

1. 施設報告

物質構造科学研究所 副所長 足立 伸一

1-1. 全体報告

2018年度のフォトンフォクトリー（PF）の現状について報告する。

運転関係

2018年は、PFおよびPF-AR両方のユーザービームタイムにおいて、同時トップアップ運転を初めて実現した記念すべき年となった。前年度に行われた約5ヶ月に渡る大規模な入射器改造工事により、KEKつくばキャンパスにある4つの蓄積リング（PF、PF-AR、SuperKEKBのHER、LER）への同時入射への準備が整えられた。そして2018年度の秋の運転より、PFおよびPF-ARの同時トップアップ運転が開始された。これまでにPF単独でのトップアップ運転は実施されていたが、PF-ARのユーザー運転でトップアップ入射が行われるのはこれが初めてのことである。このような同時入射モードを実現した入射器および光源加速器関係者の努力に対して、改めて敬意を表したい。

また2018年度には、PF-ARの5 GeV運転について検討を開始した。PF-ARの6.5 GeV運転ではPFの2.5 GeV運転の約2倍の電力量が必要となるため、限られた光熱水料予算の中で、PF-ARの運転時間を確保することが困難となっている。この問題に対する一つの方策として、PF-ARの加速エネルギーを5 GeVに下げることによって消費電力量を抑制し、PF-ARの運転時間を確保することがこの検討の目的である。検討の結果、5 GeV運転では6.5 GeV運転の約6割程度の電力量で運転を実施できると試算されたことから、2019年度以降の一部のユーザー運転を5 GeVで実施する

方向で検討を進めた。ただし、加速エネルギーを下げることで、PF-ARで高エネルギーX線を利用するユーザーには不利となることから、5 GeV運転と6.5 GeV運転の運転時間の比率については、ユーザーニーズを踏まえつつ、適切な比率となるように配慮した比率としている。2018年11月および2019年3月のマシンスタディ（ビームライン調整を含む）で5 GeVでの試行運転を行い、2019年度の5 GeVユーザー運転実施に向けた準備を行った。

6月30日から7月6日の期間において、PFでの初めての試みとして、「産業利用促進運転」を実施した。通常の運転は運営費交付金を財源としているのに対して、この期間の運転では、企業等による施設利用料収入を財源としている。この期間に企業等による施設利用を優先的に実施するため、ビームタイム配分を約1ヶ月前まで留保しており、留保期間を過ぎても施設利用がない場合には、一般の共同利用課題を配分することにより、ビームタイムの有効利用を図った。この試みの結果、10社・2団体（12課題）の参加を得て、13ビームタイムで、のべ290時間の利用があり、その利用料収入の80%が運転経費に充当された。これはPFの運転（運転に必要な入射器経費を含む）を約5.5日延長する分に相当する。この試行運転で明らかとなった課題等を踏まえて、次年度以降の継続的な実施に向けた検討を進めることとした。

2017年度より開始したBL-19のビームラインの建設では、「放射光施設ビームラインを活用した産業界等におけるイノベーション創出の推進」の機能強化事業費と、科研費新学術領域「水惑星学の創成」の支援を受けて着実に建設を進めた。2018年度の夏期シャットダウン中にアンジュレータの設置とビームライン装置の設置を完了し、秋のビームタイムでファーストビームを確認し、ビームラインの立ち上げ調整を開始した。2019年度からのユーザー共同利用実験の開始を目指している。

組織改編に向けた準備

2018年度から始まった小杉所長体制のもと、2019年度から物構研組織の一部改編を行う方向で検討を進めた。組織改編の概要としては、これまでの物構研内の4研究系（放射光科学第一・第二、中性子科学、ミュオン科学）と2センター（構造物性研究センター、構造生物学研究センター）に加えて、新たに「放射光実験施設」と「低速陽電子実験施設」の2実験施設を設置するというものである。この組織改編により、2019年4月からのPFの運営は、物構研の放射光科学第一・第二研究系と放射光実験施設、加速器施設の加速器第六研究系（光源加速器）を中心として、機構内の各組織との連携のもとに行われることになる。その詳細については、小杉所長による巻頭言を参照いただきたい。

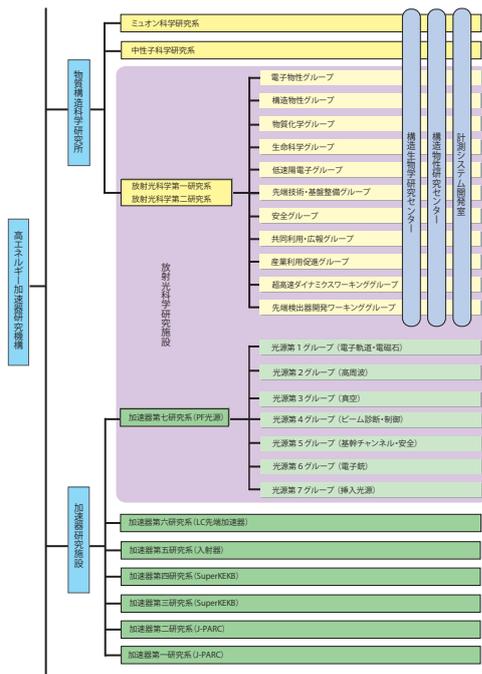


図 1-1 放射光科学研究施設の組織図

1-2. 予算

大学共同利用機関法人・高エネルギー加速器研究機構 (KEK) における放射光実験研究予算（放射光プロジェクト経費）は、運営費交付金（機能強化経費）および先端研究

推進費補助金をその財源としている。2018年度の両経費の合算額は1,800,000千円であった。過去のプロジェクト経費の配分額の推移を図1-2に示す。

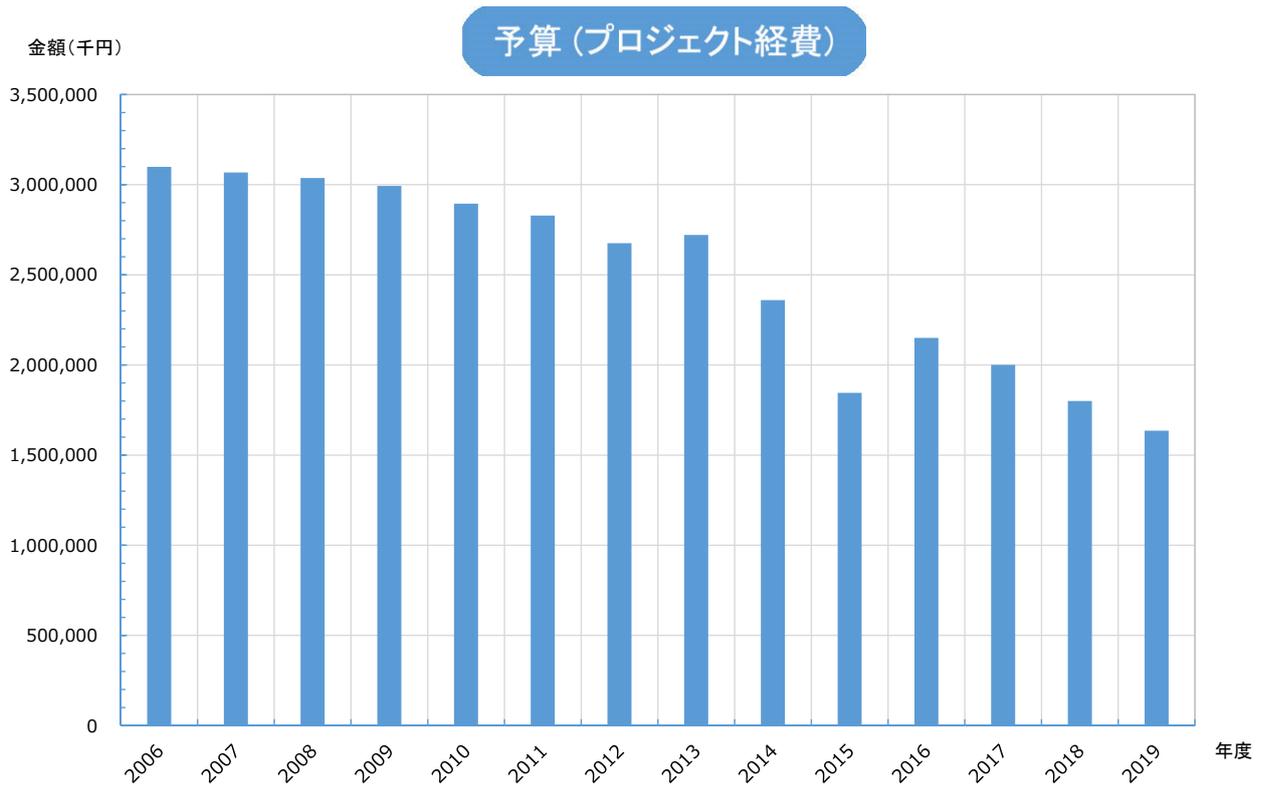


図 1-2 放射光プロジェクト経費の推移

1-3. 組織

放射光実験施設フォトンファクトリー（Photon Factory, PF）は、大学共同利用機関法人・高エネルギー加速器研究機構（KEK）のつくばキャンパスに立地する放射光施設である。電子加速器から発生する放射光を利用して、物質・生命科学分野における構造・機能研究を推進している。PFリング（2.5 GeV）、アドバンスリング（PF-AR, 6.5 GeV）という2つの放射光専用の光源加速器とともに、低速陽電子実験施設を有し、KEKで培ってきた放射光技術・加速器技術により世界最先端の研究の場を提供している。

KEKにおける放射光実験研究は、KEK内の複数の研究所・施設間の協力体制により実施・運営されている。KEKの組織図を図1-3に示す。PFおよびPF-ARの2つの光源加速器は、加速器研究施設の加速器第七研究系を中心として管理・運転を行っている。また光源加速器への入射器は、同施設加速器第五研究系が管理・運転を行っている。また、

光源加速器から供給される放射光の利用実験については、物質構造科学研究所の放射光科学第一および第二研究系が担当しており、ビームラインの整備・管理・運営を行っている。低速陽電子実験施設については、加速器第五研究系と放射光科学第一・第二研究系が連携して運転・管理・運営にあっている。2018年度は、2019年度にPF関連組織の一部改編を行うことを念頭に、規程改定等の準備を進めた。

また、物質構造科学研究所の特徴である、放射光、陽電子、中性子、ミュオンを横断的に利用した先端研究を推進するための組織として、構造生物学研究センターおよび、構造物性研究センターが設置されており、他大学、研究機関等と連携しながら、PF、PF-AR、低速陽電子実験施設、J-PARCの物質生命科学実験施設（MLF）を利用した生命科学・物質科学研究を推進している。

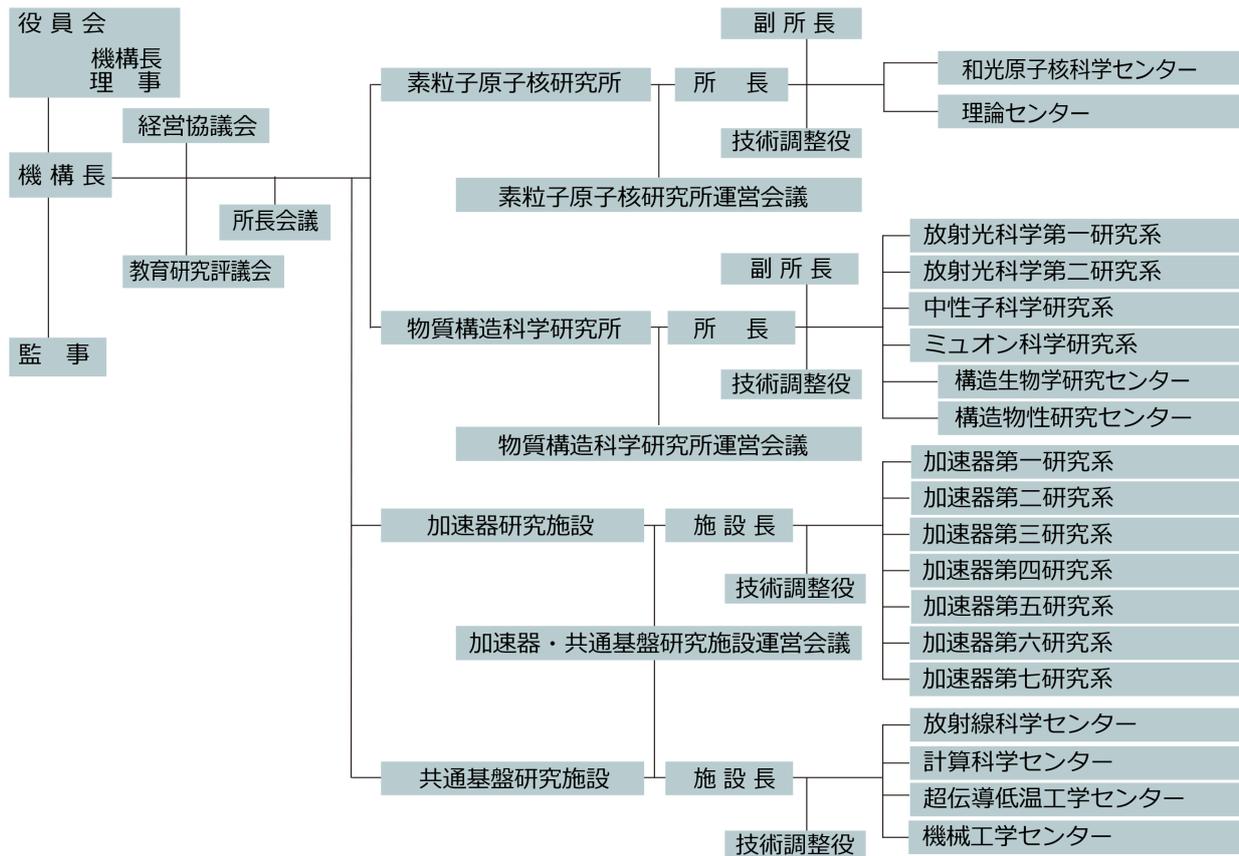


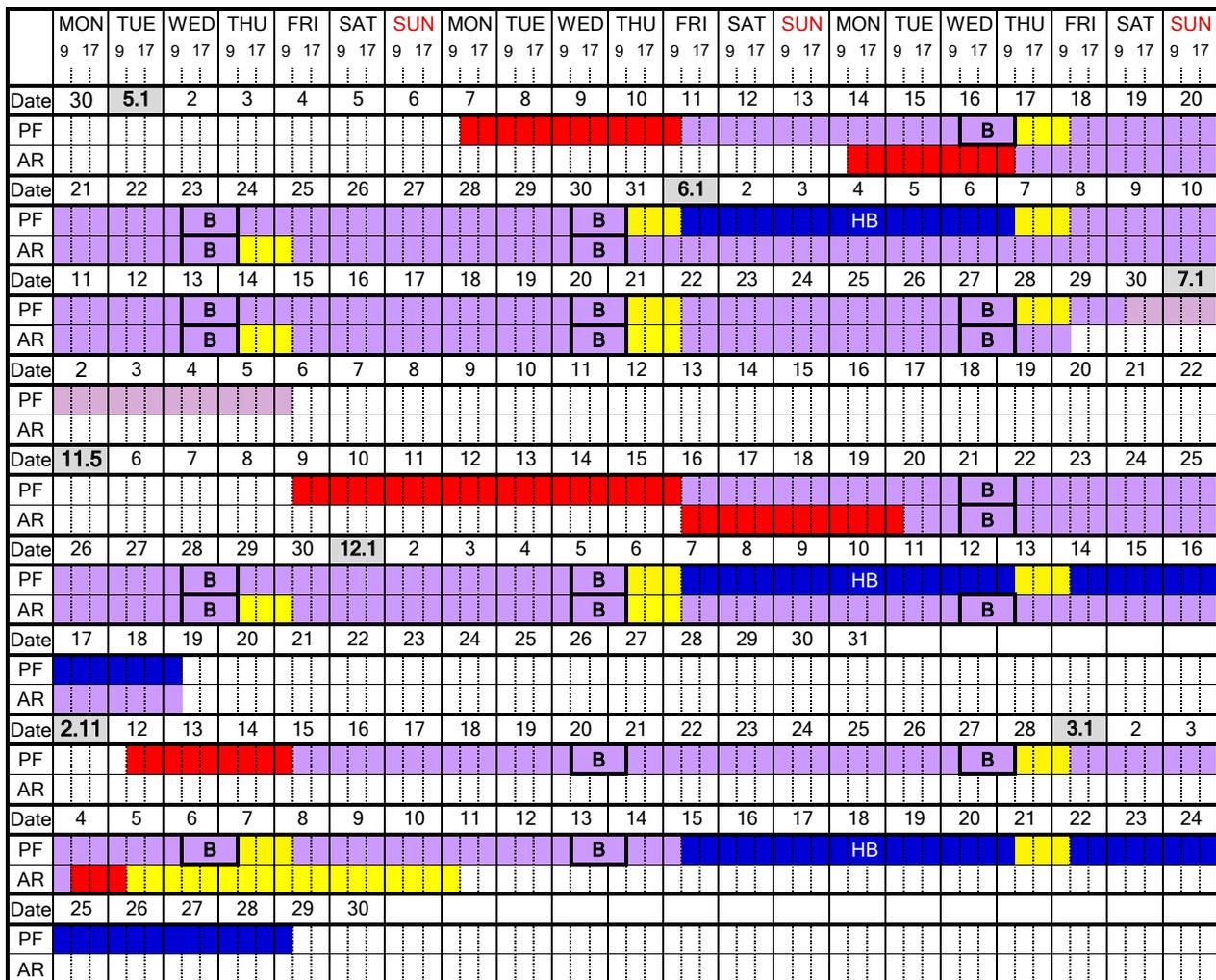
図1-3 KEKの組織図

1-4. 運転状況

2018年度のPF（2.5 GeV）およびPF-AR（6.5 GeV）の運転スケジュールを図1-4に示す。放射光実験研究予算（放射光プロジェクト経費）の減額を踏まえて、PFの年間運転時間を前年度とほぼ同等とする一方で、運転時の消費電力量がより高いPF-ARについては、2019年2-3月期のユーザー運転を停止し、年間運転時間を前年度より約400時間削減した。年間の全加速器運転時間は、PFが3696時間、PF-ARが2064時間であった。これに対して、全加速器運転時間のうちユーザー実験に供された運転時間はPFが3091.6時間、PF-ARが1581.6時間であった。表1-1、1-2

にPFおよびPF-ARの過去の運転時間統計を示す。また図1-5に過去のユーザー運転時間の統計のグラフを示す。

東日本大震災後の最近数年間のユーザー運転時間は、プロジェクト経費の減額を反映してPF、ARともに減少傾向にあり、年間の登録論文数の減少傾向にも影響を及ぼしている（図1-7）。また、PF-ARの消費電力量を低減して運転時間を確保するための方策として、PF-ARの5 GeV運転モードについての検討を開始し、5 GeV運転のマシンスタディ期間を2019年3月初旬に確保した。



PF: PF ring
AR: PF-AR

- Tuning and ring machine study
- Short maintenance and /or machine study
- Ring machine study
- Experiment using SR
- Hybrid Mode Operation
- B Bonus

図1-4 2018年度のPFおよびPF-ARの運転スケジュール

表 1-1 PF の運転時間統計

年度	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
総運転時間 (時間)	5272	5104	5000	4976	5064	4728	4416	4176	3024	3888	3432	3624	3696
計画ユーザー実施時間 (時間)	4248	4296	4032	4008	4080	2832	3792	3504	2328	3048	2928	3000	3120
故障回数	25	23	18	24	18	18	23	15	15	23	18	14	17
総故障時間 (時間)	44.6	91.1	23.8	42.7	29.2	14.9	37.6	11.4	11.4	14.4	17.3	16.6	28.4
MTBF (時間)	169.9	186.8	224.0	167.0	226.7	157.3	164.9	155.2	155.2	132.5	162.7	214.3	183.5
MDT (時間)	1.8	4.0	1.3	1.8	1.6	0.8	1.6	0.8	0.8	0.6	1.0	1.2	1.7

表 1-2 PF-AR の運転時間統計

年度	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
総運転時間 (時間)	5016	4561	4969	5063	4608	4080	4080	3912	2352	3336	1821	2448	2064
計画ユーザー実施時間 (時間)	4032	3624	4344	4392	4032	2904	3672	3478	1992	2784	1104	2136	1608
故障回数	51	60	40	41	74	49	33	47	22	18	13	55	25
総故障時間 (時間)	55.1	45.2	41.7	91.0	73.7	38.7	29.7	99.6	37.0	31.0	18.3	24.7	26.4
MTBF (時間)	79.1	60.4	106.6	107.1	54.5	59.3	111.3	74.0	90.5	154.7	84.9	38.8	64.3
MDT (時間)	1.1	0.8	1.0	2.2	1.0	0.8	0.9	2.1	1.7	1.7	1.4	0.4	1.1

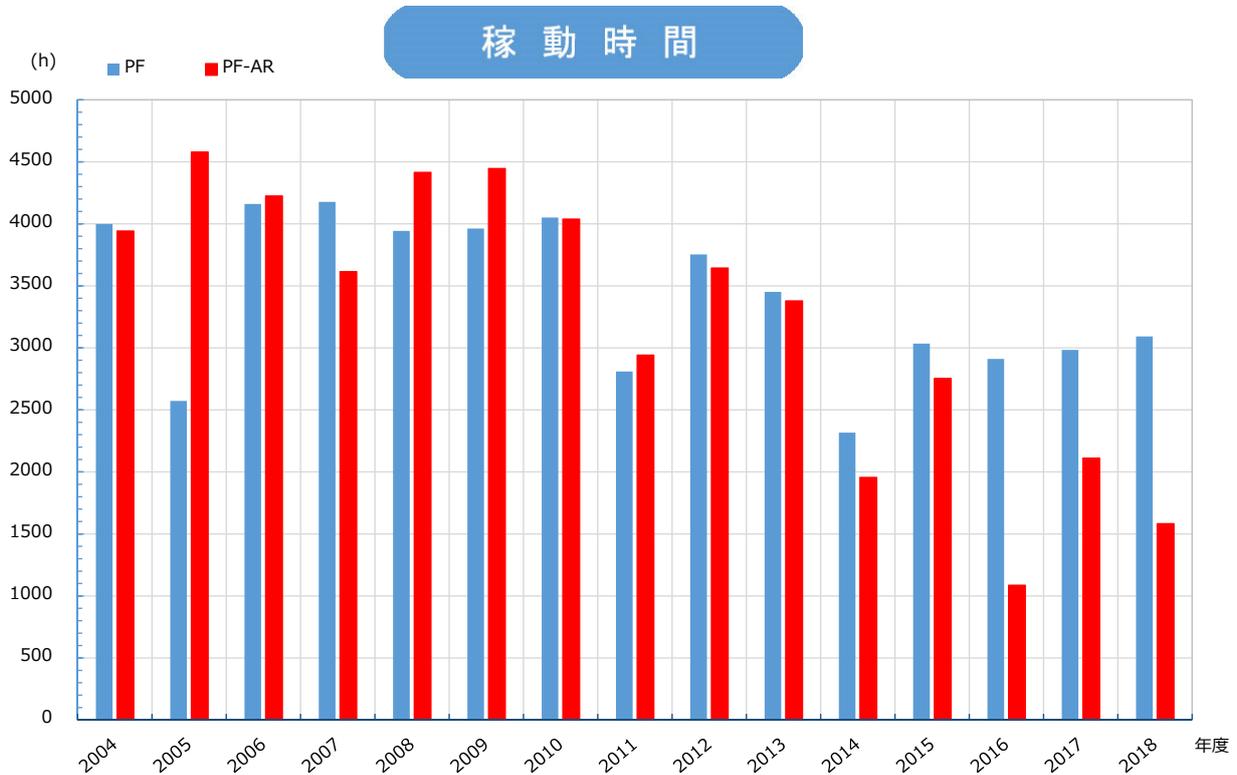


図 1-5 ユーザー実験に供された運転時間統計

表 1-1, 1-2 の MTBF (mean time between failure) は、故障なくユーザー実験のための加速器運転を実施できた時間の平均値、MDT (mean down time) は、故障から復帰するために要した時間の平均値であり、どちらも加速器運転の信頼度を示す数値である。

2005 年度の PF ユーザー運転時間の減少は、PF リング高度化によるもの、2011 年度の減少は東日本大震災によ

る被災と復旧作業によるもの、2014 年度の減少はプロジェクト経費の減額と電気料金の高騰によるもの、2016 年度の AR ユーザー運転時間の減少は、AR 直接入射路工事によるものである。

1-5. 利用状況

(1) 利用実験課題の採択状況

年2回(5月および11月)の共同利用実験課題募集では、一般的な実験(G型)、初心者による実験や予備実験(P型)、緊急かつ重要な実験(U型)、特別型(S1, S2型)、大学院生奨励課題(T型)のカテゴリーがあり、それぞれ特徴のある共同利用実験を対象としている。またマルチ・プローブ実験課題(MP型)は、放射光だけでなく、物質構造科学研究所が管轄する、低速陽電子、中性子、ミュオンといった複数の量子ビームを利用して先端的な研究成果を創出することを目的とした実験課題であり、年1回募集を行っている。

一方、共同利用実験以外の有償利用課題として、民間等との共同研究課題(C型)、一般施設利用課題(Y型)、国家プロジェクト外部資金による優先施設利用課題(V型)がある。先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業によるトライアルユース課題(I型)は2015年度で終了した。

過去の利用課題数の統計を表1-3に示す。

また、2018年度より新たに試行的に開始した利用制度として、産業利用促進運転日を設定した。通常の大学共同利用のための運転経費は放射光実験研究予算(放射光プロジェクト経費)から賄われているが、この産業利用促進運転日の運転経費は企業等による有償利用(一般施設利用課題(Y型)および国家プロジェクト外部資金による優先施設利用課題(V型))による施設利用料収入から賄うことを目的としている。2018年度は、7月1日から6日までの6日間を産業利用促進運転日として設定し、施設利用への便宜を図ることにより、産業界からの利用の促進を図った(その詳細については、「産業利用」の報告を参照のこと)。産業利用促進運転日中の利用を通常の利用と区別するために、その期間中の施設利用課題をWY型、国家プロジェクト外部資金による優先施設利用課題をWV型とした。

表1-3 過去の利用課題数の統計

年度	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
S1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S2	6	1	4	6	3	2	4	5	4	7	6	1	6
U	1	7	3	2	2	0	4	1	0	1	0	0	0
G	386	403	402	397	407	415	454	447	407	361	372	392	321
P	22	14	14	14	16	11	18	18	5	16	10	16	16
T									6	4	3	3	2
MP										3	0		1
C	25	24	18	12	15	19	20	20	25	24	19	21	21
I				9	17	13	17	13	16	11	終了		
V							1	2	2	2	4	4	10
Y	23	23	22	29	31	30	30	41	22	33	39	30	39

(2) 登録ユーザー数と有効実験課題数

2018年度に、利用実験課題でユーザー登録した全登録ユーザー数は2945名であり、有効実験課題数は750件であった。(共同利用実験課題のうち最も課題数の多いG型課題(一般課題)は、有効期間が2年間であることから、

前年と本年に採択された実験課題の総数を本年度の有効実験課題数としてカウントしている。他の課題カテゴリについても同様に有効期間を加味した課題数である。年間の登録ユーザー数と有効実験課題数の推移を図1-6に示す。

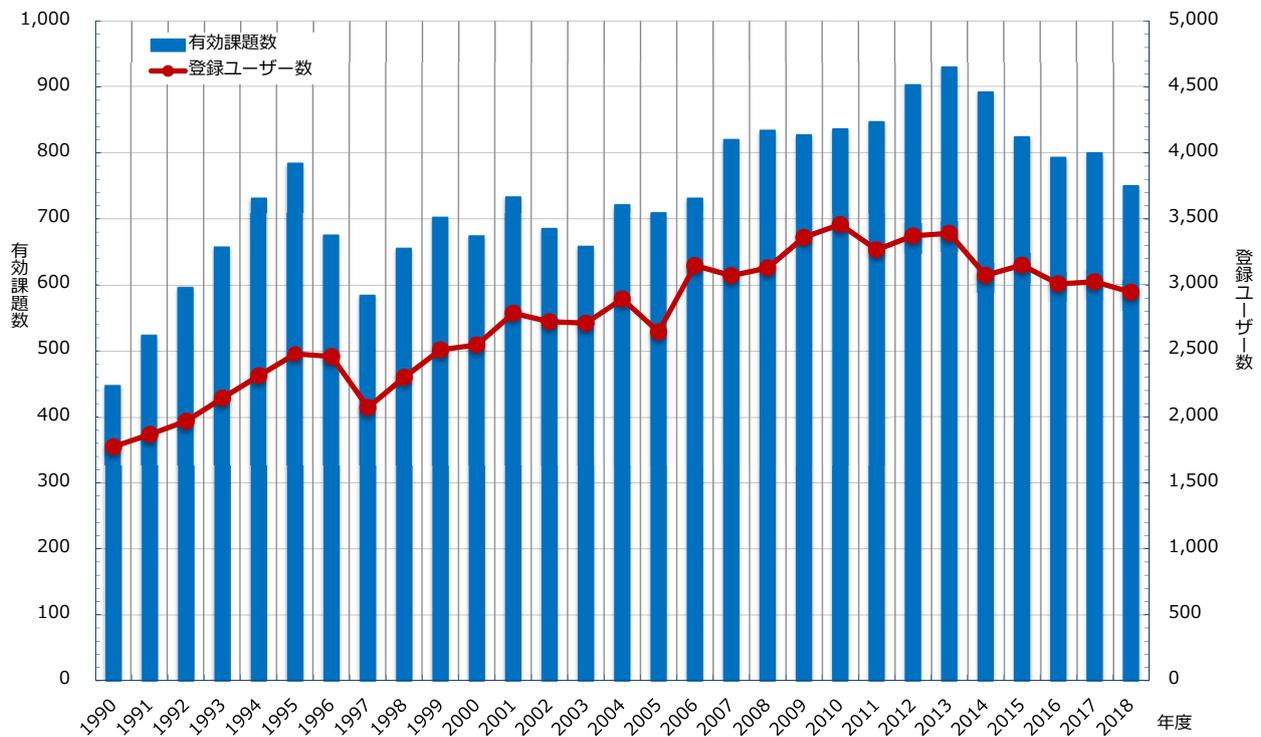


図 1-6 年間の有効実験課題数と登録ユーザー数の推移

(3) 利用実験による研究成果（学術論文と学位論文登録状況）

PF を利用して 2018 年に学術誌等に掲載された登録論文数は、2019 年 9 月 30 日現在の集計で、554 件である。PF の研究成果として登録された論文数の年度推移を図 1-7 に示す。最近数年間の登録論文数は、図 1-5 に示したユーザ

一運転時間の推移に対応して減少傾向にある。

また PF を利用してまとめられた博士および修士の学位論文数（合算数）の年度推移を図 1-8 に示す。近年の年間学位論文登録数は、250~300 件程度を推移している。2018 年度は 279 件であった。

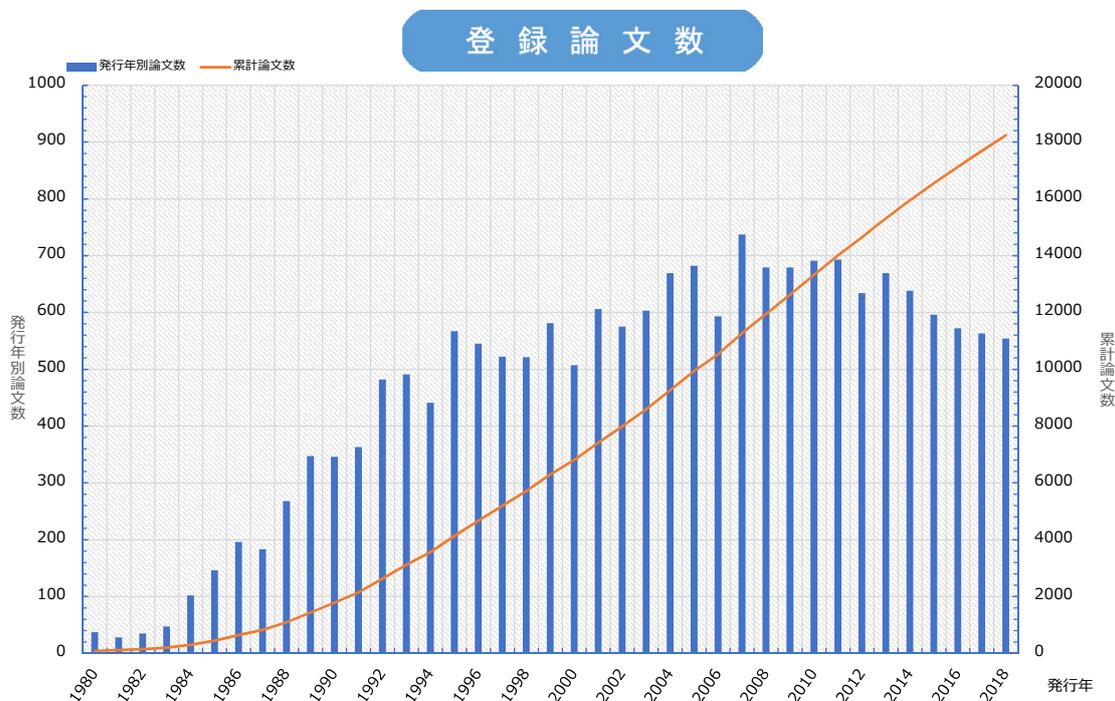


図 1-7 登録論文数の推移（単年度と累計）

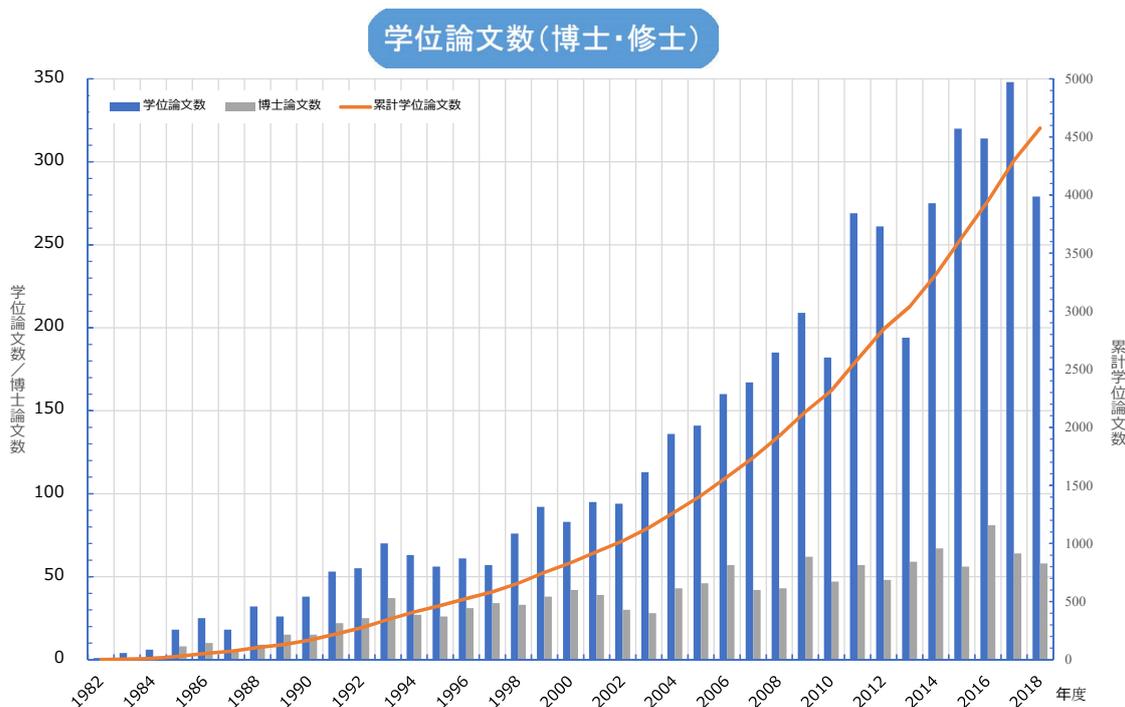


図 1-8 学位論文数（博士・修士）の推移（単年度と累計）

2019年の登録論文554件のうち、ビームライン毎の登録論文数を図1-9に示す。複数のビームラインを利用した成果については、それぞれのビームラインについて1件の登録論文があったとして取り扱っている。

2018年出版 ビームラインごとの登録論文数（総数555報）

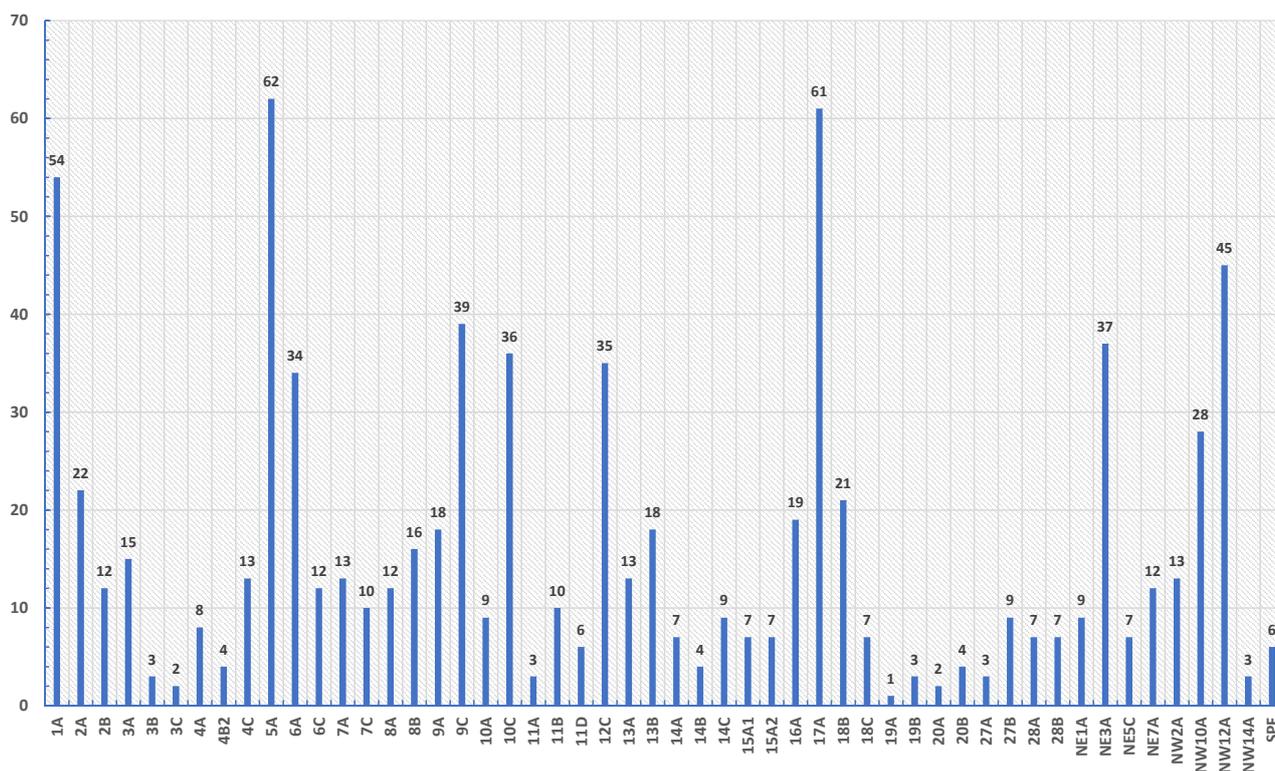


図1-9 ビームライン毎の登録論文数

(4) ビームタイムの配分状況

2018年度に有効であった共同利用実験課題の評点分布(5点満点)と、ビームライン毎のビームタイムの配分状況を研究分野毎に示す。それぞれの研究分野において特徴的な利用ニーズがある。PFでは、これらの利用ニーズの状況を踏まえて、新旧ビームラインのスクラップ・アンド・ビルド計画の立案・検討を進めている。評点分布では実験課題カテゴリー(G, P, T, S2, MP, U)毎に色分けして示している。ビームタイムは、年度を3期(2018/5-7月, 2018/11-12月, 2019/2-3月)に分けて配分しており、期毎の配分状況を示す。

Allocated Beamtime (ビームタイム配分率) = (配分ビームタイムの総和) / (利用希望ビームタイムの総和)

Cutoff Score: ビームタイムの配分が可能であった最低の評点

1) 電子物性分野(真空紫外・軟X線ビームライン, 低速陽電子ビームライン)

電子物性分野は真空紫外・軟X線線のエネルギー領域を対象としており、PFのリングエネルギーである2.5GeVの特徴を活かした真空紫外・軟X線分光測定等を用いる研究領域をカバーしている。特にPFの直線部増強により整備された挿入光源ビームライン(BL-2, BL-13, BL-16)の利用ニーズは引き続き高く、競争率が高い状況となっている。低速陽電子ビームラインでは、利用課題の増加に合わせて、注目される利用研究成果が報告されつつある。

VUV-SX and Slow Positron Beamlines (2018)

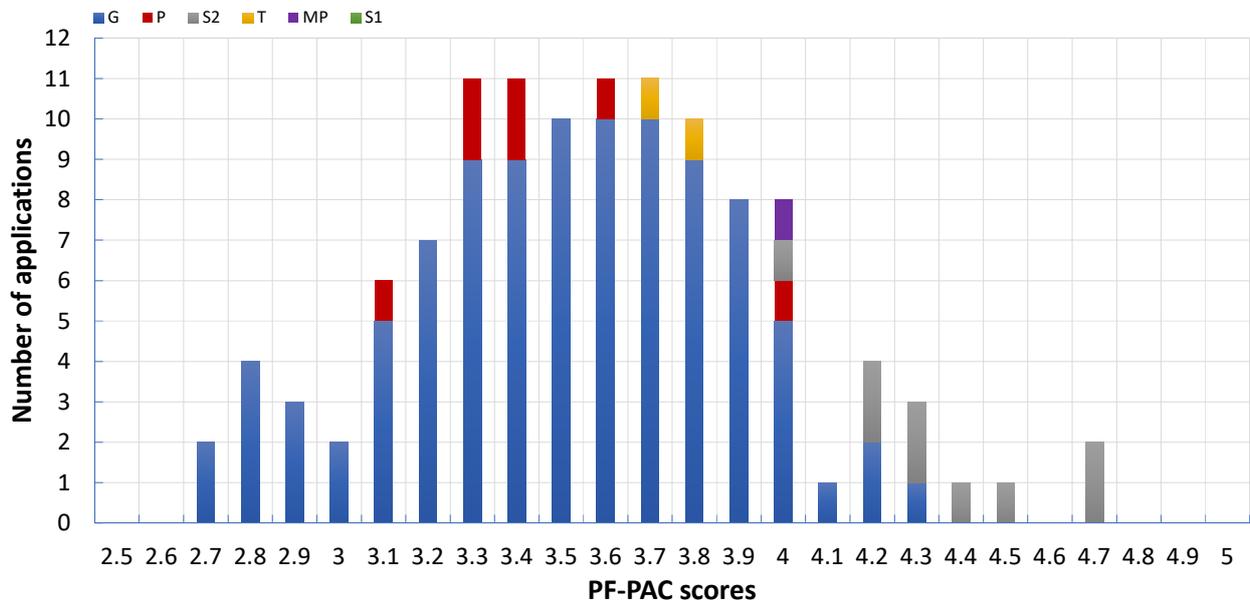


図 1-10 有効共同利用実験課題の評点分布
真空紫外・軟X線ビームラインおよび低速陽電子ビームライン

表 1-4 3期分のビームタイム配分率
真空紫外・軟X線ビームラインおよび低速陽電子ビームライン

VUV-SX and Slow Positron Beamlines										
Beamline	Light Source	2019/2-3			2018/11-12			2018/5-7		
		No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score	No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score	No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score
BL-2A/B (VUV and Soft X-ray spectroscopy)	U	32	59%	3.4	32	54%	3.7	38	40%	3.7
BL-13A/B (VUV and Soft X-ray spectroscopy)	U	32	55%	3.2	31	42%	3.6	36	45%	3.5
BL-16A (Soft X-ray spectroscopy)	U	40	44%	3.4	38	39%	3.9	47	44%	3.9
BL-28A/B (VUV and Soft X-ray spectroscopy)	U	13	100%	3.2	12	94%	3.2	17	100%	3.2
BL-3B (VUV and Soft X-ray spectroscopy)	BM	10	100%	3.3	10	100%	3.3	13	100%	3.3
BL-11A (Soft X-ray spectroscopy)	BM	16	96%	2.9	16	96%	2.9	19	100%	3.0
BL-11B (Soft X-ray spectroscopy)	BM	19	100%	3.1	18	100%	3.3	20	100%	2.8
BL-11D (VUV and SX optics)	BM	7	127%	3.1	7	94%	3.1	7	100%	2.7
BL-20A (VUV spectroscopy)	BM	5	73%	3.1	4	67%	3.3	4	78%	3.4
SPF (Slow positron facility)	SP	9	80%	3.1	9	67%	3.1	12	78%	3.5

2) 構造物性分野（硬X線回折・散乱および多目的ビームライン）

構造物性分野は硬X線エネルギー領域での回折・散乱実験を主な対象としており、硬X線を利用した単結晶構造解析、高圧力測定、イメージング測定、時間分解測定、検出

器開発など多様な実験領域をカバーしている。特に単結晶構造解析とX線回折測定用のビームライン（BL-3A, 4C, 8A, 8B）の利用ニーズが高く、それぞれ30件程度の実験課題を実施している。

X-ray Diffraction and Multipurpose Beamlines (2018)

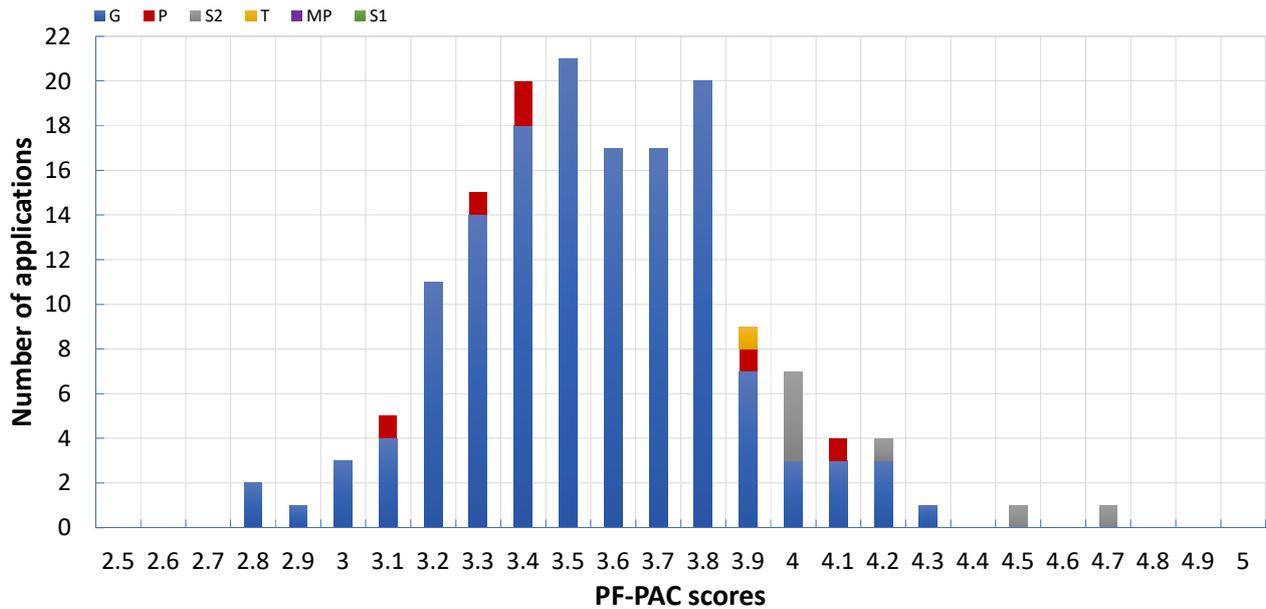


図 1-11 有効共同利用実験課題の評点分布
硬X線回折・散乱および多目的ビームライン

表 1-5 3期分のビームタイム配分率
硬X線回折・散乱および多目的ビームライン

X-ray Diffraction and Multipurpose Beamlines										
Beamline	Light Source	2019/2-3			2018/11-12			2018/5-7		
		No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score	No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score	No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score
BL-3A (X-ray diffraction)	SGU	32	59%	3.4	32	39%	3.4	23	74%	3.4
AR-NW14A (Time resolved experiment)	U	15	-	-	15	38%	3.8	11	92%	3.6
AR-NE1A (High pressure science)	MPW	16	-	-	16	75%	3.4	17	100%	3.2
BL-14A (X-ray diffraction and detector studies)	VW	13	81%	3.3	13	81%	3.3	11	89%	3.3
BL-14B (X-ray optics)	VW	16	82%	2.7	15	72%	2.7	17	87%	2.6
BL-3C (Multipurpose)	BM	9	100%	3.2	9	78%	3.3	7	100%	3.2
BL-4B2 (X-ray powder diffraction)	BM	8	100%	3.5	8	94%	3.3	8	100%	3.3
BL-4C (X-ray diffraction)	BM	35	64%	2.9	34	45%	3.4	27	76%	2.9
BL-6C (X-ray diffraction)	BM	19	52%	2.8	19	45%	2.8	18	76%	2.8
BL-7C (Multipurpose)	BM	13	87%	2.9	13	62%	3.5	16	77%	2.7
BL-8A/B (X-ray diffraction)	BM	35	76%	3.1	35	64%	3.3	32	95%	3.1
BL-10A (X-ray diffraction)	BM	9	78%	2.8	9	74%	2.8	14	76%	2.8
BL-18C (High pressure science)	BM	23	73%	3.0	23	63%	3.0	19	78%	3.0
AR-NE5C (High pressure science)	BM	9	-	-	9	56%	3.2	8	95%	3.4
AR-NE7A, high pressure experiment only	BM	18	-	-	18	48%	3.5	20	65%	3.7

3) 化学・材料分野 (硬X線分光ビームライン)

化学・材料分野は、硬X線分光測定による物質・材料の化学状態、分子構造の研究等を対象としており、対象となるビームライン群は学術・産業界の広範なユーザーに利用

されている。特にX線吸収微細構造 (XAFS) ビームライン (BL-9A, 9C, 12C, NW2A, NW10A) は139件の実験課題を実施しており、高い利用ニーズを有している。2018年度は、配分時期により競争率が高い状況となっている。

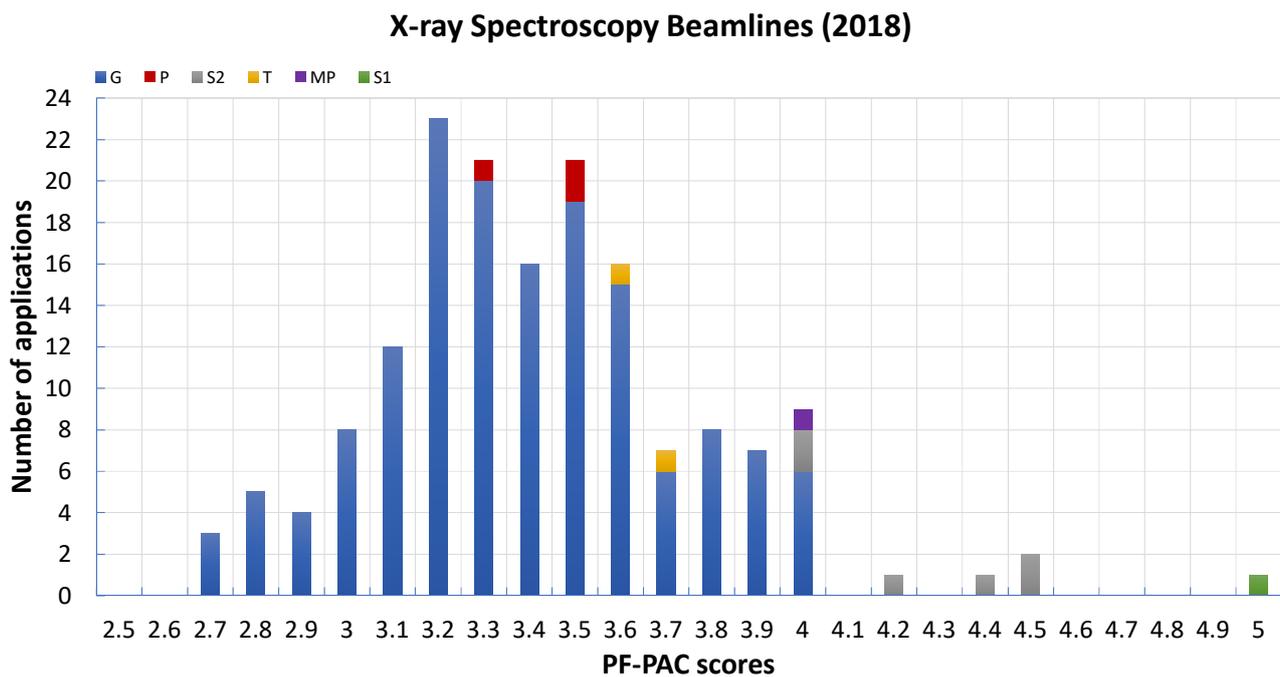


図 1-12 有効共同利用実験課題の評点分布
硬X線分光ビームライン

表 1-6 3期分のビームタイム配分率
硬X線分光ビームライン

X-ray Spectroscopy Beamlines										
Beamline	Light Source	2019/2-3			2018/11-12			2018/5-7		
		No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score	No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score	No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score
BL-15A1 (Microbeam XAFS and XRD)	SGU	23	82%	3.1	26	67%	3.4	25	86%	3.4
AR-NW2A (Time resolved XAFS and XRD)	U	12	—	—	12	100%	3.3	12	100%	3.3
Beamlines for XAFS (BL-9A, 9C, 12C)	BM	139	78%	3.2	142	55%	3.3	142	98%	2.8
AR-NW10A (High energy XAFS)	BM	142	—	—	142	63%	3.3	142	94%	2.8
BL-4A (X-ray fluorescence and microbeam)	BM	12	92%	3.1	12	76%	3.1	12	100%	3.2

4) 生命科学分野（タンパク質結晶構造解析，小角散乱，医学イメージング，放射線生物ビームライン）

生命科学分野はタンパク質結晶構造解析，小角散乱，医学イメージング，放射線生物の研究分野を対象としている。タンパク質結晶構造解析ビームライン（BL-1A，5A，17A，NE3A，NW12A）は200件以上の実験課題を実施しており，PFで最もユーザーニーズの高いビームライン群である。タンパク質結晶構造解析の測定試料は規格標準化が進めや

すく，計測自動化により短時間で多くの実験課題を実施できる環境が整備されていることから，多くの実験課題を有しながら，80%程度のビームタイム配分率を保持している。

一方，小角散乱ビームライン（BL-6A，10C，15A2）も100件以上の実験課題を実施しており，ユーザーニーズが高い。こちらも XAFS 分野と同様に競争率が高い状況となっている。

Beamlines for Life and Sciences I (2018)

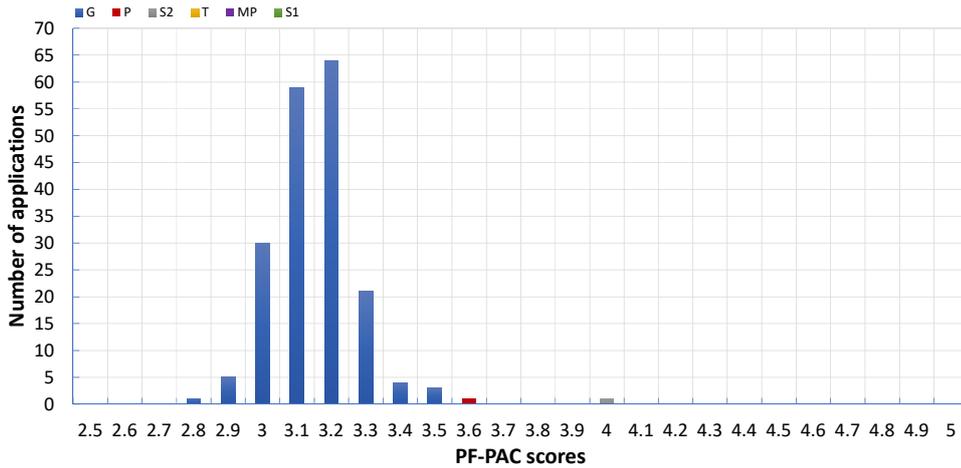


図 1-13
有効共同利用実験課題の評点分布（タンパク質結晶構造解析ビームライン）

Beamlines for Life and Sciences II (2018)

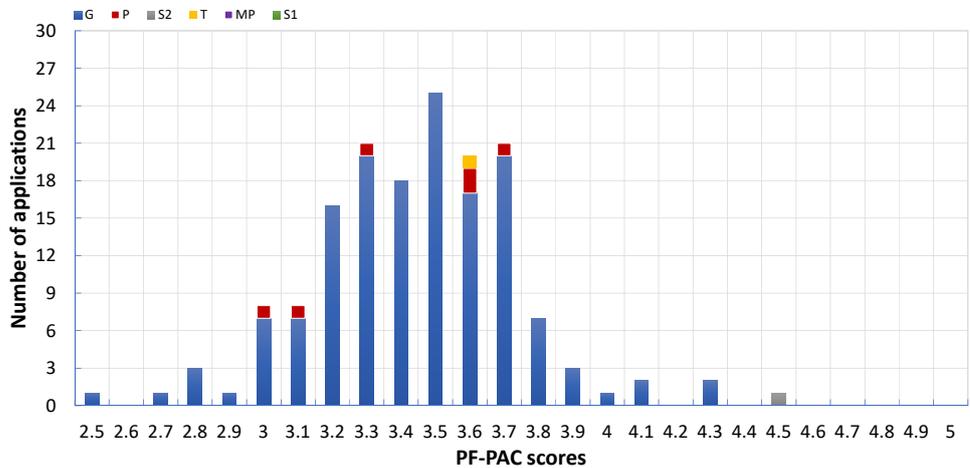


図 1-14
有効共同利用実験課題の評点分布（小角散乱，医学イメージング，放射線生物ビームライン）

表 1-7 3期分のビームタイム配分率
タンパク質結晶構造解析，小角散乱，医学イメージング，放射線生物ビームライン
(100%を超える配分率は，利用希望時間が配分時間を下回っていたことを示す。)

Beamlines for Life and Medical Sciences										
Beamline	Light Source	2019/2-3			2018/11-12			2018/5-7		
		No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score	No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score	No. of Proposals	Allocated Beamtime	Cutoff Score
Beamlines for protein crystallography (BL-1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A)	SGU, MPW, U	209	74%	2.9	207	89%	2.8	216	96%	2.9
Beamlines for SAXS (BL-6A, 10C, 15A2)	BM, SGU	105	71%	3.3	114	55%	3.3	114	76%	3.2
BL-14C (X-ray imaging)	VW	19	89%	3.0	20	60%	3.4	17	81%	3.4
BL-20B (X-ray topography and diffraction)	BM	8	100%	3.0	8	94%	3.0	9	100%	2.9
AR-NE7A without high pressure experiment (X-ray imaging)	BM	18	-	-	18	48%	3.5	20	65%	3.7
BL-27A (Radiation biology and XPS for radioactive samples)	BM	15	88%	2.8	15	79%	3.0	13	100%	2.8
BL-27B (Radiation biology and XAFS for radioactive samples)	BM	25	92%	2.7	25	78%	2.7	23	103%	2.7

(5) ユーザーグループ (UG) 運営ステーション

フォトンファクトリーでは、施設により運営される通常のステーション群以外に、ユーザーグループ (UG) または大学の部局等によって運営されるステーションおよび装置があり、それぞれユーザーグループ (UG) 運営ステーション、ユーザーグループ (UG) 運営装置、大学等運営ステーションと呼んでいる。

1) ユーザーグループ (UG) 運営ステーションおよび運営装置

UG 運営ステーションは、放射光利用実験における UG の活動を尊重し、PF 全体の研究活動の活性化に資するとともに、ユーザーグループの積極的な施設運営への参加協力により、PF スタッフのマンパワー不足を補うことを目的としており、特定のステーションを UG と PF との共同で運営している。手続きとしては、まず対象となる実験ステーションまたは装置の運用に関して UG から提出された計画書を基に、物構研と UG との間で覚書を取り交わし、ステーション等の運営を物構研から UG に委嘱する。当該 UG は、所内担当グループと協議の上、代表者および若干名からなる運営ワーキンググループ (以下運営 WG) メンバーを選任し、ステーションの運営の実務を行う。運営 WG メンバーに対しては KEK の共同研究研究員を委嘱し、一方、PF 側は当該ステーション等の担当職員を指名して運営 WG との連絡調整を行うとともに、ビームライン調整等のための旅費のサポートを行っている。UG 運営ステーションの有効期間は最長 3 年間とし、更新に際しては当該期間のユーザーグループの活動内容に関する協議を行うこととしている。

2018 年度は、以下の 6 つのステーションがユーザーグループにより運営された (表 1-8)。

表 1-8 ユーザーグループ (UG) 運営ステーション一覧

運営 WG 名	ステーション名	代表者	有効期間
高圧	BL-18C	高橋 博樹 (UG, 日本大学) 鍵 裕之 (運営 WG, 東京大学)	2018/4 ~ 2021/3
粉末回折	BL-4B2	植草 秀裕 (東京工業大学)	2018/4 ~ 2021/3
物質物理	BL-6C	八方 直久 (広島市立大学)	2018/4 ~ 2021/3
鉱物・合成複雑 単結晶	BL-10A	吉朝 朗 (熊本大学)	2018/4 ~ 2021/3
表面科学	BL-3B	吉信 淳 (UG, 東京大学) 枝元一之 (運営 WG, 立教大学)	2018/4 ~ 2021/3

X線顕微分光 分析	BL-4A	高橋 嘉夫 (東京大学)	2017/4 ~ 2020/3
--------------	-------	-----------------	--------------------

上記と同様な考え方で、実験ステーションに常設されている特定の実験装置を UG と PF が共同運営する場合には、ユーザーグループ (UG) 運営装置として UG 運営ステーションと同様の手続きで運用を行なっている。

表 1-9 ユーザーグループ (UG) 運営装置一覧

運営 WG 名	ステーション名	運営 WG 代表者名	有効期間
高圧	AR-NE7A /高温高圧 実験装置 (MAX-III)	高橋 博樹 (UG, 日本大学) 鈴木昭夫 (運営 WG, 東北大学)	2016/4 ~ 2019/3

2) 大学等運営ステーション

大学等運営ステーションは、放射光科学の教育・研究推進に関する合意書を PF と大学の部局との間で締結し、ステーションの運営を PF から大学に委嘱する仕組みである。ステーションの運営形態は UG 運営ステーションにほぼ準ずるが、大学の教育・実習等にビームタイムが活用されている点特徴的である。

BL-20A は、東京工業大学と PF の合意書に基づき、両者が共同で運営する大学等運営ステーションである (表 1-10)。このステーションでは、東京工業大学の教員が PF スタッフと協力して大学院教育および一般の共同利用に関わるステーション運営の実務を行っており、2018 年度は、東工大大学院修士課程の演習科目が実施された。

表 1-10 大学等運営ステーション一覧

運営 WG 名	ステーション名	運営 WG 代表者名	有効期間
東京工業大学 理学院化学系	BL-20A	河内宣之 (東京工業大学)	2018/4 ~ 2021/3

1-6. 国際協力

フォトンファクトリーでは、海外9カ国、16の大学および研究機関との間で協定を結び、放射光科学・加速器科学分野における研究協力、研究者の交流、研究所間の相互訪問と情報交換等を実施している。協定の詳細について、表1-11にまとめた。

2018年度には、以下の通り国際協力に関連する視察対応を実施した。

(1) 中国科学院の施設財務担当局長一行が KEK を訪問

中国の科学行政組織である中国科学院（CAS）の施設財務担当局長 Zheng Xiaonian 氏、中国科学院高能物理研究所（IHEP）副所長の Qin Qing 氏ら4人が7月9日、KEK つくばキャンパスを訪問した。IHEP は中国最大の素粒子物理学の研究所で、北京電子陽電子衝突型加速器Ⅱ(BEPCⅡ)、中国核破砕中性子源（CSNS）、北京先端フォトンソース



図 1-15 中国科学院の施設財務担当局長一行と KEK 関係者

表 1-11 海外研究機関との協定一覧

	機関	協定名称
中国	高能物理研究所（IHEP）	KEK と IHEP との間における学術交流に関する協定
韓国	韓国基礎科学研究院（IBS）	KEK と IBS との間における研究協力に関する協定
インド	インド原子力庁（DAE）	KEK と DAE との間における、素粒子物理実験、測定器開発、放射光科学、加速器科学等における共同研究開発に関する覚書
	インド政府科学技術局（DST）	科学的・技術的協力に関する覚書の締結
	インド工科大学ボンベイ校（IITB）	KEK と IITB との間における学術交流に関する覚書
	インド工科大学ハイデラバード校（IITH）	KEK と IITH との間における学術交流に関する覚書
	バナーラス・ヒンドゥー大学（インド・ヴァラナシ/BHU）	KEK と BHU との間における加速器科学分野での研究協力に関する覚書
タイ	タイ放射光施設（SLRI）	KEK と SLRI との間における学術交流に関する協定
台湾	台湾放射光研究センター（NSRRC）	KEK と NSRRC との間における先端加速器技術の開発及び応用に関する覚書
	清華大学（NTHU）	KEK と清華大学との間における学術交流に関する覚書
米国	SLAC 国立加速器研究所（SLAC）	外部ユーザーを受け入れる際の指針に関する協定
	アルゴンヌ国立研究所（ANL）	KEK/IMSS と ANL との間における放射光科学分野の国際広報グループに関する覚書
	ブルックヘブン国立研究所（BNL）	国立シンクロトロン光源プロジェクトⅡ（NSLS-Ⅱ）に関する覚書
ドイツ	ドイツ電子シンクロトロン研究所（DESY）	KEK と DESY との間における学術交流に関する協定
スイス	ポール・シェラー研究所（PSI）	KEK/IMSS と PSI との MX ビームラインのビームタイム相互利用に関する覚書
フランス	国立科学研究センター（CNRS）	KEK と CNRS との間における高エネルギー、天体粒子、原子核物理並びに物質科学に関する分野の協力関係に関する協定

(BAPS), 大亜湾 (Daya Bay) ニュートリノ実験などの様々なプロジェクトを推進している。一行は、放射光実験施設等の視察を行った。

(2) 中国科学院上海応用物理研究所所長一行が KEK を訪問

中国の上海市にある物理学の研究機関、中国科学院上海応用物理研究所 (SINAP) の Zhentang Zhao 所長が 10 月 11 日 (木)、KEK つくばキャンパスを訪問した。SINAP では、新たに放射光研究施設 SHINE (シャイン) の建設を予定しており、SHINE プロジェクトの加速器リーダー Dong Wang 教授らプロジェクトに関係する研究者ら、計 6 人での来訪となった。



図 1-16 中国科学院上海応用物理研究所 (SINAP) の Zhao 所長 (右から 5 人目) 一行と KEK 関係者

1-7. 大学連携

KEK では、国内の大学における加速器科学、物質科学、生命科学、量子ビーム科学などの研究領域の推進を図るとともに、人材の育成、人材交流を発展させ、世界第一線で先導的な役割を果たすべく、国内の大学との間で異分野融合型の研究開発の連携・協力を積極的に推進している。

2018 年度に KEK との間で連携協力協定を締結している大学は、東京大学、名古屋大学、佐賀大学、広島大学、東京理科大学、東北大学、筑波大学、北海道大学、京都大学、九州大学、お茶の水女子大学、大阪大学、岩手大学、茨城大学である。



図 1-17 KEK 幅 理事による KEK の紹介

(1) 千葉大-KEK 連携第 1 回 合同シンポジウムを開催

4 月 23 日、千葉大学の西千葉キャンパスにて、千葉大-KEK 第 1 回合同シンポジウムが開催された。KEK は大学連携を強化するため相互の人材交流を目指した取り組みを進めている。千葉大学では多くの研究者や大学院生等が、KEK での放射光や加速器を用いた研究・実験を行っており、大学連携強化の一環として互いの理解を一層深めるために、今回のシンポジウムが企画された。

千葉大学の徳久剛史学長の挨拶と、関実理事による千葉大の紹介の後、KEK の幅 淳二理事、物質構造科学研究所小杉 信博所長らから、KEK および物構研の活動内容について紹介があった。その後の意見交換では、学部学生のフォトンファクトリー利用などについての質問や、共同利用を進めるにあたっての課題などが話し合われた。

シンポジウムの後半には、KEK の施設を利用した研究についての講演があり、千葉大の一國伸之教授による放射光を用いた触媒研究の話題、物構研の木村正雄教授による X 線線顕微鏡を使った観察の話題、KEK の高崎史彦名誉教授によるミュオンを用いたピラミッド透視の話題が提供された。講演会の参加者の半数が学生で、KEK のプログラム等への積極的な参加への呼びかけがあった。隣の県同士という地の利を活かし、連携を今後さらに強化していくことを確認したシンポジウムとなった。



図 1-18 講演会のようす



図 1-19 今後の連携の進め方に関する意見交換のようす

表 1-12 大学との協定・覚書一覧

大学	協定・覚書等の名称
東京大学	放射光科学の研究推進について（学術研究交流の推進）
東京大学 物性研究所	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と東京大学物性研究所との放射光実験施設利用に関する覚書
東京大学 物性研究所	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と国立大学法人東京大学物性研究所との研究連携協力に関する協定
東京大学 理学部	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と東京大学理学部附属スペクトル化学研究センターとの共同研究に関する覚書
佐賀大学 シンクロトロン光応用研究センター	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と佐賀大学シンクロトロン光応用研究センターにおける学術研究交流に関する覚書
広島大学	国立大学法人広島大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定 連携・協力に関する協定の有効期限の延長に関する合意書
名古屋大学	国立大学法人名古屋大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携・協力の推進に関する基本協定
東京理科大学	東京理科大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携・協力の推進に関する基本協定書 連携・協力の推進に関する基本協定の変更に関する合意書
東北大学	国立大学法人東北大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定
筑波大学	国立大学法人筑波大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定 連携・協力の推進に関する基本協定の変更に関する合意書
北海道大学	国立大学法人北海道大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携協力の推進に係る協定書 / 変更契約書
京都大学	国立大学法人京都大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携・協力の推進に関する基本協定書
九州大学	国立大学法人九州大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定
お茶の水女子大学	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構と国立大学法人お茶の水女子大学との連携・協力の推進に関する協定書
大阪大学	国立大学法人大阪大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携及び協力に関する協定
岩手大学	国立大学法人岩手大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定
茨城大学 フロンティア応用原子科学研究センター	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と国立大学法人茨城大学フロンティア応用原子科学研究センターとの量子ビームによる生命・物質科学の研究推進に関わる連携協力協定

1-8. 広報・アウトリーチ活動

フォトンファクトリーは、学術研究や産業振興、研究人材育成に幅広く貢献しており、その成果の広報・普及活動は施設としての重要な責務である。PFに関連する広報、アウトリーチは、物質構造科学研究所の広報室が中心となって活動を行っている。2018年度は、パンフレット・フライヤーの作成、ウェブサイトの整備・更新、SNS (Facebook, Twitter) による情報発信、グッズやポスター等のデザインなどの通常の広報業務に加えて、以下に示す活動を行った。

(1) 報道機関向け発表 (プレス発表)

2018年度は、PFの研究成果 (PFスタッフによる研究で、PFを利用しない研究も含まれる) に関連して、以下の13件のプレス発表を行った。

2018年

- 4月2日 超薄膜から薄膜へ膜厚限界を打破 ～「バナジウムの異常な混合原子価」が導く絶縁体転移～
- 4月26日 わずか2分子の厚みの超薄膜×大面積の半導体を開発 – 生体センシングデバイスの開発に期待–
- 7月9日 GaNの結晶欠陥を大面積且つ非破壊で検出・分類する方法を開発 ～青色LEDから電力制御素子まで、GaN結晶の高品質化を加速～
- 7月31日 ディラック線ノードの直接観測に成功 – トポロジカル量子コンピューター基盤物質を発見–
- 8月6日 染色体の構造変換を司るタンパク質の構造を解明
- 8月31日 自発的に折りたたまれるポリマー材料の開発に成功 – タンパク質の機能を模倣する新素材への応用に期待–
- 9月26日 鉄系高温超伝導体における新奇な磁性と超伝導の共存の観測に成功
- 10月1日 薬剤耐性の原因「薬剤汲み出しタンパク質」の排出メカニズムを解明 – 多剤排出トランスポーター MdfA の分子機構–
- 11月30日 いつでもどこでも誰でも光をあてるだけで簡単に性質を操ることの出来る材料を開発 – 溶媒不要の高分子形状リセット法「T・レックス」の実現–

2019年

- 1月21日 結晶にも液晶にも液体にも分類されない新物質を発見 – 分子自己集合体の科学における新知見–
- 2月4日 海底堆積物に膨大な“微小マンガング粒”を発

見 – 陸上マンガング床に匹敵する量のマンガングが海底下に存在～

- 2月7日 新材料の研究開発に有用な量子ビーム実験の計測効率を向上する手法を開発 – 量子ビーム実験の計測時間を従来の10分の1に短縮し、新材料の研究開発の加速を支援
- 2月21日 トポロジカル物質中の新型粒子を発見 – ディラック・ワイル粒子に次ぐスピン1および2重ワイル粒子–

また、12月5日 (水) に、クライオ電顕の記者向け見学会を実施した。日本経済新聞、茨城新聞などに記事が掲載された。

(2) KEK 一般公開・春のキャンパス公開

毎年8月末～9月上旬に行われているKEK一般公開では、PFも施設公開を実施している。2013年からはPF独自のテーマを設定した展示を行い、特設ウェブサイトから情報を発信している。2018年度は9月2日 (日) に一般公開が実施され、PFは「はかる (測ル。量ル。計ル。)」をテーマとした展示を実施した。歴代のものから最新のものまでのX線検出器の展示や、光電子を「はかる」光電子アナライザーの仕組みをおもちゃにした「光電子アナライザーパチンコ」など、さまざまな展示や体験企画を用意した。今年から、研究棟2階から入場するコースではなく、東搬入口より実験ホールに直接入場できるコースを採用した。PFの来場者は約1900名で、年々増加の傾向にある。研究本館では、PFの様子を定点カメラで生中継した他、物構研の展示や、毎年一般公開スタッフ用に作成しているTシャツの展示を行った。



図1-20 KEK一般公開におけるPF実験ホールでの「光電子アナライザーパチンコ」展示

小林ホールでは、小杉信博物構研所長が「X線を使った分子同士の相性診断～アルコールは本当に水とよく混ざるのか～」と題した講演を、会見室で行われたサイエンスカフェでは、村上洋一教授が「磁石にくっつく、くっつかないの不思議」と題したトークとともに、磁石で遊べる体験コーナーを設けた。

一般公開に次ぐ大きな施設公開イベントとして、KEKでは毎年4月の科学技術週間の週末に春のキャンパス公開を行なっている。2018年度は、4月21日（土）に春のキャンパス公開を実施した。「光をつくる磁石、磁石を見る光」と題したサイエンスカフェを開催し、酒巻真粧子助教が、放射光の発生原理から自身の研究テーマである磁性薄膜までをわかりやすく解説した。このキャンパス公開では例年施設見学ツアーの一環としてフォトンファクトリーを公開しており、今年度も10グループの見学対応を実施した。

(3) 科学館等でのイベント

8月18日（土）東京都西東京市の多摩六都科学館にて、実験イベント「イマドキの生物学者になってみよう～タンパク質の結晶を作ろう～」を開催した。小学1年生から大人まで25人の参加があった。構造生物学研究センターの長瀬里沙研究員が、イマドキの生物学者（構造生物学者）が、なぜタンパク質の結晶を作るのか、構造生物学のアプローチについて説明し、実際にタンパク質（リゾチーム）の結晶作りに挑戦した。

2013年度から物構研広報室が実施している科学イベント「チョコレート・サイエンス」は、2018年度は以下の日程で実施した。

- ・2019年2月2日（午前・午後の2回実施）
多摩六都科学館
- ・2019年2月11日
蒲郡市生命の海科学館



図1-21 タンパク質結晶化を体験する小学生

(4) 小・中学生、高校生向けアウトリーチ

PFでは未来を担う青少年の科学技術に対する関心を高めるために、若い世代に向けてのアウトリーチ活動を実施している。

中学生・高校生の職場体験活動として、8月16日には清泉女学院高等学校の1年生5名を受け入れた。放射光実験を安全に行うためのインターロックシステムについて学び、実際にインターフェイスの更新作業を体験してもらった。

2019年1月27日（日）には、筑波大学が主催する科学技術人材育成プログラム「つくばSKIPアカデミー」の小中学生39名と「筑波大学GFEST」の中高校生4名が、構造生物学研究センタースタッフの指導のもと実習を行なった。つくばSKIPアカデミーの生徒受け入れは、昨年引き続き2回目となる。PFや構造生物学研究センターの見学、タンパク質の結晶化実習を体験した。

KEKが主催するTYLスクール理系女子キャンプ、ウィンター・サイエンスキャンプといった高校生向けのイベントにも協力している。TYLスクール理系女子キャンプでは、毎年「加速器体感ツアー」のメニューの一つとしてPFの見学やPFの女性スタッフとの対話を実施している。ウィンター・サイエンスキャンプでは、4つのコースの1つである「回折で小さなものを見てみよう」を担当し、光の波長程度の大きさの物質構造を調べる実習を行なっている。

KEKの事業である「KEKキャラバン」では、小中学校・高校や一般団体への出前授業を実施している。2018年度は、PF関連では、7月25日に田中織雅特別助教（加速器第七研究系）による「加速器は夢の顕微鏡」が福岡県立香住丘高等学校で、7月27日に長瀬里沙研究員による「加速器が解き明かす生命～タンパク質の立体構造を観る～」が山形県立米沢興譲館高等学校で、11月2日に芳賀開一准教授（加速器第七研究系）による「宇宙は何からできているのだろうか?」「加速器は大きな顕微鏡」が京都府立鴨

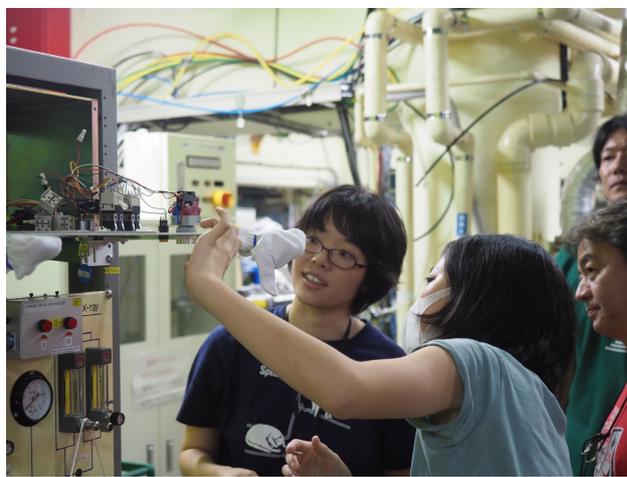


図1-22 職場体験。PF実験ホールでインターロックシステムについて学ぶ。

沂高等学校で、11月11日に熊井玲児教授による「結晶ってなんだろう？放射光でみる物質のかたちと機能」が沼津工業高等専門学校で、2019年2月10日に小出常晴協力研究員による「光の回折干渉と偏光」が神奈川県立希望ヶ丘高等学校で、それぞれ実施された。

この他に、KEKで年間20件程度実施されている、中学・高校生を対象とした実習受入にも、実習・講義・見学等で協力している。

(5) 外部機関主催イベントへの出展等

文部科学省の後援により毎年秋に開催されている大学共同利用機関シンポジウムは、2018年度は10月14日に名古屋市科学館のイベントホールで「大学共同利用機関シンポジウム2018～最先端研究大集合～」として開催され、KEKも参加した。PF関連では、足立伸一物構研副所長がPFについて紹介した他、光電子アナライザーパチンコやパネルなどの展示を行った。

2019年1月29日に、つくば国際会議場において開催されたつくばサイエンス・アカデミー主催の「SATテクノロジーショーケース」において、つくば発注目研究ポスターとして「X線顕微鏡で化学状態を識別・イメージングする」を発表した。足立伸一物構研副所長が代表者としてつくばサイエンス・アカデミーの江崎玲於奈会長より感謝状を授与された。その他に一般ポスターとして、間瀬一彦准教授、総研大の亀沢知夏さんの発表を行った。

2019年1月30～2月1日に東京ビッグサイトで開催されたnano tech 2019に、KEKも参画するオープンイノベーションプラットフォーム「TIA」が出展し、ブース内でPFの共同利用・産業利用を紹介した。昨年、装置の模型を製作し展示したところ好評であったので、今年は新ビームラインPF BL-19の1/10モデルと、BL-19に常設される走査型透過X線顕微鏡(STXM)の実物大の模型を製作し、展示した。展示終了後、これらの模型は昨年製作したBL-17Aの模型とともに、PFの光源棟2階の見学通路に設置されている。

この他に、真空展、日本放射光学会年会、量子ビームサイエンスフェスタ、TIAシンポジウムなどに施設報告ポスターを出展した。

(6) 一般見学への対応

KEKでは原則として10名以上の団体の見学を随時受け付けており、年間通じて多くの団体がPFを見学を訪れる。見学対応はPFスタッフが持ち回りで行っており、2018年度は約185件の一般見学、実習やイベントに伴う見学も含めると約250件の見学に対応した。

(7) 取材などの対応

取材・撮影等への対応は随時行っている。

6月15日には、国立大学協会の広報誌「国立大学」の取材を受けた。大学共同利用機関法人の特集号にあたり、文部科学省の新学術領域「水星星学の創成」プロジェクトが取り上げられ、同プロジェクトの分析班代表の福士圭介准教授(金沢大学)、菅大暉博士研究員(東京大学)が、PFの木村正雄教授、武市泰男助教とともにPFで取材を受けた。記事は「国立大学」の第50号(2018年9月号)に掲載された。

2019年3月28日には、NHKBSプレミアムの番組「コズミックフロント☆NEXT」の取材・撮影があった。シュレディンガーの猫に絡めて、難解な量子の世界をわかりやすく解説する企画で、番組内で物理学と猫に関する親しみやすい情報として、KEKに暮らす猫に関するエピソードが紹介された。多くのPFスタッフにも協力をいただいた。放送は2019年5月23日。



図 1-23 SAT テクノロジーショーケースの感謝状贈呈式

1-9. 教育・人材育成

フォトンファクトリーでは、全国の大学院に所属する、多くの大学院学生を共同利用ユーザーとして受け入れている。2018年度の大学院生ユーザーの登録数は、1,166名であり、フォトンファクトリーを利用する年間の全登録ユーザー(2,945名)の約4割を占める。また大学の学部学生および高等専門学校の本科4年生以上に在籍する学生については、共同利用ユーザーとしてではなく、実習生として放射光実験参加への門戸を開いている。2018年度の実習生の登録数は343名であった。また独自の大学院教育システムとして、大学共同利用機関4機関が運営する総合研究大学院大学(総研大)の高エネルギー加速器科学研究科・物質構造科学専攻の中で、放射光関連の研究教育講座を担当しており、他の大学院にはない、放射光施設のオンサイトでのユニークな大学院教育を推進している。さらに国立、公立及び私立の大学の要請に応じ、全国の大学院学生を特別共同利用研究員として受け入れ、研究指導を行っている。2014年度からは、大学院学生が実験課題責任者となって共同利用実験を行う新しい課題カテゴリーとして、大学院生奨励課題(T型課題)を実施している。

(1) 大学共同利用における人材育成

フォトンファクトリーの共同利用において、大学院生ユーザーの放射光の共同利用実験への参画は、国内外の大学における教育と研究の推進に資するのはもちろんのこと、企業、大学、研究機関において先端的な大型研究施設を活用する若手研究人材を育成するという観点からも、極めて重要である。図1-8に、フォトンファクトリーの研究論文成果として登録された学位論文数(修士論文と博士論文の合計)の年度推移を示す。2018年度は279件の学位論文が登録された。これまでの累計では、フォトンファクトリーでの共同利用実験により、4576件の学位論文が発表・登録されており、フォトンファクトリーの際立った特徴となっている。

(2) 総合研究大学院大学

総合研究大学院大学(総研大)は、1988年に国立大学(現在は国立大学法人)として創立された大学院大学である。各専攻は、4つの大学共同利用機関に直結して設置されており、学術研究の新しい流れに先導的に対応できる視野の広い創造性豊かな研究者を養成することを目指している。物質構造科学専攻では、先端の加速器から得られる放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子などの量子ビームを利用した最先端の科学研究を行っている。その分野は物理学や、化学をはじめ、ナノテクノロジー、生命科学、医学応用、環境科学、地球物理学などの極めて広範囲かつ最先端の研究分野に亘る。また量子ビームの利用研究だけに留まらず、量子ビームの発生・利用技術の一層の高度化の研

表 1-13 総研大院生および特別共同利用研究員の受け入れ状況の年度推移

FY	SOKENDAI	JPHD
2003	15	7
2004	14	5
2005	13	6
2006	9	10
2007	6	13
2008	6	10
2009	6	9
2010	5	10
2011	4	5
2012	3	6
2013	4	7
2014	3	7
2015	3	6
2016	6	7
2017	7	10
2018	9	11

究を進めることにより、物質の新たなフロンティアの開拓に寄与することを目指している。2018年度にフォトンファクトリー内の講座に所属する総研大学院生は9名であった。

(3) T型課題と特別共同利用研究員

大学院生奨励課題(T型課題)は、大学院学生が課題責任者となって共同利用実験を行うことのできる放射光共同利用実験課題のカテゴリーとして、2014年度にスタートした。T型課題は書類及び面接審査を経て課題の採否が決定される。採択された場合には、大学院学生が課題責任者として主体的に放射光研究を展開することができる。課題責任者の大学院生には、特別共同利用研究員としてフォトンファクトリーに在籍することを義務付けており、出身大学の指導教員とフォトンファクトリー内の受入教員の両方から研究指導を受けながら、フォトンファクトリーの実験現場で博士課程の研究を進めることができる。2018年度のT型課題の採択件数は2件であった。

特別共同利用研究員の制度は、KEKで他大学の大学院生を受け入れる仕組みである。総研大とは別に、国立、公立及び私立大学の要請に応じて、KEK内の教員が受入教員となり、全国の大学院学生を受け入れる制度を整備して研究指導を行っている。2018年度にフォトンファクトリー内で受け入れた特別共同利用研究員は11名であった。フォトンファクトリーの総研大院生および特別共同利用研究員の受け入れ状況の年度推移を表1-13に示す。

(4) ナノテクキャリアアップアライアンス事業

ナノテクキャリアアップアライアンス事業は、文科省の科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業補助金によって支援されている、ナノテク分野における若手人材育成のための取り組みである。2014年度下期から開始されたこの事業は、TIAの参画機関（KEK、産総研、物材機構、筑波大）と京都大学ナノテクノロジーハブ拠点が中核機関となり、アライアンスを構成する10大学と連携して、我が国のナノテク研究人材のキャリアアップと流動性向上を目指した研究人材育成を進めている。フォトンファクトリーでは、放射光分析手法（XAFS、小角散乱、粉末X線回折、X線イメージング）の講義・実習による研修プログラムを組み、2018年度はX線イメージングとXAFSの講義・実習を開催した。なおこの事業の補助期間は2018年度が最終年度となり、2019年度以降は、KEK内の自主財源を元にした事業の継続を目指している。

1-10. 外部資金の獲得状況

フォトンファクトリーでは、文部科学省科学研究費（科研費）を積極的に獲得して放射光施設を活用した学術研究を推進している。また同時に、国家プロジェクトに基づく大型外部資金等を獲得し、課題解決型の取り組みを推進し

つつ、実験ステーション等の整備・高度化を進めている。2018年度のフォトンファクトリー関連の外部資金獲得状況は、以下の通りである。

表 1-14 文部科学省科学研究費（科研費）

研究種目	件数		
	新規	継続	合計
新学術領域研究		3	3
基盤研究（S）		1	1
基盤研究（A）		3	3
基盤研究（B）	1	1	2
基盤研究（C）	2	10	12
若手研究（A）		1	1
若手研究（B）		4	4
若手研究	3		3
挑戦的研究（開拓）		1	1
挑戦的研究（萌芽）		1	1
挑戦的萌芽研究		2	2
計			33

表 1-15 受託研究

事業名	研究題名	研究代表者	新規・継続
SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「革新的構造材料」	放射光を中心とした先端計測技術開発	木村 正雄	継続
科学技術試験研究委託事業	光ビームプラットフォーム	小杉 信博	継続
国家課題対応型研究開発推進事業「元素戦略プロジェクト」	東工大元素戦略拠点（TIES）（放射光・中性子・ミュオンを用いた材料評価・解析）	村上 洋一	継続
国家課題対応型研究開発推進事業「元素戦略プロジェクト」	元素戦略磁性材料研究拠点（中性子・X線 in-situ 解析）	小野 寛太	継続
革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）	マイクロアンジュレーターの開発	山本 樹	継続
次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発	共通基盤技術の開発	小野 寛太	継続
次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発	レアアースを使わない新磁石の開発	小野 寛太	継続
次世代がん医療創成研究事業	ピロリ菌感染微小環境が誘導する発がんシグナルとその遮断による胃がんの制圧：CagA-SHP2 結合阻害の構造情報を基にした低分子化合物の最適化	千田 俊哉	継続

戦略的創造研究推進事業 「CREST（チーム型研究）」	強相関係における光・電場応答の非摂動型解析と機構解明	岩野 薫	継続
鉱物資源開発の推進のための探査等事業	放射光を用いたレアメタル鉱石中の元素存在形態の解析	小野 寛太	継続
研究成果展開事業 地域産学バリュープログラム	Pd/Ti コーティングを利用した長寿命低活性化温度大排気速度非蒸発ゲッターポンプの開発	間瀬 一彦	継続
戦略的創造研究推進事業 「CREST（チーム型研究）」	X線マイクロビーム照射による細胞生物学的変化解析とエクソソーム分析	宇佐美徳子	継続
光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）	先端レーザーイノベーション拠点「次世代アト秒レーザー光源と先端計測技術の開発」(④ g. 光電子顕微鏡の開発)	足立 伸一	新規
戦略的創造研究推進事業 「CREST（チーム型研究）」	ナノ集光系の開発と材料の電子状態評価	組頭 広志	新規
戦略的創造研究推進事業 「CREST（チーム型研究）」	塗布型電子材料の高度結晶構造解析	熊井 玲児	新規
未来社会創造事業	AIを活用したマルチスケール・マルチモーダル構造解析システムの具体化、構築のインパクト、実現可能性の調査	小野 寛太	新規
戦略的イノベーション創造プログラム（SIP 第2期）「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」	AI 援用積層最適化による CFRP 設計・製造自動化技術の開発	木村 正雄	新規

表 1-16 機関補助金

事業名	研究題名	研究代表者	新規・継続
平成 29 年度科学技術人材育成費補助金	科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業「ナノテクキャリアアップアライアンス Nanotech Career-up Alliance(Nanotech CUPAL)」	足立 伸一	継続
平成 29 年度医療研究開発推進事業費補助金（創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業）	創薬等ライフサイエンス研究のための相関構造解析プラットフォームによる支援と高度化（PF におけるタンパク質立体構造解析の支援と高度化、相関構造解析への展開）	千田 俊哉	継続
平成 29 年度医療研究開発推進事業費補助金（創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業）	全自動大規模結晶スクリーニングシステムを用いた X 線結晶構造解析の支援と高度化	加藤 龍一	継続

1-11. 研究会・講習会

(1) PF 研究会

フォトンファクトリーでは、放射光科学における幅広い研究分野の推進を目的として、PF 研究会の提案を全国の研究者から年2回公募している。この研究会は、放射光科学及びその関連分野から、タイムリーで重要な特定のテーマを選定し、KEK つくばキャンパスで集中的に討議するものである。開催にあたっては、一定の予算枠内で参加者の旅費等のサポートを実施している。2018年度は下記の4件のPF 研究会の提案を採択し、開催した。

(2) PF シンポジウム

PF シンポジウムはPFを利用するユーザーが年1度集い、フォトンファクトリーでの研究成果、施設運営、共同利用、将来計画等について議論する場であり、2019年3月開催のPF シンポジウムで36回目を数えた。2018年度のPF シンポジウムは、3月12～13日につくばにおいて開催された量子ビームサイエンスフェスタの中で、2日目に開催さ



図 1-24 第36回 PF シンポジウムのようす

表 1-17 PF 研究会リスト

日程	題名	参加人数
2018年7月3-4日	量子ビームと新規合成手法の融合による酸化物の新機能探索	34
2018年9月7-8日	X線とクライオ電子顕微鏡で挑む生命の機能とかたち	184
2018年12月20-21日	多様な物質・生命科学研究に広がる小角散乱	72
2019年1月22-23日	高繰り返し極短パルス光源の未来	51

れた。シンポジウムでは施設の現状について報告があり、主に来年度からの組織改編と将来計画について議論がなされた。また、PF-UA 総会では、会則の変更についての説明と決議が行われた。小杉物構研所長からは、「KEK 中での物構研の立場を認識し、研究成果を目に見えるものしながら、存在感を出していきたい。共通の問題点を解決しながら、環境を整えていくので、今後もユーザーの皆さんの提案や協力をお願いしたい」との挨拶があった。

(3) 講習会

フォトンファクトリーでは、利用ユーザーの比較的多い計測分野を中心に、放射光計測に関連する講習会を定期的に開催している。2018年度に開催した講習会のリストを下表に示す。

タンパク質結晶構造解析およびクライオ電子顕微鏡の講習会は、PF-UA タンパク質結晶構造解析ユーザーグループ、創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム (BINDS)

表 1-18 講習会リスト

実施日	講習会	参加人数	企業参加	内容
2018年6月12-14日	ナノテクキャリアアップアライアンス 第7回 KEK 放射光利用技術入門コース (イメージング)	10	可	講義, 実習
2018年8月6-10日	第7回対称性・群論トレーニングコース	42	可	講義
2018年4月27日	第5回営業職・文系にも役立つ真空技術講座	44	可	講義
2018年10月27日	第3回タンパク質結晶構造解析ビームライン中級者向け講習会	94	可	講義
2018年12月13日	第1回クライオ電顕解析初心者講習会 ～データ処理～	25	可	講義
2019年1月31日-2月1日	タンパク質結晶構造解析初心者向け講習会	19	可	講義
2019年3月7-8日	ナノテクキャリアアップアライアンス/物質化学グループ合同 第8回 KEK 放射光利用技術入門コース (XAFS)	15 (CUPAL) 4 (物質化学G)	可	講義, 実習

と物質構造科学研究所の連携による講習会である。特にクライオ電子顕微鏡の講習会は、今回が初めての開催となる。人材育成事業であるナノテクキャリアアップアライアンス主催の講習会としては、これまでに4つの放射光分析手法(XAFS, 小角散乱, 粉末X線回折, X線イメージング)を取り上げて、講義・実習による研修プログラムを実施している。2018年度はX線イメージングとXAFSの講義と実習を開催した。

対称性・群論トレーニングコースは、2014年の世界結晶年(IYCr2014)を契機として、物構研の主催(第2回より日本結晶学会と共同主催)で開催している講習会であり、2018年度で7回目の開催となる。講師のネスポロ・マッシモ教授(フランス・ロレーヌ大学結晶学教室)による講義はすべて日本語で行われ、資料も全て日本語で作成されている。

第5回営業職・文系にも役立つ真空技術講座は、営業職・文系の方など科学技術を専門に学んだ経験のない方向けの真空技術に関する講習会であり、公益社団法人日本表面真空学会の主催、高エネルギー加速器研究機構の共催で開催された。

1-12. 産業利用

(1) 概況

2018年度現在、PFの産業利用は、成果占有・非公開の一般施設利用（Y課題）と成果公開を基本とする共同研究（C課題）の2つの有償利用制度を中心に運用されている。そこに、2017年度から本格的に立ち上がった試行施設利用制度（L課題）と若干の無償・成果公開の共同利用課題（G課題等）が実施されている（表-19）。試行施設利用制度は、2007年度（平成19年度）から9年間続いた文部科学省補助事業による無償利用制度（トライアルユース、TU制度）が2015年度末で終了したことを契機に、新規ユーザー・手法開拓のために立ち上げられた制度である。

産業利用の実験課題数及び実験時間数を図1-25及び1-26に示す。実験課題数を前年比で評価すると、施設利用の課題数は増加、共同研究件数は前年度から横ばいであり、課題数は全体として増加した。一方、実験時間数は、施設利用は前年度を維持したものの、共同研究によるものは微減して全体として約5080時間であった。

(2) 支援体制、普及活動

産業利用の支援体制としては産業利用促進グループがあるが、その限られた要員（3人。2018年4月1日現在）だけで産業利用の実験実務の全体をカバーすることは実質的に不可能であることから、各ビームラインのスタッフと共同でユーザー対応にあたっている。

利用普及活動としては、広報活動やセミナーの開催がある。2018年度は、産業利用のパンフレットを刷新するとともに、第10回TIAシンポジウム（10月9日）、nano tech 2018（1月30日-2月1日、TIAとしての出展）、量子ビームサイエンスフェスタ（3月11-13日）などにおい

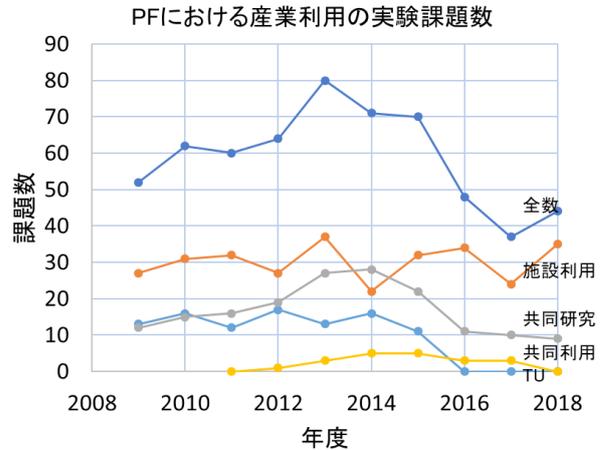


図1-25 産業利用の実験課題数

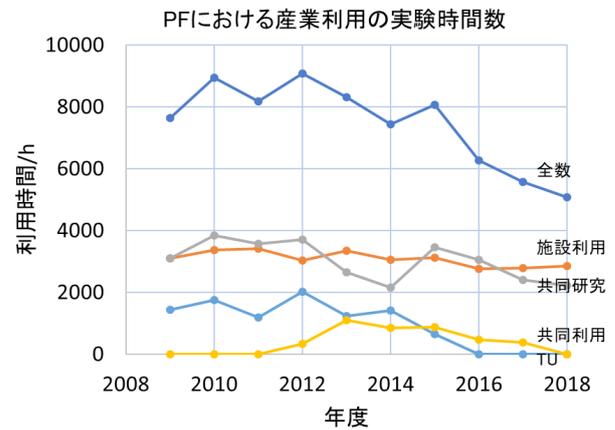


図1-26 産業利用の実験時間数

表1-19 フォトンファクトリーの利用制度

制度	利用料	有効期間	募集/年	成果の取扱	備考・利用料等
一般施設利用	有償 ^{※1}	—	随時	成果占有 非公開可	通常ライン: 27, 300円/時 高性能ライン: 53, 550円/時
試行施設利用 ^{※2}	有償	—	随時	成果占有 非公開可	通常ライン: 12, 600円/時 高性能ライン: 25, 200円/時
共同研究	有償	半年～複数年	随時	公開	
共同利用	無償	2年（基本）	2回	公開	応募資格に制限有り ^{※3}
優先施設利用	有償	年度内	随時	公開	応募資格に制限有り ^{※4} 通常BL: 12, 600円/時 高性能BL: 25, 200円/時

※1：一部の手法(ビームライン)ではオプションとして、利用支援、代行測定・解析なども用意されています。

※2：試行施設利用は初めてのご利用を対象としたものです。

※3：科研費を申請できる機関で、学術目的の実験課題であること。

※4：国又は国が所管する機関のプロジェクトで採択された研究課題であること（科研費を含む）。

※ 高性能ライン: アンジュレーター、マルチポールウィグラー等を光源とするライン。BL-1, 2, 3A, 5, 13, 15, 16, 17, 19, 28, NE1, NE3, NW2, NW12, NW14

て、PFの取組みの紹介とともに産業利用についてポスター発表を行い、普及促進に努めた。また企業団体向け個別セミナー（ナノテクノロジービジネス推進協議会（NBCI）-KEK 合同連携セミナー）でSAXSをテーマとしてKEKで実施した。今後も半期毎を目処に継続して実施する予定である。

試行利用制度の2018年度の利用件数は、7課題であり、着実に増加している。2016年度下期に有償支援制度が制定され、2017年度のビームタイムから利用が進んでいる。従来は十分な対応が困難であった実験支援・解析支援やコンサルティングを確実に実施できるようになり産業利用の様々なニーズに、よりきめ細かく対応する制度体系がつけられている（表1-20）。その他に、一般施設利用のオプションとして一部のビームラインで、代行測定・解析制度を実施している。今後、対応可能な手法が増える見込みである（表1-21）。

産業利用促進運転日を試行した。産業利用の推進を主な目的に、従来の機構の予算による運転とは別に施設利用等の利用料収入を用いた放射光加速器の運転を検討している。産業利用の推進を主な目的に、施設利用等の利用料収入を用いて運転時間の延長を行なうものである。2018年5～7月期には、試験的に運転期間を延長して産業利用促進運転日（産促日）制度の検討を行なった。実施期間は、2018年6月30日午前9:00～7月6日午前9:00（6日間）。この期間は施設利用料収入で運転経費を賄い、有償による利用を優先した。対象は、PFリングの全ビームラインとし、PF-ARは含まれない。一部のビームラインでは、随時利用が可能になるように実施期間を分散させて運用した。実施実績は、10社・2団体（12課題）で、13ビームタイム/のべ290時間の利用があり、その利用料収入の80%が運

転経費に充当された。これはPFリング（運転に必要な線形加速器の経費を含む）の運転を約5.5日延長する分に相当する。2018年度の産促日運転の実施結果により、利用料収入による運転時間の延長の可能性が示されるとともに、いくつかの課題が明らかになった。ユーザーの立場からは、通常の施設利用との区別、対象の利用制度の制限などや、利用手続きが煩雑になるなどの問題が指摘され、また、利用料収入配分の問題など、継続的に実施するには更なる検討が必要である。有償施設利用の希望がなかったビームライン・ビームタイムでは大学共同利用一般課題（G課題・S課題等）にビームタイムが配分され、KEK-IMSS-PF全体として、大学共同利用を圧迫することなく企業等による有償施設利用の時間の確保と共に、企業のPF利用による大学共同利用への還元につながった。

（3）光ビームプラットフォームの活動

2016年度から始まった先端研究基盤共用促進事業において、光ビームプラットフォームが共用プラットフォームの一つとして採択され、5か年計画の委託事業として活動を進めている。KEKは1期に引き続き、代表機関として事業の取りまとめや円滑な推進の任を負うこととなった。また、2016年度からは、『共用』は本来業務の一部として行う整理とし、プラットフォームの活動は施設間の連携に重点化することとなった。具体的には、標準化やラウンドロビンを含む放射光の高度利用推進、複数施設を活用による高度なソリューションを提供する施設連携や地域発課題の積極的な推進、そして人材育成、レーザーと放射光の融合領域の拡大等を中心に活動する計画とし、活動を展開した。

表1-20 フォトンファクトリーの実験・解析支援、コンサルティング制度

制度	利用料	対象利用制度	備考・利用料等
コンサルタント業務	有償	施設利用 ¹⁾	10,000円/時 ²⁾ (利用時間は、ビームタイムと独立に設定)
測定解析補助・指導業務	有償	施設利用 ¹⁾	30,000円/時 ²⁾ (利用時間は、ビームタイムと独立に設定)

※1：一般施設利用・優先施設利用との併用を前提とする。
 ※2：試行施設利用の場合は無償。

表1-21 フォトンファクトリーの代行測定・解析制度

制度	利用料	対象利用制度	備考・利用料等
代行測定・解析業務	有償	一般施設利用 ¹⁾	・利用料金は作業の内容により異なる。 ・実施ビームライン(研究グループ) ^{※2)} タンパク質結晶構造解析、X線小角散乱、硬X線XAFS、粉末X線回折

※1：優先施設利用は対象としない。
 ※2：2019/2/29現在。