

# 1. 全体概要

## 1. はじめに

X線自由電子レーザー施設 SACLA の供用運転が2年目に入り、大型放射光施設 SPring-8 とともに、SPring-8 サイトは科学・技術を牽引する放射光科学のリサーチ・コンプレックスとして発展を続けている。「SPring-8・SACLA 年報2012年度」では、このように進化を続ける2012年度のSPring-8とSACLAを紹介する。

## 2-1 予算

2012年度の施設運営に係る予算について、SPring-8の運転・維持管理等に必要な予算は独立行政法人理化学研究所に、SPring-8の利用者選定及び利用支援に必要な予算は登録施設利用促進機関である公益財団法人高輝度光科学研究センターに、それぞれ国から交付された。

## 2-2 組織

2012年度においても、独立行政法人理化学研究所、公益財団法人高輝度光科学研究センター、専用ビームライン設置者等のそれぞれ役割分担の下、SPring-8は運営された。

さらに、SPring-8サイト内に設置されているニュースバル放射光施設（兵庫県立大学）や兵庫県放射光ナノテク研究所（兵庫県）を加え、SPring-8サイト全体として最先端放射光研究に関するリサーチ・コンプレックスが形成されている。

## 2-3 施設運転状況

2012年度は、合計7サイクルの運転を実施し、総運転時間は5,063時間であった。また、総放射光利用時間に対するダウンタイムの割合は、約0.93%であった。

## 2-4 利用研究状況

2012年度は2012Aと2012Bの二期の共同利用期間において、共用施設は、2012A期に637件、2012B期に771件の課題が実施（合計1,408件）され、それぞれ、延べ4,304人、5,072人に利用（合計9,376人）していただいた。専用施設は、2012A期に285件、2012B期に314件の課題が実施（合計599件）され、それぞれ、延べ2,692人、3,181人に利用（合計5,873人）していただいた。

## 3-1 加速器

2012年度の加速器の総運転時間は5078.8時間、蓄積リング運転時間5063.1時間、ユーザータイムはその

82.1%に当たる4155.6時間であった。年度当初の運転計画に対するユーザータイム実施達成率は98.9%であった。加速器のトラブルによるユーザータイムの中断は年間総計39.2時間（計画ユーザータイムの0.94%）、中断回数は39回であった。最も長い中断時間は蓄積リング4極電磁石電源のトラブルで、ユーザー運転再開までに2時間44分を要した。2012年度は電磁石電源と高周波加速空洞のクライストロン用電源のトラブルが多発し、ユーザータイムの中断や高周波加速空洞の電圧を下げて蓄積電流を下げたユーザー運転を余儀なくされた。機器製造以来16年以上が経過しており、経年劣化による機器トラブル、使用部品の供給停止が問題となっている。数年の間に、故障により長期の運転停止が懸念される主要機器の更新を行うことが急務と考えている。

2012年度7月の節電要請期間では運転計画を変更して、運転スケジュールの短縮、SPring-8夏の学校の対応運転として蓄積リングのエネルギーを7 GeVに下げる、という事を行った。

輝度とフラックス密度の向上のために、蓄積リングの低エミッタンスオプティクス導入の検討を進めてきたが、現在の3.4 nm-radから2.4 nm-radとする低エミッタンスでのユーザー運転開始に問題がないことが2012年度末のスタディ期間に13ビームラインでの試験利用により確認された。2013年度の早期に全ビームラインでの確認を経て、ユーザー運転での2.4 nm-rad低エミッタンスを開始する。

Dゾーン長直線部BL43LXUの狭ギャップ短周期型真空封止アンジュレータ2台が2012年度に追加設置され、3台の設置が完了した。これに伴い、光軸の位置や放射光スペクトルの情報などをもとに、各アンジュレータに対する電子ビーム軌道調整を実施し、3台のアンジュレータの光軸の一致度が改善するとともに、軌道調整用ステアリング電磁石の励磁量も当初に比べて緩和された。電子ビーム軌道とアンジュレータ磁石列との相対位置は、入射効率のギャップ値依存性を測定することによって確認した。これらの結果から、アンジュレータ磁石列の再アラインメントの必要性が認識され、2013年度にレベル調整が行われる予定である。

セル34直線部には、全長1.5 m、周期長15 mmの真空封止型クライオアンジュレータが設置された。このアンジュレータの目標ギャップは3 mm程度以下であり、これにはビーム収束用4極電磁石を追加するなどして垂直ベータ

関数を5.6 mから1.2 mに下げなければならない。このような局所的なラティスの改造を行うと蓄積リング全体のラティス構造の対称性が低下してビームの動的安定領域が狭くなり、入射効率の悪化などを招いてしまう恐れがあるので、その影響を極力少なくする手法を検討する必要がある。

2012年12月の第6サイクルから、全周の11/29にバンチ電流の少ない連続バンチとその対向側に5 mAの孤立シングルバンチのあるハイブリッドフィリング (Hモード) がユーザー運転に導入された。これは、SPring-8が独自に開発したビーム不安定性の抑制システム (バンチ毎フィードバック (BBF)) の高度化の成果の一つである。今後さらに孤立シングルバンチの電流値の増加を目指す。

蓄積リングのスキュー6極磁場成分による非線型結合が増加傾向にあり、スキュー磁場成分により放射光の輝度の低下を引き起こす可能性がある。これらの非線型結合補正の能力を高めるため2012年度に増強型スキュー6極電磁石を4台製作して、4ヵ所の長直線部にそれぞれ1台ずつ設置した。2012年度中に遠隔動作試験まで全て完了している。2013年度に試験調整を行い、ユーザー運転に適用する予定である。

BL07LSUの光源の一部である垂直8の字アンジュレータからは下流の偏向電磁石チェンバの垂直開口で許容されるより大きい発散角を持つ光が放射され、チェンバの垂直開口に放射光が照射され温度上昇が起きる。このため、現在は上流2台の垂直8の字アンジュレータのギャップを制限して運用している。このギャップ制限の解除のために、偏向電磁石チェンバの上流に設置するアブソーバー・チェンバを設計・製作した。このチェンバは2013年の夏期点検調整期間に設置し、2013B期以降BL07LSUにおけるアンジュレータのギャップ制限は解除される予定である。

線型加速器では、シンクロトロン (Sy) とニュースバル (NS) の高速振り分けトップアップ入射を2013年度に実施する。これまでSyとNSの同時トップアップ入射の各々への切換えには入射毎におよそ15秒のビームルート変更時間が必要であった。蓄積リングの低エミッタンス化や大電流シングルバンチ運転の実施によりビーム寿命が短くなってきており、トップアップ入射を短い間隔で行うことが必要となってきた。これに対応するためSyとNSに0.5秒間隔で、それぞれ1 Hzで入射できるように改良する。また、SPring-8次期計画における蓄積リングへの入射に必要な基礎技術への貢献を目的とし、SACLA線型加速器からの数10 fsの電子ビーム (極短バンチビーム) を非破壊で3次元リアルタイム・モニタリングできるEOサンプリング法を用いたバンチモニタの開発が進められている。このバンチモニタの開発テストベンチとしてRF電子銃試験装置を利用するための設計、改造を進めている。

### 3-2 ビームライン共通部

新設ビームラインの建設が継続して進められ、電気通信大学先端触媒構造反応リアルタイム計測ビームラインBL36XU、及びレーザー電子光IIビームラインBL31LEPの試験調整運転が開始された。既存ビームラインにおいては、軟X線固体分光ビームラインBL25SUの光学系及び実験ステーションの改修が開始された。これは、元素戦略磁性材料拠点としてナノビームXMCDステーションを整備することを契機に、光学系以降の大幅な高度化として実施されている。

挿入光源では、BL43LXUの残り2セグメント分の製作・設置が行われたほか、高度化開発として、クライオアンジュレータの試験機が2013年2月に蓄積リング34セル直線部に設置され、今後オンラインでの基本的な性能評価が進められる。

フロントエンドに関しては、BL36XUの建設が完了しコミッションが行われたほか、34セルに設置されたクライオアンジュレータの放射光を受けるための高熱負荷ユニットが収納部に設置された。また、トラブルが多かったワイヤメッシュ挿入型高熱負荷機器の交換が全て完了しダウンタイムの一要因が無くなった。経年劣化した光位置モニター用ケーブルの交換と光ビーム診断ステーションの移設が行われた。高度化として無酸素銅製高熱負荷機器の熱的限界調査及び高速遮断シャッターシステムの定量的な性能評価が継続実施された。

光学系・輸送チャンネルにおいては、二結晶分光器の安定運用のため、本体及び冷却装置の維持管理や低振動化への改良、老朽化対策が実施された。BL41XU及びBL46XUに関して、水冷方式から液体窒素冷却方式への更新が行われた。集光光学系としてBL05SS、BL19LXU、BL32XU、BL36XUにおいて、KBミラー設計、導入などが実施された。高度化として、分光結晶の耐高熱負荷試験のためのテストベンチの立ち上げ、ファイバーレーザーによる高熱負荷の模擬とそれを用いた各種冷却試験が開始された。また、回転楕円面ミラー製作技術の開発、LTPによるベントミラーの形状評価、可搬型フィゾー干渉計によるミラー表面のその場形状計測などが実施された。

放射線・遮蔽においては、第32次変更許可申請に関連して、光学ハッチへの分光器設置 (BL33XU)、アンジュレータ増設 (BL43LXU)、及び実験ハッチ追加 (BL46XU) に伴う遮蔽計算などが実施された。これに基づきBL46XUに実験ハッチが増設された。また、BL25SUの改造に関して、放射線安全設計がなされた。新規ビームライン放射線漏洩検査がBL36XUにおいて、改造等に伴う放射線漏洩検査がBL28XU及びBL29XUにて実施された。

### 3-3 ビームライン実験ステーション

2012年度はSPring-8のナノアプリケーションの利用支援

の拡充が行われた。2011年度に実施された文部科学省の低炭素研究ネットワーク支援によるBL37XUとBL39XUの「グリーン・ナノテク研究支援のためのナノビーム放射光分析基盤」の整備に引き続き、2012年度は文部科学省の元素戦略プロジェクト「磁性材料研究拠点」による軟X線ナノビームアプリケーションブランチの整備計画が軟X線固体分光ビームライン(BL25SU)においてスタートした。本計画ではビーム径100 nmの軟X線ナノビームによる磁石材料組織のナノ磁気解析を主とした研究を展開するものである。これらのナノアプリケーションの整備・拡充は加速器部門、制御・情報部門、光源・光学系部門の革新的放射光技術開発の成果によるところが大きい。さらに、研究員等による学会・研究会での利用促進活動やナノ領域検出を目指したX線MCD、XAFSなどの測定手法の高度化研究がナノアプリケーションの利用支援の拡大に貢献してきた。また、2011年度に高輝度光科学研究センター利用研究促進部門の下に発足した「ナノ・フォレンジックサイエンスグループ」では、安全・安心な社会に貢献する放射光科学の推進と中立な立場で科学技術的な利用支援を行う環境整備を行ってきた。今後は、これらのナノアプリケーション技術を他のビームラインで展開して新規分野を開拓する必要があるが、このためには多くのニーズに即応できる支援体制の整備が必要不可欠になる。

「フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン(BL03XU)」に引き続き、産学連携を国内で推進する専用ビームラインとして、2011年度にコミッションを開始し2012年度に利用を開始した「革新型蓄電池先端科学基礎研究ビームライン(BL28XU)」に加えて、2012年度には「先端触媒構造反応リアルタイム計測ビームライン(BL36XU)」が新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発」プロジェクトの下で利用を開始した。共同利用ビームラインで実施される「重点グリーン/ライフ・イノベーション推進課題」とともに、SPring-8を挙げてエネルギー科学及び革新的デバイス開発を支援・推進する体制が整備されたことになる。

以上のように、SPring-8の利用実験ステーションでは、ナノアプリケーション、グリーン/ライフ・サイエンスをはじめ、あらゆる学術分野で順調に成果を挙げている。今後は、SPring-8の放射光X線のコヒーレンスを最大限に活用したビームライン実験ステーション整備と利用支援を強化していく必要がある。

### 3-4 制御

2012年度は2011年度に引き続き、機能拡張された次期制御フレームワーク(MADCOCA IIと命名)の開発及び大量データハンドリングのためのハードウェア技術開発(Digital Data Handling)を推進した。特にMADCOCA II

では、BL36XUへ実導入し信頼性を確認できた事が特筆される。また、先端触媒構造反応リアルタイム計測ビームライン(BL36XU: 電気通信大学)及びレーザー電子光ビームライン(BL31LEP II: 大阪大学)の建設・立ち上げの支援を行った。さらに、データベース管理システム、システムログサーバの安定化や定期保守・点検等によりSPring-8の安定運用に寄与している。

MicroTCA画像処理システム、Turn-by-Turn放射光プロファイルモニタ、CdTe検出器開発、高度化する放射光利用に対応するための様々な開発を進めた。

### 3-5 情報ネットワーク

情報・ネットワーク関連では利用の高度化に対応するためビームラインユーザー用ネットワークの広帯域化や実験データ所外配送システムへの対応を進めた。またセキュリティの強化や利便性の向上のためのネットワークシステム、対外公開用サーバの強化を行っている。

### 4-1 重点産業化促進課題

「重点産業化促進課題」は、2010年度に閣議決定された新成長戦略に掲げられているように研究開発のデスバレー克服に向けた、大学や公的研究機関のみならず産業界からの利用を通じた産学官連携(産学官ネットワーク化)による技術開発を産業利用ビームラインI、II、IIIの15%以内のビームタイムを用いて支援するものである。この趣旨にもとづき、研究組織(共同で実験を行うグループ、つまり実験責任者と共同実験者から成るグループ)が「産学」、「産官」、もしくは「産学官」である課題を募集の対象とした。2012A期は応募32課題のうち採択は15課題、2012B期は応募31課題のうち採択は19課題で、産業界が実験責任者の課題は採択課題の40%以上に達した。

### 4-2 重点グリーン/ライフ・イノベーション推進課題

SPring-8は、生命科学からナノテクノロジーまで広いサイエンス分野をカバーし、これらのイノベーションを先導できる世界一の研究ツールである。2011年3月11日に発生した東日本大震災の被災を免れたSPring-8は、科学技術支援による我が国経済の復旧のみならずイノベーション実現による震災復興の礎となる新産業・新学術の創成・育成・発展を支援する中心的なエンジンとならなければならない。そのためには、グリーン・イノベーション、ライフ・イノベーションへのSPring-8の利活用を緊急かつ重点的に支援する必要がある。そこで、共同利用課題における支援の方策として、2011B期より重点グリーン/ライフ・イノベーション推進領域を設定し、イノベーション支援の研究開発の利用申請を広く公募することとした。低炭素・自然共生社会実現のためのグリーン・イノベーションにおいては、再生可能エネルギーへの転換、エネルギー供給の低炭

素化、エネルギー利用の効率化・スマート化などの成果が見込まれる課題を、一方、国民が豊かさを実感できる社会実現のためのライフ・イノベーションにおいては、疾患解明と予防医学の推進、革新的診断・治療法の開発などの成果が見込まれる課題を対象とした。

2012年度は、応募90課題のうち56課題が重点グリーン/ライフ・イノベーション推進課題として採択された。(注：重点グリーン/ライフ・イノベーション推進課題の評価基準では不採択となり、一般課題として再審査、採択された課題は、重点グリーン/ライフ・イノベーション推進課題の応募・採択課題としては含んでいない。)採択率は62.2%であった。配分ビームタイムの合計は460.5シフトであった。

## 5. 産業利用

2007年度より5年間にわたり実施した重点産業利用課題は2011年度で終了したが、重点産業利用課題評価委員会で有効性が認められた実施報告書作成、課題支援担当コーディネーターの配置と産業利用ビームラインⅠ、Ⅱ、Ⅲでの半期2回募集の制度は、2012年度以降は産業利用分野の一般課題にも適用して実施することとした。さらに成果専有時期指定課題の一形態として実施している産業利用Ⅱビームラインで実施中のXAFS測定代行、産業利用Ⅰビームラインで実施している粉末X線回折測定代行に加えて、産業利用Ⅲビームラインにて硬X線光電子分光(HAXPES)測定代行、薄膜評価(XRR/GIXD)測定代行の受付を開始した。なお、2012年度は2012A期より領域指定型の重点研究課題として産学官連携強化による成果創出を目的とした「重点産業化促進課題」を実施している。

共用ビームラインで実施された共同利用研究課題のうち民間企業を課題実施責任者とする利用研究課題は2012A期に131課題、2011B期に160課題が実施され、全共同利用研究課題に対する期ごとの割合は2012A期が20.6%、2012B期が20.7%で例年並みであった。

なお、民間企業が実施した課題のうち成果専有課題が占める割合は2012A期が50.4%、2012B期が53.1%であり産業界による利用の半数が成果専有での利用となっている。特に随時募集を受けている測定代行課題の利用が多く、民間企業が実施した成果専有課題における測定代行の課題数は2012A期が43.9%、2012B期が43.5%と高い割合になっている。2012年度に実施された測定代行課題のうち19.5%が国公立研究機関や大学等の利用で、この利用形態が幅広く評価されていることを示している。成果非専有課題では、かつて産業利用の主役であったエレクトロニクス分野の割合は2012年度に大きく減少する一方、素材分野で、環境・エネルギー分野の割合が増加し国内の産業構造や各業界の景気動向の変化を反映したものとなった。

コーディネーターが世話人となって企画・運営するSPring-8利用推進協議会と共催の研究会の開催は9回で例年並みであった。報告会はサンビーム、兵庫県、豊田中央研究所と合同で第9回産業利用報告会を名古屋市の愛知芸術文化センターで実施し282名が参加した。2011年度は震災の影響によりビームタイムの確保が困難であったため1回の実施となった研修会は、2012年度は例年並みに5回開催することができた。講習会は例年どおりXAFSのデータ解析手法の修得を目的として2回実施した。

## 6. 国際協力

2012年度、研究協力協定については、カナダ放射光施設(CLS、カナダ)と協力協定を締結し、パウル・シェラー研究所(PSI、スイス)との覚書の更新を行った。

2012年度末時点で、海外の11カ国・13機関との間に覚書を締結し、放射光研究の協力、研究所間の情報交換、研究者の交流等を実施している。

放射光科学アジアオセアニアフォーラム(AOFSRR)については、2011年に引き続きSPring-8にて「第6回放射光科学アジアオセアニアフォーラムケイロンスクール2012」が開催された(「7. 研究会・国際会議」を参照)。

## 7. 研究会・国際会議

2012年度においてはSPRUC(SPring-8 Users Community)がSPring-8利用者懇談会を発展的に解消した形で組織され、中心的な活動の一つとしてSPring-8シンポジウム2012が2012年8月25日～26日に大阪大学にて開催された。本シンポジウムは、様々な分野にわたるユーザーの科学技術的交流の場として、SPRUC、大阪大学とSPring-8施設者(理化学研究所・高輝度光科学研究センター)が共同主催し、関係する学協会の協賛を戴いて開催したものであり、今回は「Science and Technology and Innovation」—学術界、産業界におけるSPring-8の有効利用—と題して行われた。

SPring-8と英国Diamond Light Sourceの間では日英放射光産業利用ワークショップが開催されており、2012年度は第3回を迎えて「エネルギー」を主なテーマに据え、SPring-8/SACLA並びにニチイ学館神戸ポートアイランドセンターを会場として実施された。

第4回日本放射光学会 放射光基礎講習会「やさしい現代放射光科学講座」が2012年8月3日～4日に東京大学で開催された。

更に、放射光科学アジアオセアニアフォーラム(AOFSRR)が主催する放射光スクール(第6回ケイロンスクール2012)が2012年9月24日～10月3日に例年通りSPring-8にて開催されたので併せて紹介する。

上記の4つの会議の他、SPring-8が主催、共催として7つの会議が実施され、9回のSPring-8セミナーが開催された。

## 8. 広報活動

広報活動として、放射光利用の研究成果、利用者の支援活動、施設の運転状況など、SPring-8における活動情報の分かり易く、タイムリーな発信に努めた。

マスメディアへの情報発信では、研究成果やイベントのお知らせなど、33件のプレス発表（うち記者会見2件、資料配付31件）、27件の取材対応を行った。

広報資料・映像の制作では、一般向け広報誌であるSPring-8 NEWSを隔月6回発行するとともに、各種パンフレットを改訂した。

広報手段として重要なSPring-8ホームページ（<http://www.spring8.or.jp/>）については、年間延べ約85万件に上るアクセスがあった。SPring-8ホームページに関する各種の検討を行うことを目的として、SPring-8 WWW編集委員会を3回開催し、ホームページの適切な管理運営を行い、利用者や一般向けに有用な情報提供を行った。YouTubeを活用して、「SPring-8研究者インタビューシリーズ」を6本制作し、一般向けコンテンツの充実を図った。

SPring-8及びSACLAの見学対応では、施設公開を除いて12,145人の見学者を受け入れた。SACLAが新たに供用運転を開始したこともあり、2011年度を1,000人余上回る見学者数であった。

広報行事の開催については、2012年4月30日、科学技術週間にちなんで、20回目となるSPring-8施設公開を実施し、5,797人の来場者があった。また、7月31日から3泊4日で高校生が、体験実習や研究者との交流を通して、科学技術分野への理解を深めることを目的とした「サマー・サイエンスキャンプ」を開催し、全国から16名が参加した。出張授業では、兵庫県立佐用高等学校に理化学研究所播磨研究所の研究者が講師として出向き、「タンパク質の働きについて」授業を行うとともに、日を改めて生徒達が播磨研究所に来訪し、DNAの抽出・結晶化の実習を行った。さらに、企業や一般の方々を対象にSPring-8への理解を深め、SPring-8を利用して得られた成果や利用の方法を宣伝し、利用者を増やすために展示会へ出展するなど各種広報行事を実施した。

## 9. 委員会活動

2012年度はSPring-8における委員会活動として、SPring-8選定委員会をはじめとする各種委員会を設置、開催してきた。利用者選定業務を行う際に意見を聴く委員会である「SPring-8選定委員会」は、2012年8月と2013年2月の計2回開催された。詳細及び他の委員会については、本文を参照していただきたい。

## 10. 安全管理

大型放射光施設の利用・運転計画に適合するよう、SPring-8について第31次、第32次及び第33次の変更許

可申請を行い、ニュースバルについて第12次及び第13次の変更許可申請を行った。

施設内及びSPring-8サイト周辺の環境モニタリングを実施し、法令限度を十分下回っていることを確認した。

放射線業務従事者の管理（登録、教育、線量測定等）を実施した。個人被ばく管理では、放射線業務従事者登録人数が6,500人を超した。

化学薬品等の管理では、有機溶剤や特定化学物質に関する作業環境測定を実施し、適切な作業環境が維持されていることを確認した。高圧ガスの管理では、第二種貯蔵施設としての貯蔵限度の約98%で推移した。

## 11. 施設管理

2012年度については、2012年3月よりSACLAの供用開始もあり、研究環境の確保と維持を目的に、SPring-8・SACLA全体を一元的且つ効率的に運用が可能となるよう、建屋・設備等の運転保守及び維持管理を実施した。

また、関西電力より「お盆を除く7月2日から9月7日までの平日9時から20時の間、2010年の夏と比較して15%以上の節電への協力要請」が出され、節電要請期間中でのデマンド監視を強化し、目標値を超過しないように管理を行った。

夏期の節電要請及び年間を通じた安定且つ効率的な運転保守を行うために24時間体制を敷き、効果的・効率的な維持管理が可能となるよう技術者を配置するなどの対策を講じ、安定運用に努めた。

各設備（電気設備・冷却設備・実験排水設備・建築設備・空調衛生設備等）については、維持管理の中長期計画（今後5年間程度にわたる設備の精密点検並びに日常点検計画）を策定し、定期的な点検を行うとともに、老朽化・経年劣化等に対し迅速な修繕・改修をもって対処したことにより、良好な研究環境の確保を実現できた。

省エネルギー対応についても、電力、熱エネルギー消費状況の把握と分析を実施するとともに、マシン冷却設備の運転を関係部門と協議、運転維持管理計画の調整を行い、夏期及び冬期、並びに年度末の長期点検調整期間の設備停止時間を増加させることで電力量の軽減を図った。

その結果、維持管理の品質を向上させるとともに、エネルギー管理、環境管理を適切かつ効果的に行うことができた。