法人に降格)		なし		国民閲覧の ため毎年所管庁 に報告義務	総務省行政管理 局が新設、目的 の変更を審査 主務大臣が一般 的に監督	なし 決算公告が 必要	なし 決算公告も 必要なし	資産流動化 計画などの 届け出が義 務化	なし 決算公告も 必要なし	
組織	最高意思 決定機関	評議員会	社員(会員) 総会	評議員会	社員(会員) 総会	社員総会	個別法で 法人長を設定	株主総会	出資者全員に代 表権	社員総会	総組合員の 全員一致
	社員または 設立者数	設立者1人以上	2人以上	設立者1人以上	2人以上	社員10人以上	主務大臣が法人 の長を指名	発起人1人以上	1人以上	自然人・法人 問わず1人	2人以上
	業務執行機関・ (業務関連意志 決定可能機関)	理事・理事会				個別法で設定	取締役会	社員全員が 業務を執行	取締役会なし 取締役1人以上	組合員全員が 業務を執行	
	監事	1人以上	理事会設置なら 1人以上	1人以上	理事会設置なら 1人以上	1人以上	設置義務あり	不要	・ルールがなく、 柔軟な組織設 計可能 ・株主総会や取 締役会の設置 義務なし	不要 ・監査役1人 以上要 ・会計監査人 は条件次第	・ルールがなく、 組合員が柔軟 に設置可能 ・株主総会や取 締役会の設置 義務なし
	会計監査人	基本的に不要 基準を超えたら1 人	大規模法人は 1人	基本的に不要 基準を超えたら1 人	大規模法人は 1人	不要	個別法で設定	必要	不要	不要	
	評議員会	設置3人以上	不要	設置3人以上	不要	不要	個別法で設定	不要	不要	不要	
法人税	原則非課税 (公益事業以外は課税) ・公益目的事業は収益事業でも非 課税 ・収益事業から公益目的事業に 繰り入れた所得には非課税		△ 課税・非課税に2分 ・非営利型法人:収益事業の収益 のみ対象 ・非営利型法人でない:全所得対 象(寄付金や補助金も課税)		非収益事業は 非課税	・収益事業所得 にのみ課税 ・みなし寄付あり 損金算入は 所得金額の 20%)	×	×	収益の90%を 配当すること で、配当金の 損金算入がで きる	法人では ないので 組合員個人の 所得に課税	
総合評価	○ 一次候補	×	○ 一次候補	×	×	×	×	×	×	×	

5

有望企業の一般寄付枠は数十億円程度、研究開発費は数百億円以上であり、各企業にとって、数口程度の寄付金額の財務的インパクトは大きくないと見られる

寄付金提供可能性のある企業の寄付金枠・研究開発費(単位:百万円)

企業名	資本金	税引き前純利益 ※以降税務会計上の 「所得」と見做し計算	一般寄付金枠 (資本金の0.25%+ 所得の2.5%)×1/4	研究開発費	【参考】	【参考】	
					特別損金算入限度額 (資本金の0.375%+所 得の6.25%)×1/2	一般寄付金枠 + 特別損金算入限度額	
化学	住友化学	89,699	116,702	785	147,919	3,815	4,601
	日産化学工業	18,942	25,296	170	14,964	826	996
	旭化成	103,389	158,440	1,055	75,540	5,145	6,200
	JSR	23,320	41,068	271	22,498	1,327	1,598
	三菱化学(非上場)	50,000	非上場のため未取得	-	-	-	-
自動車	トクヤマ	53,458	-64,986	33	10,156	100	134
	トヨタ自動車	397,050	2,892,828	18,328	1,004,547	91,145	109,474
	デンソー	187,457	371,915	2,442	396,440	11,974	14,415
	日産自動車	605,814	687,421	4,675	506,147	22,618	27,293
医療・医薬	アステラス製薬	103,001	189,683	1,250	206,600	6,121	7,371
	新日鐵住金	419,524	376,188	2,613	62,966	12,542	15,156
鉄鋼・非金属	JFE ホールディングス	147,143	226,692	1,509	32,488	7,360	8,869
	日本製鋼所	19,694	-4,017	12	4,104	37	49
	京セラ	115,703	121,862	834	55,285	4,025	4,859
電子	東芝	439,901	136,644	1,129	352,700	5,095	6,224
	日立製作所	458,790	518,994	3,530	334,800	17,079	20,609
	パナソニック	258,740	182,456	1,302	457,300	6,187	7,489
	富士通	324,625	198,864	1,446	202,700	6,823	8,269
ゴム	住友ゴム工業※ ¹	42,658	87,411	573	23,543	2,812	3,385
	横浜ゴム※ ¹	38,909	62,594	416	13,438	2,029	2,445
	ブリヂストン※ ¹	126,354	477,753	3,065	94,147	15,167	18,232
繊維	クラレ※ ¹	88,955	31,533	253	14,174	1,152	1,405
	帝人	70,816	-6,927	44	32,400	133	177
	東レ	147,873	114,469	808	59,504	3,854	4,662
	三菱レイヨン(非上場)	53,229	非上場のため未取得	-	-	-	-

※赤字決算の企業については、所得を0として寄付金枠を計算した。

※取得年度は2015/3(※1については2014/12)

出所: SPEEDAをもとにDTC作成

参考(1口:年200h利用) 50百万円
参考(5口:年1,000h利用) 250百万円

6

一般財団法人は、コウリションコンセプトに基づいて受皿組織に求められる要件に適合していると想定される

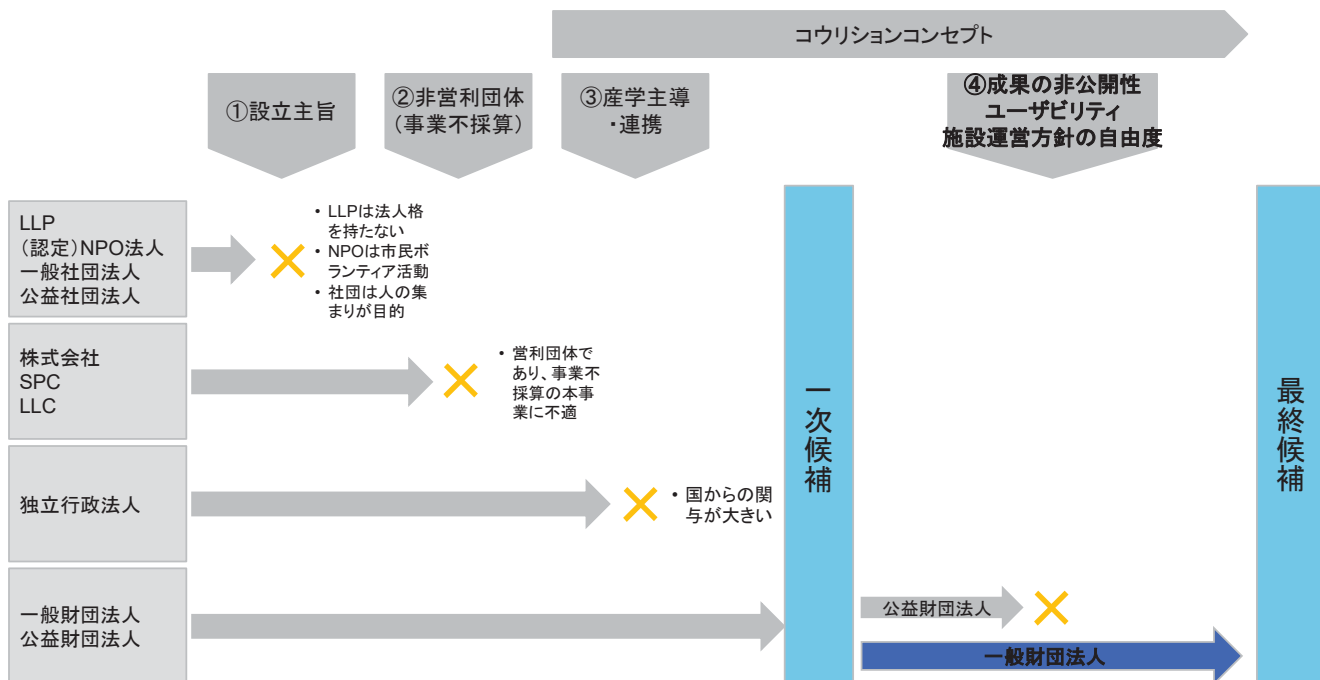
財団法人形態毎の得失整理

比較軸		比較軸説明	一般財団法人	公益財団法人
コウリションコンセプト	資金調達容易性	本PJ参画企業が出捐しやすいか否か	有望大企業からは一般寄付金枠で資金獲得できる可能性が高いものの、大企業のみで300口獲得できるかは要検討	特別損算入枠が存在するため、一般寄付金枠が少ないor余っていない企業は寄付をしにくい
	成果の非公開性	参加各企業等が成果を非公開とできるか否か	特に、成果の非公開による制約はない(ただし、共用プラットフォーム事業に採択されると公開義務が発生する)	現時点では、成果非公開が公益目的事業と見做されるか否かは確定できないため、リスクとしての位置づけになる
	ユーザビリティ	ユーザーによる日常的な運営の柔軟性(申込方法、利用時間の追加申請、非稼働時間の貸付・転売等の利用方法の幅)	特に、法人形態による制限・制約はない	公益目的事業を常に意識した利用方法を念頭に置く必要があり、柔軟性に乏しいと想定される
	施設運営方針の自由度	施設・事業の追加、事業方針の変更のしやすさ(利用料金改訂、BLの追加、BL方針の変更等の運営自由度)	特に、法人形態による制限・制約はない	公益目的事業の趣旨に鑑み、変更不可となることもあり得る。公益要件等に不適合になった場合、施設が他の類似財団等に帰属させられる
設立までのリードタイム	財団法人を設立準備にかかる期間。本PJでは、早めに資金の受皿機能が必要	設立準備から約1ヶ月で設立可能	一般財団法人設立後、追加で4ヶ月以上を要する	
運営時事務手間(コスト)	日々の運営事務にかかる手間(コスト)。※ただし、施設運営コストに比して、小さいと想定される	一般企業等に比して、特に大きな負荷は想定されない	一般財団法人の業務に加え、毎年の監督行政庁への報告および作成に伴う諸作業が必要となる	

7 凡例 ○:特に障害は想定されない △:障害等が想定されるが克服できる可能性あり ×:障害等があり克服は難しい

本施設の設立趣旨、非営利性、コウリションコンセプトに基づき、望まれる組織形態は一般財団法人と考えられる

組織形態に求められる要件によるスクリーニング結果サマリ



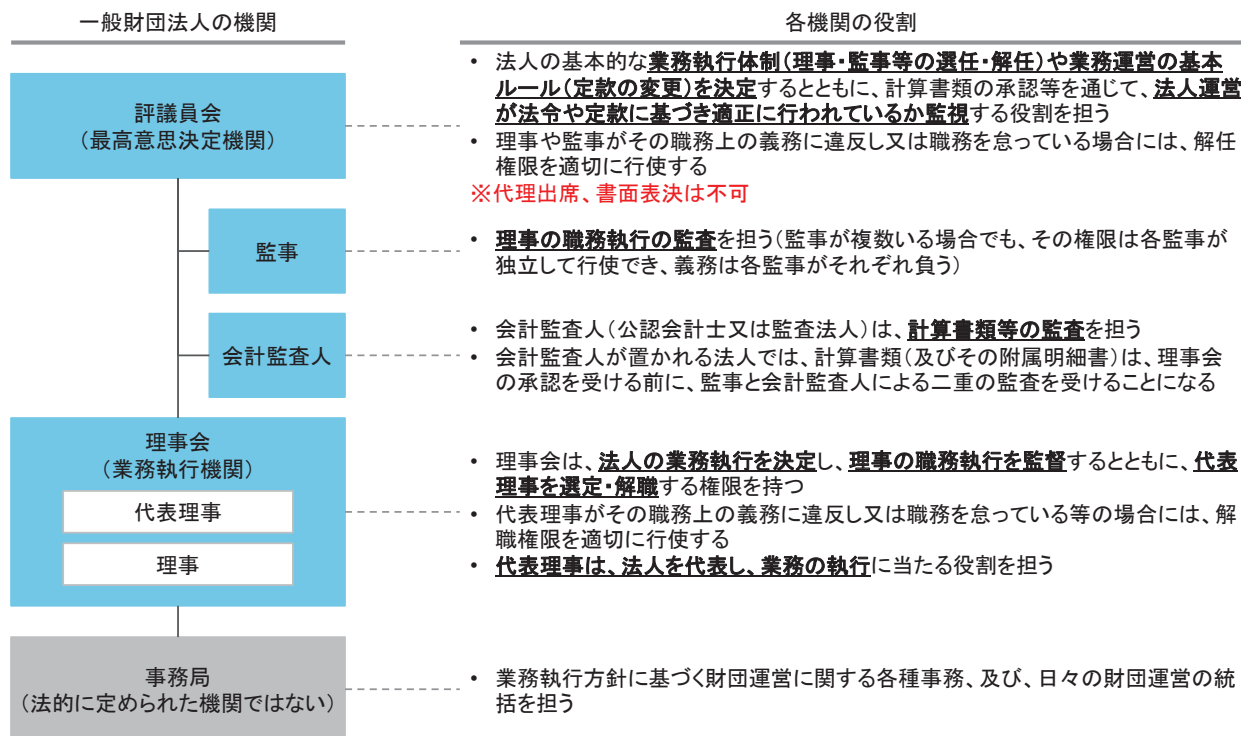
2. 一般財団法人の設計と設立に向けたロードマップ

9

2.1. 財団法人の詳細設計(案)

一般財団法人は、評議員・評議員会、理事・理事会、監事が必置であり、負債200億円以上の場合は会計監査人が必置、それ未満は定款の定めにより設置可能となる

一般財団法人の機関と役割

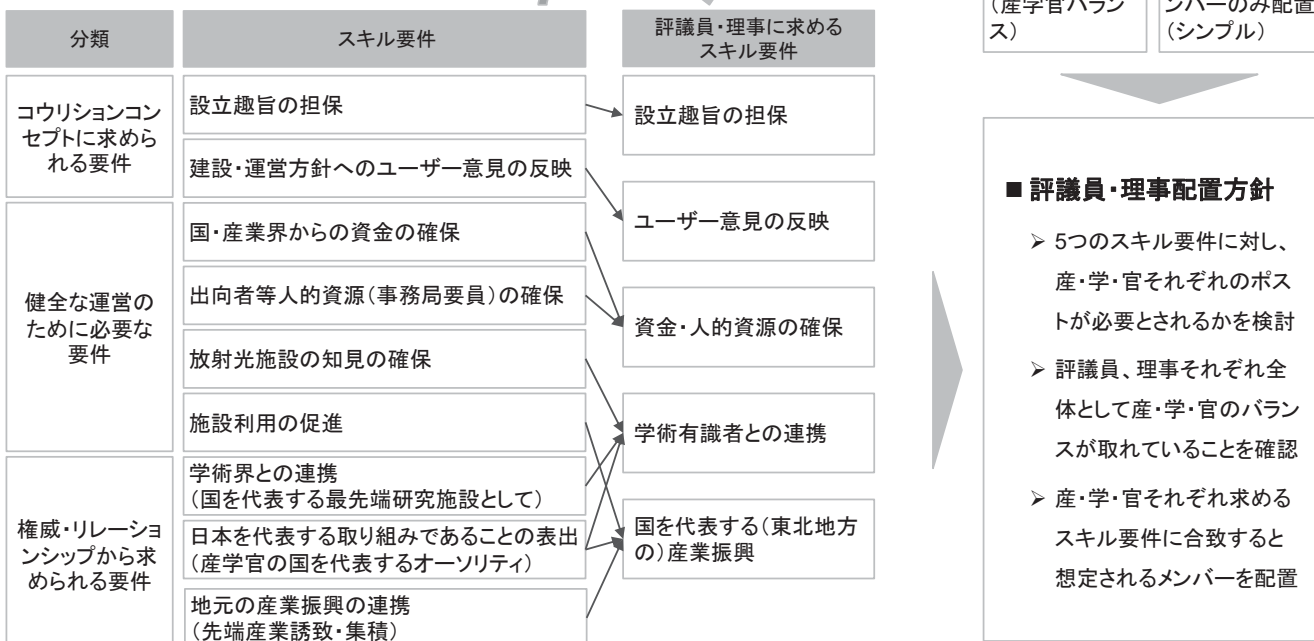


出所：公益法人の各機関の役割と責任(内閣府)に基づき、DTC作成

財団運営およびコウリション構想の実現に向け、本財団に求められる組織・スキル要件を整理した上で、評議員・理事を選出すべきと考える

組織・スキル要件から導かれる評議員・理事配置方針

配置検討にあたり、ほぼ同じ属性に求められる要件をとりまとめ



評議員・理事に求めるスキル要件を満たし、産学官のポストとバランスを検討した結果、評議員11名(4:4:3)、理事9名(3:3:3)の枠を設定した

スキル要件毎に必要なとされる産学官のポストの検討

凡例: 1名配置 対象外

		組織要件				
		独立性の確保(産学官バランス)	機能に必要なメンバーのみ配置			
		産業界	学术界	官		
評議員会 (意思決定機関)	評議員 (11名)	役割・タスク				
		評議員・理事に求めるスキル要件				
		【運営のチェック、財団の権威付け】 ・定款の変更決定 ・業務執行体制の決定(役員の選・解任) ・財団法人運営の監視 ・(定款に従った)財団運営方針に関する決定	設立趣旨の担保			
		ユーザー意見の反映			ユーザー不在	
		資金・人的資源の確保				
		学術有識者との連携	対象外		対象外	
	国を代表する(東北地方の)産業振興		対象外			
		4名	4名	3名		
理事会 (業務執行機関)	理事 (9名)	役割・タスク				
		評議員・理事に求めるスキル要件				
		【業務執行責任者】 ・代表理事:法人を代表して業務執行 ・業務執行の意志決定・執行 ・理事の職務執行を相互監督 ・代表理事の選・解任と職務監視	設立趣旨の担保			
		ユーザー意見の反映	ユーザーかつ人的資源を提供できる方を1名			
		資金・人的資源の確保				
		学術有識者との連携		設立趣旨の担保者と兼務		
	国を代表する(東北地方の)産業振興					
		3名	3名	3名		

※理事の配置・非配置理由は評議員と同様

評議員・理事に必要なポストに具体的なメンバー案を作成した

評議員・理事に必要なポストへのメンバー(案)

		組織要件				
		独立性の確保(産学官バランス)	機能に必要なメンバーのみ配置			
		産業界	学术界	官		
評議員会 (意思決定機関)	評議員 (11名)	役割・タスク				
		評議員・理事に求めるスキル要件				
		【運営のチェック、財団の権威付け】 ・定款の変更決定 ・業務執行体制の決定(役員の選・解任) ・財団法人運営の監視 ・(定款に従った)財団運営方針に関する決定	設立趣旨の担保	東経連 会長	東北大学 総長	宮城県 知事
		ユーザー意見の反映	利用経験のある大手企業 役員級	東京大学 教授級		
		資金・人的資源の確保	日本政策投資銀行 役員級	理化学研究所 理事級	文科省or経産省 部長級	
		学術有識者との連携		KEK 理事級 or 原研 理事級		
	国を代表する(東北地方の)産業振興	日本経団連 理事級		NEDO、産総研、JST 部長級		
理事会 (業務執行機関)	理事 (9名)	役割・タスク				
		評議員・理事に求めるスキル要件				
		【業務執行責任者】 ・代表理事:法人を代表して業務執行 ・業務執行の意志決定・執行 ・理事の職務執行を相互監督 ・代表理事の選・解任と職務監視	設立趣旨の担保	東経連 副会長級	東北大学 教授級	東北6県 副知事級
		ユーザー意見の反映	企業ユーザー代表 部長級	学術ユーザー代表 教授級		
		資金・人的資源の確保		東北大学 理事	文科省or経産省 部長級	
		学術有識者との連携		(東北大学 教授級)		
	国を代表する(東北地方の)産業振興	地元の商工会議所、工業会 役員級		宮城県産業技術総合センター 役員級		

ユーザー意見の反映方法として、ユーザー側の意思で組成されるユーザーコミュニティ(UC)から、理事を選出できるような仕組みを用意することが考えられる

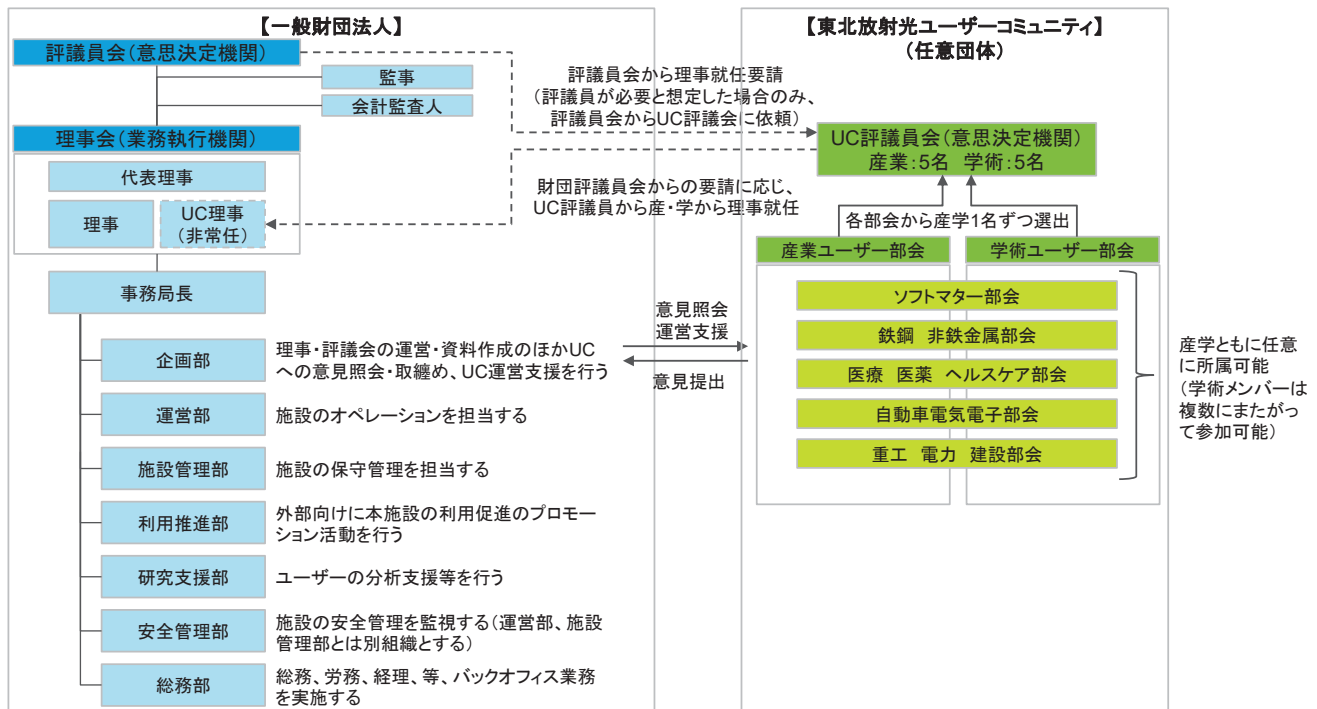
財団法人とユーザーコミュニティの関係性オプション

凡例: 青字(ポジティブ) 黒字(ニュートラル) 赤字(ネガティブ)

	①UCが理事会の内部組織	②UCの代表が理事に就任	③UCは理事会から完全独立組織 (SPRUC型)
概要 (括弧内は想定人数規模)			
ユーザー意見の反映しやすさ	<ul style="list-style-type: none"> 流動性に欠け、主要ユーザー(口数大)の意見に偏る(タコツボ化) ユーザー意見を反映するためには、多くのユーザーを理事にする必要から、理事会が肥大化し、意思決定が難しくなる 	<ul style="list-style-type: none"> ユーザー代表を通してユーザー意見が反映される ユーザー代表の選出を公平に行うことで、偏りなく意見を拾える 理事会を適切な規模に保ちながら、ユーザー意見を取り入れることが可能 	<ul style="list-style-type: none"> 意見を取り込む仕組みを整備し、事務局が捌ければ担保される ユーザー意見が無責任かつ散逸するため、事務局負担は大きい
ユーザーの運営負荷	<ul style="list-style-type: none"> 主要ユーザーは固定化され、負担が大きい 	<ul style="list-style-type: none"> 負担は一部のユーザーだが、推進・負担意向を踏まえてローテーション可能 	<ul style="list-style-type: none"> 負担はユーザー代表に集中するが、推進・負担意向を踏まえてローテーション可能
組織が機能するための必要要件 (実現可能性の判断材料)	<ul style="list-style-type: none"> 肥大化した理事会意見を取りまとめる仕組みが必要(一般的にはそのような仕組みが機能している事例は少ない) 	<ul style="list-style-type: none"> 代表選定のプロセスのバランスを設計する必要がある(代表に主体性がないと③に、流動性がなくなれば①になるリスク) 人材のスキルに過多に依存しない 	<ul style="list-style-type: none"> ユーザーの意見が言い放しで終わらず、または事務局が意見を無視しない仕組みが必要があり、定款等でカバーする必要がある ユーザーの散逸した意見をトップダウンで交通整理し、実行策に落とせる相当に高い能力・権威を備えた専任の事務局長が必要

SLIT-Jの建設・運営は一般財団法人が進める一方、コウリション構想の硬直化を防ぐため、UCからの理事・意見出しの仕組みを整えたモデルを志向すべきと考える

財団法人の組織図とユーザーコミュニティとの関係性



(ご参考:第5回(12/15)打ち合わせ資料)財団法人メンバー案

財団法人に求められる役割・要件とメンバー(案)

凡例: 産業界 学術界 官

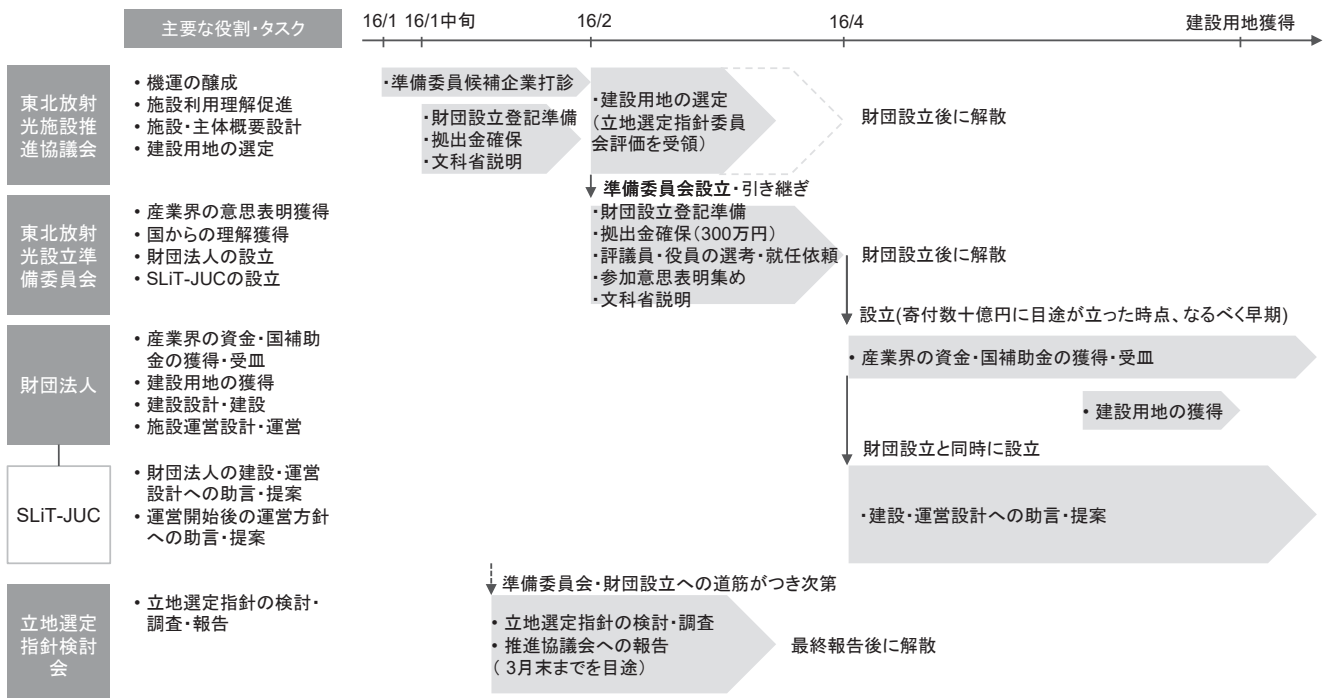
		主要な役割・タスク	組織運営・スキル要件	メンバー案												
評議員会 (意思決定機関)	評議員 (5名)	<ul style="list-style-type: none"> 定款の変更決定 業務執行体制の決定(役員の選・解任) 財団法人運営の監視 (定款に従った)財団運営方針に関する決定 	<ul style="list-style-type: none"> 設立趣旨、およびユーザー目線(運営・利用方法変更等の柔軟性)の担保 産学官各界を代表する権威であり、各界の構成員数がバランスしていること 	<table border="1"> <tr> <td>宮城県 村井知事</td> <td>東北大学 里見総長</td> </tr> <tr> <td>東経連 高橋会長</td> <td></td> </tr> <tr> <td>企業ユーザー代表</td> <td>学術ユーザー代表</td> </tr> <tr> <td>日本政策投資銀行</td> <td>日本経団連</td> </tr> <tr> <td>KEK</td> <td>理化学研究所</td> </tr> <tr> <td>原子力研究開発機構</td> <td>東京大学</td> </tr> </table>	宮城県 村井知事	東北大学 里見総長	東経連 高橋会長		企業ユーザー代表	学術ユーザー代表	日本政策投資銀行	日本経団連	KEK	理化学研究所	原子力研究開発機構	東京大学
宮城県 村井知事	東北大学 里見総長															
東経連 高橋会長																
企業ユーザー代表	学術ユーザー代表															
日本政策投資銀行	日本経団連															
KEK	理化学研究所															
原子力研究開発機構	東京大学															
理事会 (業務執行機関)	代表理事	<ul style="list-style-type: none"> 法人を代表して業務執行 	<ul style="list-style-type: none"> 設立趣旨の担保 専任で財団運営に責任をもつ理事を1名設置する 国とのリレーション(資金調達力) 先端産業誘致・集積、産業振興、施設利用促進の観点を保有 産業界のリレーション(資金調達力) ユーザー目線(運営・利用方法変更等の柔軟性)の担保 	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">東北大学 高田教授</td> </tr> <tr> <td>東経連 向田副会長</td> <td>東北大学進藤理事</td> </tr> <tr> <td>【行政】文科省等</td> <td>東北電力等</td> </tr> <tr> <td>【北海道東北知事会】 副知事?</td> <td>宮城県産業技術総合センター</td> </tr> <tr> <td>商工会議所、工業会</td> <td>NEDO、産総研、JST</td> </tr> <tr> <td>企業ユーザー代表</td> <td>学術ユーザー代表 (東北7大学含む)</td> </tr> </table>	東北大学 高田教授		東経連 向田副会長	東北大学進藤理事	【行政】文科省等	東北電力等	【北海道東北知事会】 副知事?	宮城県産業技術総合センター	商工会議所、工業会	NEDO、産総研、JST	企業ユーザー代表	学術ユーザー代表 (東北7大学含む)
	東北大学 高田教授															
東経連 向田副会長	東北大学進藤理事															
【行政】文科省等	東北電力等															
【北海道東北知事会】 副知事?	宮城県産業技術総合センター															
商工会議所、工業会	NEDO、産総研、JST															
企業ユーザー代表	学術ユーザー代表 (東北7大学含む)															
	理事 (12名)	<ul style="list-style-type: none"> 業務執行の意志決定・執行 理事の職務執行を相互監督 代表理事の選・解任と職務監視 国・産業界からの資金獲得 先端産業誘致・集積、産業振興の実現 施設利用促進 ユーザー目線での施設・運営設計 運営開始後の運営方針策定・執行 														
事務局	事務局長	<ul style="list-style-type: none"> 事務局長:日々の財団運営の統括 業務執行方針を基にした財団運営 各種事務処理(法務・財務・総務等) 施設・運営の基礎・仕様設計 施設・運営委託(見積評価・管理) 財団運営に必要となる各種業務(施設・BL管理等:外注との兼合要検討) 	<ul style="list-style-type: none"> 財団等の運営経験 企画、各種事務処理能力 産学の立場での建設・運営の基礎・仕様設計、見積評価・管理能力(経験) 	<table border="1"> <tr> <td>理化学研究所</td> <td>宮城県</td> </tr> <tr> <td>財団法人等運営経験者(プロパー採用)</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">プロパー採用(企画系)</td> </tr> <tr> <td>企業ユーザー(技術)</td> <td>学術ユーザー(技術)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">プロパー採用(法務・財務・総務等)</td> </tr> </table>	理化学研究所	宮城県	財団法人等運営経験者(プロパー採用)		プロパー採用(企画系)		企業ユーザー(技術)	学術ユーザー(技術)	プロパー採用(法務・財務・総務等)			
	理化学研究所	宮城県														
財団法人等運営経験者(プロパー採用)																
プロパー採用(企画系)																
企業ユーザー(技術)	学術ユーザー(技術)															
プロパー採用(法務・財務・総務等)																
	事務局員 (複数名)	<ul style="list-style-type: none"> ユーザー目線での施設・運営設計へ提案 運営開始後の運営方針への提案 	<ul style="list-style-type: none"> 産学のユーザーが含まれる 	<table border="1"> <tr> <td>企業ユーザー</td> <td>学術ユーザー</td> </tr> </table>	企業ユーザー	学術ユーザー										
企業ユーザー	学術ユーザー															
	監事	<ul style="list-style-type: none"> 理事の職務執行の監査 	<ul style="list-style-type: none"> 業務・会計監査能力と中立性 	<table border="1"> <tr> <td>日本政策投資銀行</td> <td>地銀</td> </tr> <tr> <td>宮城県</td> <td></td> </tr> </table>	日本政策投資銀行	地銀	宮城県									
日本政策投資銀行	地銀															
宮城県																
	会計監査人	<ul style="list-style-type: none"> 計算書類等の監査 	<ul style="list-style-type: none"> 資産300億円規模の監査経験 	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">公認会計士 or 監査法人</td> </tr> </table>	公認会計士 or 監査法人											
公認会計士 or 監査法人																

凡例 青字:一般的な財団法人業務
黒字:本法人特有の業務

2.2. 財団法人設立に向けたロードマップ(案)

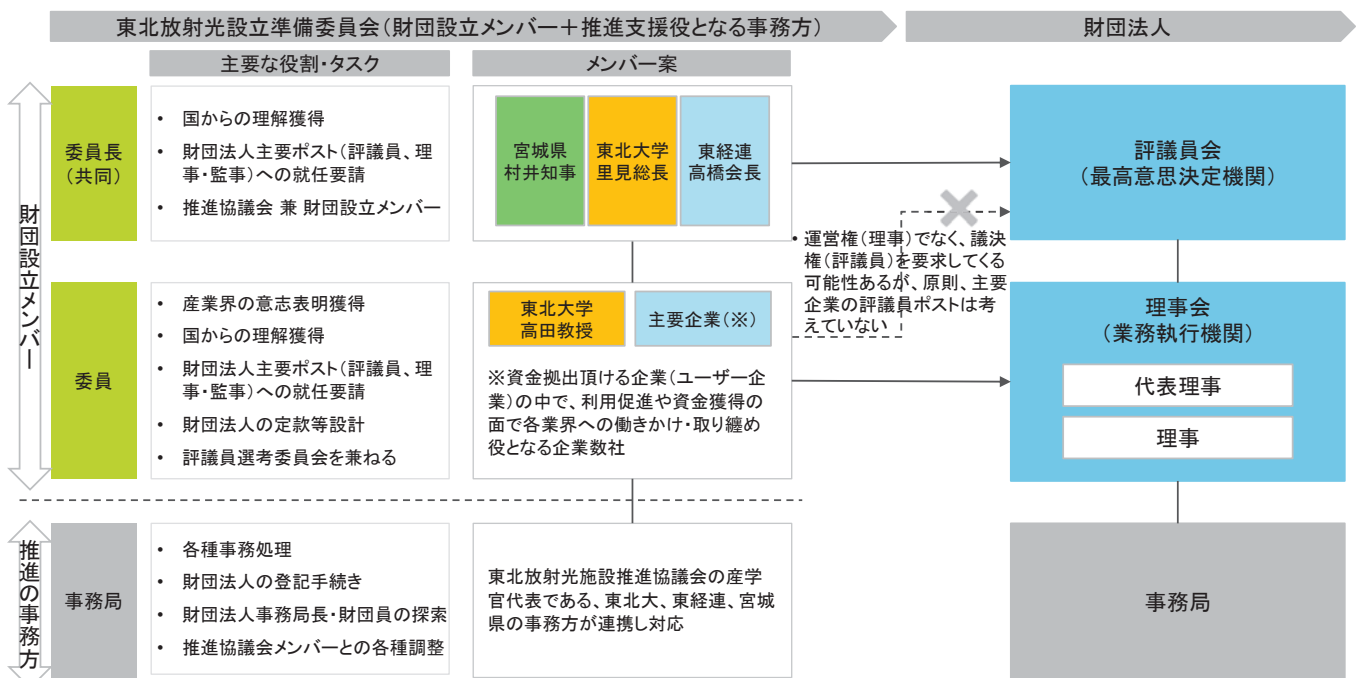
今後、財団法人の設立および建設用地選定を目指し、設立準備委員会、立地選定指針検討会の立上げを早期に行う

各組織の主要な役割・タスクとロードマップ



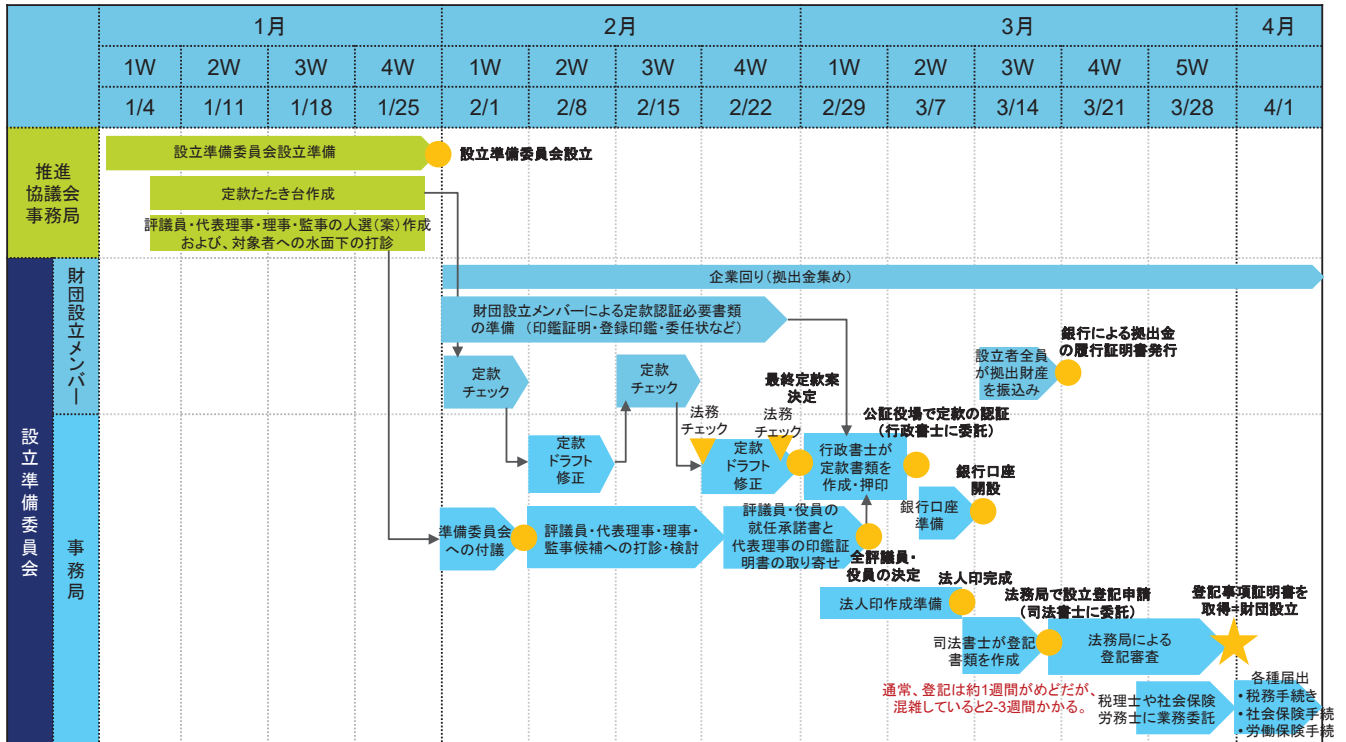
設立準備委員会は、施設運営・利用者(財団設立メンバー)とSLiIT-J計画の推進支援者(推進協議会メンバー)で構成し、資金集めと財団法人設立のための活動を担う

設立準備委員会の体制と財団法人との関係



4月1日までに財団を設立するには、1月上旬からの始動が必須となります

財団設立までの手続きとスケジュール



出所) 各資料を基にDTC作成

立地選定は、推進協議会の下、財団設立メンバー(オーナー)となる方が音頭を取り、早期に、立地選定指針検討会の立上げとプロセスを整えることが有効であるとする

立地選定の検討主体比較

立地選定の検討主体	合理性	スピード	リスク	総括
<ul style="list-style-type: none"> 以下の3つの主体について比較・検討を行う 	<ul style="list-style-type: none"> SLIT-Jのオーナー(所有者)が検討しているか? 	<ul style="list-style-type: none"> 1月からの企業周りに間に合うか? 	<ul style="list-style-type: none"> 各主体が検討を行うことのリスクは? 	
財団法人	◎ 立地選定は、SLIT-Jのオーナーがやるべきと考えられるため、財団法人による検討が最も合理的	× 現時点では、4月に設立を目指しているため、検討が一時中断される	△ 検討スピードが芳しくないことから、放射光施設の予定地から、東北地方が外される可能性あり	<ul style="list-style-type: none"> そもそも、東北地方に放射光施設を建設できなくなる可能性を孕むため、不採用
設立準備委員会	◎ 財団法人の前身であるため、設立準備委員会による検討も合理的	△ 現時点では、2月に立ち上げを目指しているため、1月からのロケットスタートはできない	△ 同上	<ul style="list-style-type: none"> 1月からの企業周りには間に合わず、検討の推進力が弱まる
東北放射光施設推進協議会	△ 推進協議会そのものはオーナーではなく、SLIT-J計画の推進役であるため、合理性は相対的に劣後	◎ 既にある組織のため、すぐにも検討に着手できる	△ オーナーではないため、建設地の評価結果に権威を持たせづらい(最悪、活用されないリスクあり)	<ul style="list-style-type: none"> 財団法人の代表理事候補など、推進協議会のオーナー候補が検討する場合は、全ての条件をクリアできる(→高田教授の下、立地選定を実施)

※ 立地選定に際しては、東北放射光施設推進会議(事務局:東北大学)が、第三者委員会による立地調査を既に行っているため、これを参照しつつ、改めて土地選定指針検討会(事務局:推進協議会)による評価を行うことが合理的かつ効率的と考える

1月からの企業周りに向けては、以下に列挙する資料を用意すべきと考える

必要資料一覧

必要資料	使用目的・内容	参照資料(例)
SLiT-Jの概要	<ul style="list-style-type: none"> 企業に、東北放射光施設の計画を示し、施設に対する理解を得る 	<ul style="list-style-type: none"> 東北放射光計画(SLiT-J)など
立地選定の状況と今後のプロセス	<ul style="list-style-type: none"> 立地点情報がない場合は、企業は資金拠出の意思決定はできないため、候補地と決定スケジュールについて示す必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 候補地 検討体制(立地選定指針検討会に関する説明) 検討スケジュール など
利用方針	<ul style="list-style-type: none"> 詳細な利用方法は今後検討していくものの、利用可能時間枠や利用方針の概要は示す必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 東北放射光施設(SLiT-J)のビジネスモデル 利用方針(案) など
運営主体の健全性	<ul style="list-style-type: none"> 企業が資金拠出をする上で、運営主体の健全性・信頼性は重要なファクターとなるため、最低限、組織図・メンバー案・収支計画は必要と考える 	<ul style="list-style-type: none"> 組織図 メンバー案 想定収支計画 など
資金提供の方法	<ul style="list-style-type: none"> 財団法人(非営利団体)への資金拠出となるため、税務上は寄付金扱いになってしまうことは伝える必要がある 一方、拠出金に応じた利用可能時間枠が設定されることで、研究開発上の便益については確保することも伝える必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 資金提供の仕組み説明資料 など

APPENDIX

財団法人の評議員、役員(理事・監事)は出捐の有無に依らず、個人が就任可能であるが、同一財団法人の複数ポストに重任することはできない

役員等の選任及び解任等(選任・資格・任期)

■ 法人と評議員・役員の関係

- 一般財団法人と評議員、理事、監事及び会計監査人は、委任の関係

■ 評議員・役員資格

- 法人は評議員、役員になることができない
- 評議員は、一般財団法人又はその子法人の理事、監事又は使用人を兼ねることができない
- 監事は、一般財団法人又はその子法人の理事又は使用人を兼ねることができない

【参考】設立登記時に定めること

■ 定款の作成

- 一般財団法人を設立するには、設立者(設立者が二人以上あるときは、その全員)が定款を作成し、これに署名し、又は記名押印しなければならない

■ 定款に示すべき重要事項

- 設立者(設立者が二人以上あるときは、各設立者)が拠出する財産及びその価額
- 設立時評議員、設立時理事、及び設立時監事の選任に関する事項
- 設立しようとする一般財団法人が会計監査人設置であるときは、設立時会計監査人の選任に関する事項
- 評議員の選任及び解任の方法

■ 注意事項

- 評議員の選任及び解任の方法として、理事又は理事会が評議員を選任し、又は解任する旨を定款に示していても無効となる
- 設立者に剰余金又は残余財産の分配を受ける権利を与える旨の定款の定めも無効となる

一般社団法人及び一般財団法人に関する法律(通称、一般法人法)においては、出捐の有無により評議員、理事、監事の縛り・義務を規定する条項はない

設立登記時には評議員と役員となる者を選任し、拠出金額とともに定款に示す必要がある

25

一般社団法人及び一般財団法人に関する法律 財団法人の評議員、役員(理事、監事)の選出資格・条件

役員等の選任及び解任等(選任・資格・任期)

一般法人と評議員等との関係(一般法人法 第172条)

一般財団法人と評議員、理事、監事及び会計監査人との関係は、委任に関する規定に従う。

評議員の資格等(一般法人法第173条) 役員資格等(一般法人法第65条)

- 次に掲げるものは、評議員、役員になることができない
 - 1) 法人
 - 2) 成年被後見人若しくは被保佐人又は外国の法令上これらと同様に取り扱われている者
 - 3) この法律若しくは会社法の規定に違反し、又は次の罪を犯し、刑に処せられ、その執行を終わり、又はその執行を受けることがなくなった日から2年を経過しない者
 - 民事再生法第255条、256条、第258条から第260条まで若しくは第262条の罪
 - 外国倒産手続の承認援助に関する法律第65条、第66条、第68条、第69条の罪
 - 会社更生法第266条、第267条、第269条から第271条まで若しくは第273条の罪
 - 破産法第265条、第266条、第268条から第272条まで若しくは第274条の罪
 - 4) 前号に規定する法律の規定以外の法令の規定に違反し、禁錮以上の刑に処せられ、その執行を終わるまで又はその執行を受けることがなくなるまでの者(刑の執行猶予中の者を除く。)

(一般法人法第173条)2. 評議員は、一般財団法人又はその子法人の理事、監事又は使用人を兼ねることができない。

(一般法人法第65条)2. 監事は、一般財団法人又はその子法人の理事又は使用人を兼ねることができない

設立時の定款で定めること

定款の作成

第152条 一般財団法人を設立するには、設立者(設立者が二人以上あるときは、その全員)が定款を作成し、これに署名し、又は記名押印しなければならない。

定款の記載又は記録事項

第153条 1. 一般財団法人の定款には、次に掲げる事項を記載し、又は記録しなければならない(以下抜粋)。

- 5 設立に際して設立者(設立者が二人以上あるときは、各設立者)が拠出する財産及びその価額
- 6 設立時評議員(一般財団法人の設立に際して評議員となる者をいう。以下同じ。)、設立時理事(一般財団法人の設立に際して理事となる者をいう。以下この節及び第319条第2項において同じ。)、及び設立時監事(一般財団法人の設立に際して監事となる者をいう。以下この節、第254条第7号及び同項において同じ。))の選任に関する事項
- 7 設立しようとする一般財団法人が会計監査人設置一般財団法人(会計監査人を置く一般財団法人又はこの法律の規定により会計監査人を置かなければならない一般財団法人をいう。以下同じ。))であるときは、設立時会計監査人(一般財団法人の設立に際して会計監査人となる者をいう。以下この節及び第319条第2項第6号において同じ。))の選任に関する事項
- 8 評議員の選任及び解任の方法

3. 次に掲げる定款の定めは、その効力を有しない。

- 一 第1項第8号の方法として、理事又は理事会が評議員を選任し、又は解任する旨の定款の定め
- 二 設立者に剰余金又は残余財産の分配を受ける権利を与える旨の定款の定め

第154条 前条第一項各号に掲げる事項のほか、一般財団法人の定款には、この法律の規定により定款の定めがなければその効力を生じない事項及びその他の事項でこの法律の規定に違反しないものを記載し、又は記録することができる。

26

(参考) 評議員会や理事会の決議には制限事項があります

評議員会の決議

- 法には規定されていないが、委任出席、代理出席、書面評決が一切できないと考えられている
 - 一般社団法人において社員総会における社員の議決権の代理行使は規定されているが、一般財団法人の評議員委は、規定が一切ないことから、代理行使が認められないと解釈せざるを得ない。
- 評議員会の決議は、議決に加わることができる評議員数の過半数(これを上回る割合を定款で定めた場合はその割合以上)が出席し、その過半数(これを上回る割合を定款で定めた場合はその割合以上)の賛成をもって可決する
 - 監事の解任、役員などの責任の一部免除、定款の変更、事業の全部の譲渡、法人の継続、吸収合併契約または新設合併契約の承認、については評議員の3分の2以上の賛成が必要になる
- 評議員の任期は通常4年で、定款により6年まで伸長できるが、4年より短縮できない

注) 内容に関しては、弁護士に要確認

出所) 一般社団法人・財団法人設立完全マニュアル

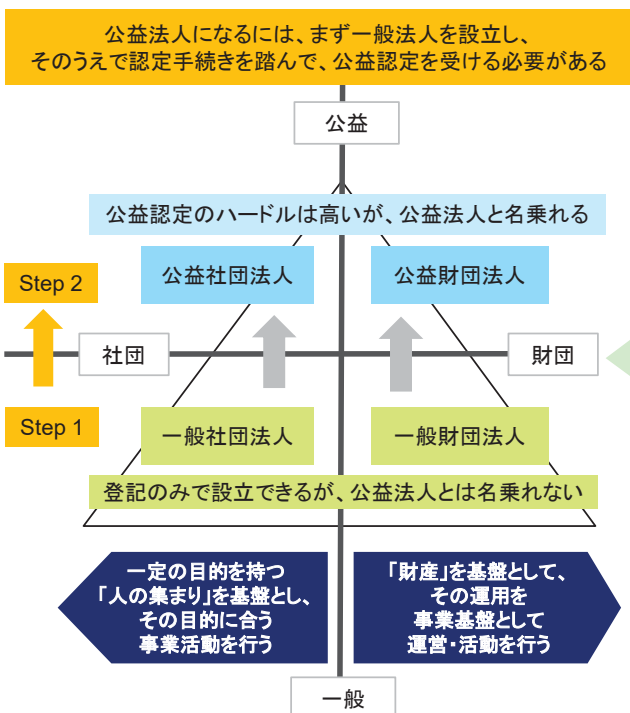
理事会の決議

- 原則として、議決に加わることができる理事の過半数が出席、その過半数で行う
- その際、決議について特別の利害関係を有する理事がいる場合は、その理事は議決に参加できない
- 委任出席、代理出席、書面評決が一切できない
- 定款で理事会の省略について定めてある場合は、議決の省略を行うことができる。その場合、書面やインターネットなどでの同意の意思表示をすることで、議決を可決することができる
 - この場合、すべての人が同意した場合のみ可決となり、一人での「NO」とした場合は、可決できない
 - また理事が全て「YES」でも、監事がそれを認めない場合は、可決できない
- 理事会は3か月に1回以上開催が原則。しかし定款で定めれば、事業年度に最低2回に減らすこともできる
- 理事の任期は通常2年、監事の任期は通常4年で、定款により短縮はできるが、伸長は不可能

27

公益法人になるには、公益認定基準18項目を満たし、行政庁(内閣総理大臣又は都道府県知事)から認定を受ける必要がある

4つの財団・社団法人格と公益認定基準



出所: 各種資料よりDTC作成

28

公益認定基準18項目

1. 公益目的事業が主たる目的である
2. 公益目的事業を行うための経理的基礎や技術的能力がある
3. 社員、評議員、理事、監事、使用人などに特別な利益を与えない
4. 会社経営者、特定の個人、特定の団体などに寄附や特別の利益を与えない
5. 投機的な取引、高利の融資、公の秩序や善良の風俗を害する事業を行わない
6. 公益目的事業の収入がその実施に要する適正な費用を超えない
7. 収益事業等を行う場合、公益目的事業の実施に支障をきたさない
8. 公益目的事業比率が50%以上である
9. 遊休財産額が1年間の公益目的事業の実施費用に準ずる額を超えない
10. 理事(監事)の親族等の合計数が理事(監事)総数の3分の1を超えない
11. 他の同一団体の理事(監事)、使用人等の合計数が理事(監事)総数の3分の1を超えない
12. 基準を上回る大規模法人の場合は、原則として会計監査人を置いている
13. 役員・評議員に対する報酬等が民間事業者に比べて不当に高い基準ではない
14. イ 一般社団法人が社員資格の得喪に不当に差別的な条件をつけない
ロ 一般社団法人が社員総会で行使できる議決権の数や条件などに関する定款の定めがある場合、次のいずれにも該当すること
(1) 社員の議決権に関して、不当に差別的な取扱いをしない
(2) 社員の議決権に関して、会費などに応じて票に差をつけない
ハ 一般社団法人で理事会を置いている
15. 原則として他の団体の意思決定に関与できる株式や内閣府令で定める財産を保有しない
16. 公益目的事業を行うための不可欠な特定財産がある場合、その旨や維持及び処分 の制限について定款で定めている
17. 公益認定の取消し処分や合併により法人が消滅した場合、公益目的取得財産残額を、その公益認定取り消し日又は合併日から1ヶ月以内に類似事業目的の公益法人等に贈与することを定款に定めている
18. 清算をする場合、残余財産を類似事業目的の公益法人等に帰属させることを定款に定めている

公益法人は、資金調達の観点での優遇がある一方で、様々な制約もある

公益法人の制約

1. 事業活動への制約
2. 財産管理に対する規制
3. 行政庁の監督を継続的に受けなければならない
4. 会計処理や内部統制に関する事務的負担が大きい
5. 役員に関する諸事項の制約がある
6. **公益認定を取り消しの場合、1ヶ月以内に、国や公共団体、類似する公益法人等へ公益目的財産を寄附しなければいけない**
7. 収支相償の原則があり、剰余金の分配は不可

【参考】内閣府の電話相談窓口への確認結果

Q1. 成果の占有をすると、科学技術振興の目的に合致しなくなるのか

・「不特定多数の利益の増進」になるかが科学技術振興を判断するための大きなポイントであるが、たとえ成果を占有しても、企業を通じて世の中の利益の増進になる場合もあり、**個別判断**することになるだろう

・窓口相談であれば、相談に乗ることができるが、一般財団法人でなければ相談不可。(ただし、1か月待ちであるほど枠は埋まっている)

Q2. 公益目的事業割合が50%を下回ったら即刻認定取り消しになるのか

・単年度で50%を下回った程度で**即刻認定取り消しになることはまずあり得ない**

・毎年の事業報告書の提出のタイミングで、行政庁から指導が入ることになる

・万が一、50%を下回ることが何年も続くようであれば取り消しもあり得る

出所:「新公益法人手続きセンター」、内閣府へのヒアリングよりDTC作成

29

公益目的23事業

「学術、技芸、慈善その他の公益に関する別表各号に掲げる種類の事業」であって、かつ、「不特定かつ多数の者の利益の増進に寄与するもの

1. 学術及び科学技術の振興を目的とする事業
2. 文化及び芸術の振興を目的とする事業
3. 障害者若しくは生活困窮者又は事故、災害若しくは犯罪による被害者の支援を目的とする事業
4. 高齢者の福祉の増進を目的とする事業
5. 勤労意欲のある者に対する就労の支援を目的とする事業
6. 公衆衛生の向上を目的とする事業
7. 児童又は青少年の健全な育成を目的とする事業
8. 勤労者の福祉の向上を目的とする事業
9. 教育、スポーツ等を通じて国民の心身の健全な発達に寄与し、又は豊かな人間性を涵養することを目的とする事業
10. 犯罪の防止又は治安の維持を目的とする事業
11. 事故又は災害の防止を目的とする事業
12. 人種、性別その他の事由による不当な差別又は偏見の防止及び根絶を目的とする事業
13. 思想及び良心の自由、信教の自由又は表現の自由の尊重又は擁護を目的とする事業
14. 男女共同参画社会の形成その他のより良い社会の形成の推進を目的とする事業
15. 国際相互理解の促進及び開発途上にある海外の地域に対する経済協力を目的とする事業
16. 地球環境の保全又は自然環境の保護及び整備を目的とする事業
17. 国土の利用、整備又は保全を目的とする事業
18. 国政の健全な運営の確保に資することを目的とする事業
19. 地域社会の健全な発展を目的とする事業
20. 公正かつ自由な経済活動の機会の確保及び促進並びにその活性化による国民生活の安定向上を目的とする事業
22. 国民生活に不可欠な物資、エネルギー等の安定供給の確保を目的とする事業
22. 一般消費者の利益の擁護又は増進を目的とする事業
23. 前各号に掲げるもののほか、公益に関する事業として政令で定めるもの

国が積極的に関与している放射光施設(国内黎明期設立の2施設及び理化学研究所設立の2施設)では学術利用が主目的のため、産業等の利用率は低い

他放射光施設事例(1/3): 国が積極的関与

凡例: 県、県大等 国、国立大・研究所等 その他主体 民間、産業等 不明

施設名 : 設置年	PF(高エネルギー加速器研究機構放射光科学研究施設): 1982年		UVSOR(自然科学研究機構 極端紫外光研究施設): 1983年		大型放射光施設SPring-8 : 1997年		SACLA(理化学研究所 X線自由電子レーザー施設): 2011年	
	主体	資金提供	主体	資金提供	主体	資金提供	主体	資金提供
設置	土地	建物	土地	建物	土地	建物	土地	建物
運用	経営	運営管理	経営	運営管理	経営	運営管理	経営	運営管理
特徴	・1982年に完成し、現在日本で稼働している放射光施設で最も歴史が長い。学術研究を中心に非常に多くの成果あり		・テラヘルツ波～極紫外線領域で世界最高性能を誇る。分子やその集合体である物質の性質・機能の解明など、学術研究で多くの成果あり		・世界最高の性能を誇っており、リチウムイオン電池などの最先端の研究開発から、タイヤやガム等の身近な製品の開発まで利用可能		・実現が難しかった高輝度X線レーザーを用いる世界で2つしかない施設。物質の極めて早い動きや変化の仕組みを原子レベルで解明可能	
設立経緯 (スキーム選 択理由: 仮説)	・日本初の放射光施設であり、国が主導し、学術利用を主目的として建設されたと推察		・1975年に現法人前身の分子科学研究研究所が創設され、国の研究開発政策の一環で設立されたと推察		・本施設竣工前に共用促進に関する法律が施行されており、国主導で研究交流・知識融合により科学技術の振興を目的としていたと推察		・第3期科学技術基本計画の国家基幹技術として開発・整備	
利用実績	・H25年度 総課題数1198中、81が企業等による利用 産業等 (7%) 大学・研究所等 (93%)		・民間企業にも設備を有償開放しているが、利用実績は不明		・H25年度課題数 全56BLのうち共用26BLの20%が産業+産専用3BL 産業等 (10%) 大学・研究所等 (90%)		・2015A実施課題33中、民間、産業等による利用は0 大学・研究所等 (100%)	
利用実績理由 (仮説)	・アカデミック利用以外の利用上限は20%に設定しており、積極的に民間開放はされていないと推察		・不明 ・光ビームプラットフォームに不参画		・理研・大学等用の専用BLが約半数 ・SPring-8利用推進協議会を設置し、産業利用を促進中		・不明 ・光ビームプラットフォームに不参画	

出所: 文部科学省、各団体のHP、事業計画等の公開情報よりDTC作成

30

広島・立命館大学は、自らの研究・教育を目的として設置したが、兵庫県立大学は県がSPring-8設立を機に産業利用を目的として設置している

他放射光施設事例(2/3): 大学が主体

凡例: 県、県大等 国、国立大・研究所等 その他主体 民間、産業等 不明

施設名・設置年	立命館大学SRセンター:1996年		HiSOR(広島大学放射光化学研究センター):1996年		ニュースパル放射光施設(兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所):1998年	
スキーム	主体	資金提供	主体	資金提供	主体	資金提供
設置	立命館大学SRセンター	立命館大学が中心と推察されるが、国からの補助金、寄付金等の有無・割合は不明	広島大学放射光化学研究センター	国、広島大学と推察されるが、割合は不明	兵庫県	兵庫県
建物						
運用		立命館大学が中心、一部国からの補助金ありと推察、寄付金等の有無・割合は不明		国、広島大学と推察されるが、割合は不明	兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所	国、兵庫県が中心と推察されるが、寄付金等の有無・割合は不明
特徴	国内大学初の設置。材料評価や微細加工分野での産業活性化と、学内での学生実験に用い将来の量子ビーム研究者の人材育成に貢献		国立大学唯一の放射光施設。固体の性質・機能を解明する物質科学の学術研究で質の高い成果あり。放射光科学分野の人材育成も重要使命		SPring-8と同敷地内に県が設置。同施設の入射器を利用し、軟X線領域を利用した微細加工、新材料の創成、材料評価など産業利用が中心	
設立経緯(スキーム選択理由:仮説)	びわこくさつキャンパスの目玉となる最先端施設を導入するという目的で設置(当時、PF、UVSORは設置済だがSPring-8は建設中であり、国内大学での初設置)		真空紫外線・軟X線領域での放射光利用研究の推進と人材育成を目的として時限学内設置 2004年に全国共同利用施設として新設され、国内外の研究者に開かれた施設となった		当研究所は光科学技術を中心とした先端的研究の推進と共に、県内企業等との共同研究により新産業技術基盤の創出を図り、産業支援を行うことを目的として設立され、放射光施設を設置	
利用実績	利用実績は不明 大学優先と想定されるが、国の共用プラットフォーム事業に参画して外部利用公開もしており、一定の産業利用が想定される		全て大学・公的研究機関での基礎研究・人材育成のため利用 大学・研究所等(100%)		利用実績は不明 全9BL中、1本が産業用分析BL(2008年設置) 大学研究者や公的研究機関との共同研究とともに産業界からの共同研究や共用利用が多い	
利用実績理由(仮説)	学内利用が基本であったが、2002年に文部科学省事業に参画してSPring-8と共に、企業等に利用公開を開始。 現在も、共用プラットフォーム事業の参画機関として、外部へ利用公開している		共同研究対象が大学、研究機関等に限定されている 国の先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業に不参加		設立目的が産業利用である 有償利用者に対しては、利用者支援研究員を配置することで、施設の供用を容易にし、放射光施設の有効利用を図っている 研究所設立当初から会員企業制度あり	

出所: 文部科学省、各団体のHP、事業計画等の公開情報よりDTC作成

31

県が積極的に関与している放射光施設は比較的新しく、既存の国等の施設と異なり産業振興を主目的として設立されたものが多いため、産業利用が進んでいる

他放射光施設事例(3/3): 県が積極的関与

凡例: 県、県大等 国、国立大・研究所等 その他主体 産業、民間等 不明

施設名・設置年	【再掲】ニュースパル放射光施設(兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所):1998年		SAGA-LS(佐賀県立九州シンクロtron光研究センター):2001年		Aichi-SR(あいちシンクロtron光センター):2013年	
スキーム	主体	資金提供	主体	資金提供	主体	資金提供
設置	兵庫県	兵庫県	佐賀県立九州シンクロtron光研究センター	国(80%) (交付金)	公益財団法人 科学技術交流財団	愛知県(54%)
建物		国、兵庫県が中心と推察されるが、寄付金等の有無・割合は不明		県が中心と推察されるが、詳細は不明		残り国と寄付金との記載があるが割合不明
運用		国、兵庫県が中心と推察されるが、寄付金等の有無・割合は不明	公益財団法人 佐賀県地域産業支援センター	県(96%) ※H26年度	国(4%)	県(79%) ※H26年度
特徴	SPring-8と同敷地内に県が設置。同施設の入射器を利用し、軟X線領域を利用した微細加工、新材料の創成、材料評価など産業利用が中心		自治体が設置する初めての放射光施設。軟X線～硬X線領域まで利用可能。電池材料の評価・解析等、産業活性化や地域課題解決が中心		真空紫外線、軟X線から硬X線まで幅広く利用可能。隣接する県立施設の高度計測分析機器と連携し、地域企業への総合技術支援を実施	
設立経緯(スキーム選択理由:仮説)	当研究所は光科学技術を中心とした先端的研究の推進と共に、県内企業等との共同研究により新産業技術基盤の創出を図り、産業支援を行うことを目的として設立され、放射光施設を設置		兼ねてより九州に放射光建設を望む声があり、佐賀県が地域産業高度化と新規産業創出、産学官連携拠点の形成等を掲げて設置主体となり佐賀大学、九州大学などが協力要請に応えた		計画段階から産業利用を前提とした設計が行われており、成果を新産業創出や地域産業高度化へと繋げることを目的とした産・学・行政が連携した「地域共同利用施設」として設置された	
利用実績	利用実績は不明 全9BL中、1本が産業用分析BL(2008年設置) 大学研究者や公的研究機関との共同研究とともに産業界からの共同研究や共用利用が多い		H25年度積算時間 全9BLのうち共用6BLの48%が企業+産専用1BLより企業等が約40%と推察 産業等(40%) 大学・研究所等(60%) ※共用BLでは48% ※共用BLでは52%		平成25年度 年間利用件数 産業等(56%) 産学共(14%) 大学・研究所等(30%) ※大企業47%、中小企業9%	
利用実績理由(仮説)	設立目的が産業利用である 有償利用者に対しては、利用者支援研究員を配置することで、施設の供用を容易にし、放射光施設の有効利用を図っている 研究所設立当初から会員企業制度あり		設置主体の佐賀県が地域産業高度化と新規産業創出、産学官連携拠点形成等を掲げている 管理者の(公財)佐賀県地域産業支援センターが、研究成果を成果報告会、ホームページ、論文及び学会等での発表を通じて積極的に発信		計画段階から産業利用を前提とした設計 運用開始初期に利用者に不足物(試料周りの機器や解析ソフト、測定手法)などを質問 供用開始前から産業利用コーディネータの熱心な説明会開催や、企業訪問・利用相談 大学・公的機関は有償利用のため利用率低	
運営費用 事業収益	—		運営費用:507,665千円 事業収益:46,439千円(運営費用の9.1%)		運営費用:396,669千円 事業収益:110,833千円(運営費用の27.9%)	

32 出所: 文部科学省、各団体のHP、事業計画、財務諸表等の公開情報よりDTC作成

各財団法人に対する寄付者毎の寄付額割合は不明だが、Aichi-SRでは運営費用の約30%を事業収益で賄っているのに対し、SAGA-LSでは10%程度と低い

他放射光施設を運営管理する公益財団法人の概要

	(公財)高輝度光科学研究センター	(公財)佐賀県地域産業支援センター	(公財)科学技術交流財団
管理対象施設	SPring-8 SACLA	SAGA-LS(佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター)	Aichi-SR(あいちシンクロトロン光センター)
設立	平成2年(平成24年4月公益法人へ移行)	平成8年4月(平成24年4月公益法人へ移行)	平成6年9月(平成23年4月公益法人へ移行)
公益認定	内閣総理大臣	佐賀県	愛知県
財産残高(H27年3月末)	8,178,090千円	5,197,060千円	7,620,470千円
運営費用(H26年度) ※経常費用-減価償却費用にて試算	5,773,412千円	507,665千円	396,669千円
事業収益(H26年度) ※利用収入	【参考】受託収益と事業収益の合算額 4,172,227千円	46,439千円(運営費用の9.1%)	110,833千円(運営費用の27.9%)
運営補助金等(H26年度)	合計 1,439,953千円 ■文部科学省 特定先端大型研究施設 利用促進交付金 1,386,284千円 ■日本学術振興会等 科学研究費補助金間接 経費 24,206千円 ■東京大学等 科学研究費補助金間接 経費 29,463千円	合計 506,290千円 ■文部科学省 先端研究基盤共用・プラット フォーム形成事業補助金 22,441千円 ■佐賀県委託 佐賀県立九州シンクロト ロン光研究センター運営事業 483,839千円	合計 433,987千円 ■文部科学省 地域産学官連携科学技 術振興事業費補助金 45,802千円 研究開発施設共用等促 進費補助金 45,849千円 ■愛知県 あいちシンクロトロン光セン ター機能強化補助金 4,084千円 あいちシンクロトロン光セン ター運営費補助金 338,252千円
企業寄付金(H26年度)	225千円	1,842千円	0円 (別途、減価償却充当と想定される振替額はあり)

出所:各法人のHP、財務諸表等の公開情報よりDTC作成

(公財)科学技術交流財団の評議員・役員等は約50名と非常に多く、産業色の濃い構成であり、放射光施設運営のための委員会委員が別途18名設置されている

公益財団法人科学技術交流財団の評議員・役員等構成

凡例: 産業界 学術界 官 太字は常勤

会長職	名誉会長 会長	豊田 章一郎 トヨタ自動車 名誉会長 瀧本 正民 豊田中央研究所 特別顧問	
評議員会 (意思決定 機関) 15名	評議員	飯田 芳宏 イイダ産業 会長 伊藤 政典 三菱東京UFJ銀行 部長 小澤 正俊 大同特殊鋼 会長 嵯峨 宏英 トヨタ自動車 専務 鈴木 健一 中部電力 専務 徳田 寛 日本自動車部品総合研究所 社長 計6名	鮎京 正訓 愛知県公立大学法人 理事長 稲垣 康善 名古屋大学 名誉教授 神崎 修三 (公財)中部科学技術センター 専務理事 下山 宏 名城大学名誉教授 立石 裕 産総研 中部センター所長 松尾 清一 名古屋大学 総長 計6名
理事会 (業務執行 機関) 29名	代表理事 副理事長 専務理事 理事	濱口 道成 名古屋大学 名誉教授 森岡 仙太 愛知県 副知事 岩田 勇二 (公財)あいち産業振興機構 評議員(元県庁) 五十嵐 一弘 東海旅客鉄道 常務 伊藤 範久 中部電力 顧問 小西 工己 トヨタ自動車 常務 酒井 均 日本ガイシ 執行役員 鈴木 清美 名古屋鉄道 取締役 中村 修 東邦ガス 常務 細谷 孝利 名古屋商工会議所 専務理事 松田 喜彦 アイシン精機 専務 松本 勇美夫 ブラザー工業 常務等 他7名 計16名	小山 和久 愛知県 産業労働部長 濱田 幸弘 (公財)名古屋産業振興公社 常務理事 森 鋭一 (公財)あいち産業振興機構 理事長(元県庁) 計3名
事務局	事務局長	岩田 勇二 (公財)あいち産業振興機構 評議員(元県庁)	
	監事	伊藤 雅則 愛知県商工会連合会 専務理事	澤木 宣彦 愛知工業大学 教授 鈴置 保雄 名古屋大学 教授
	その他	特別顧問3名 顧問16名	企画運営委員会委員 33名 中小企業企画委員会委員 24名 あいちSRセンター運営委員会委員 18名

※会計監査人は設置していない

佐賀県地域産業支援センターの評議員・役員は17名で産業色が濃く、JASRIは22名で学術色が濃く、どちらも評議員が理事の数を上回る構成である

(公財)佐賀県地域産業支援センターの評議員・役員構成

(公財)高輝度光科学研究センターの評議員・役員構成

凡例: 産業界 学術界 官 太字は常勤

評議員会 (意思決定 機関) 10名	評議員	井手 一文 佐賀共栄銀行 専務取締役
		江島 秋人 佐賀県中小企業団体中央会 専務理事
理事会 (業務執行 機関)5名	代表理事	飛石 昇 (元佐賀県農林水産商工本部 本部長)
	専務理事	志波 幸男 (元佐賀県 統括本部 副本部長)
監事	業務執行理事	平井 康晴 九州シンクロトロン光研究センター所長
	理事	鴨打 裕 佐銀キャピタル&コンサルティング代表取締役
評議員会 (意思決定 機関) 10名	評議員	田中 進 佐賀電算センター 取締役会長
		中村 敏郎 中村電機製作所 代表取締役会長
理事会 (業務執行 機関)5名	理事	松永 瞳 佐賀銀行 営業支援部 部長
		吉村 正 大神 代表取締役
監事	監事	石橋 正 佐賀県 農林水産商工本部本部長
		佐藤 三郎 佐賀大学 教授
評議員会 (意思決定 機関)13名	評議員	森 詳介 公益社団法人関西経済連合会 会長
		上乃 均 東洋紡 執行役員
理事会 (業務執行 機関)8名	理事	尾嶋 正治 東京大学 特任研究員
		佐々木 聡 東京工業大学 教授
監事	監事	田島 保英 日本原子力研究開発機構理事
		月原 富武 兵庫県立大学 特任教授
評議員会 (意思決定 機関)13名	評議員	坪井 健司 (公財)日本科学技術振興財団 顧問
		野村 昌治 高エネルギー加速器研究機構 理事
理事会 (業務執行 機関)8名	理事	福山 秀敏 東京理科大学 総合研究院長
		金澤 和夫 兵庫県副知事
監事	監事	土肥 義治 (元理化学研究所社会知創成事業本部)
		山川 晃 公益財団法人ひょうご科学技術協会理事
評議員会 (意思決定 機関)13名	評議員	田中 良太郎 (元理化学研究所 研究協力員)
		藤田 浩 (元文科省 衆議院調査局 首席調査員)
理事会 (業務執行 機関)8名	理事	大石 富彦 関西電力 常務執行役員
		増田 義彦 豊田中央研究所 代表取締役
監事	監事	松崎 昭 神戸空港ターミナル 社長
		太田 勲 兵庫県立大学 理事兼副学長
評議員会 (意思決定 機関)13名	評議員	板山 和彦 日科情報 専務取締役

35 出所: (公財)佐賀県地域産業支援センターHP、(公財)高輝度光科学研究センターHP

同じ放射光施設運営に関わる財団法人でも、規模・産学官構成割合は大きく異なる

既存放射光施設運営財団法人における評議員・役員構成の比較

	(公財)科学技術交流財団	(公財)佐賀県地域産業支援センター	(公財)高輝度光科学研究センター
人数規模	48名 評議員:15名 役員:33名	17名 評議員:10名 役員:7名	22名 評議員:13名 役員:9名
企業ポスト ランク	評議員: 会長・社長レベル 役員: 役員レベル	評議員: 会長・社長・役員レベル 役員: 会長・社長・役員レベル	評議員: 会長・社長・役員レベル 役員: 会長・社長・役員レベル
産学官 割合	全体: 24:16:8 評議員: 6:6:3 役員:18:10:5	全体: 12:2:3 評議員: 8:1:1 役員:4:1:2	全体: 8:12:2 評議員: 5:7:1 役員:4:4:1
業界割合	評議員	評議員	評議員
	役員	役員	役員
評議員・役員 構成見える 組織の特徴・ 示唆	<ul style="list-style-type: none"> 評議員・役員の数が非常に多く、意思統一や意志反映が難しくなることが考えられる 役員が評議員の2倍以上いる 評議員には、役員よりも高いランクの人が就任 産学官の割合では、評議員には産と学に平等に人数が分配されているが、理事では産に重きが置かれる構成 評議員・理事会ともにトヨタおよびトヨタ関連の輸送機器メーカーが多くを占めており、業界の偏りによる運営への影響が考えられる 	<ul style="list-style-type: none"> 評議員と役員のランクに差がない 産学官の割合では、評議員・役員ともに産に大きく偏りがあり、大学を含めた産学連携が難しいと考えられる 業界分類を見ると、放射光分析から直接恩恵を受ける業界が少ないと予測される 	<ul style="list-style-type: none"> 評議員と役員のランクに差がない 産学官の割合では、評議員・役員ともに産と学に大きく偏りがあ 評議員・役員の構成が大きく産と学に偏っており、産学連携や産学の意志の反映には有利と考えられる 業界分類をみると、放射光分析に直接関連する業種が少ないと予想される
	非常に人数が多い	産に偏り	産・学に偏り

36 ※役員は理事・監事の総称