

2020年1月11日

資料6

第33回日本放射光学会年会

企画講演2 『次世代放射光施設計画の推進状況（2）』

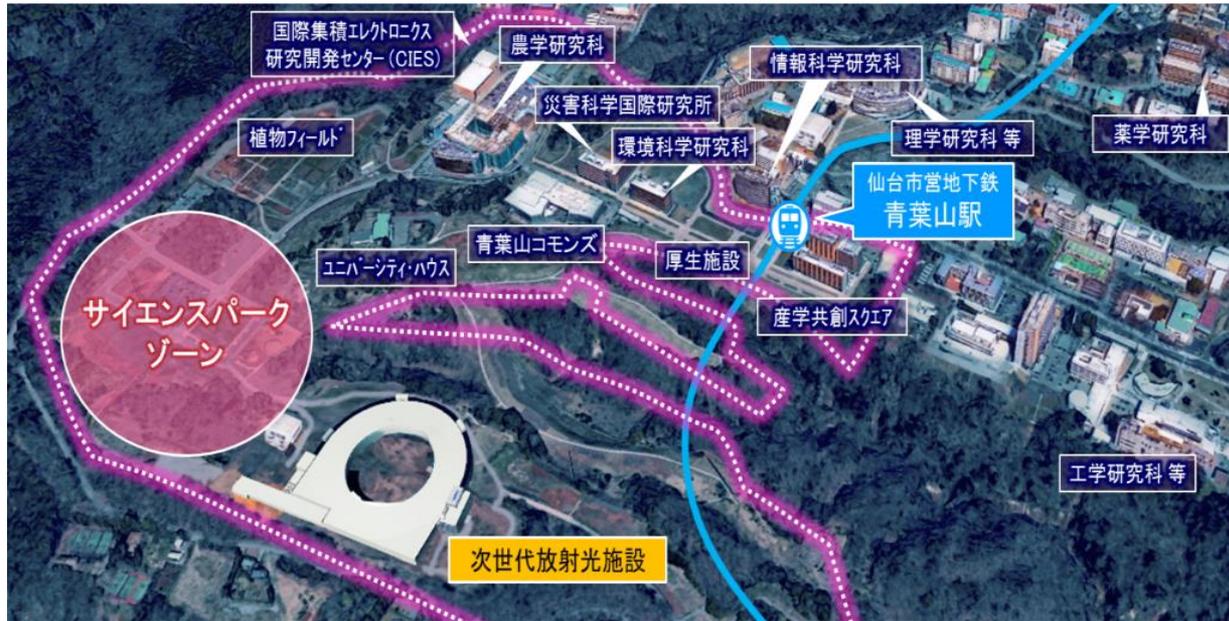
次世代放射光プロジェクトの 概要及び進捗状況

量子科学技術研究開発機構（量研：QST）

次世代放射光施設整備開発センター

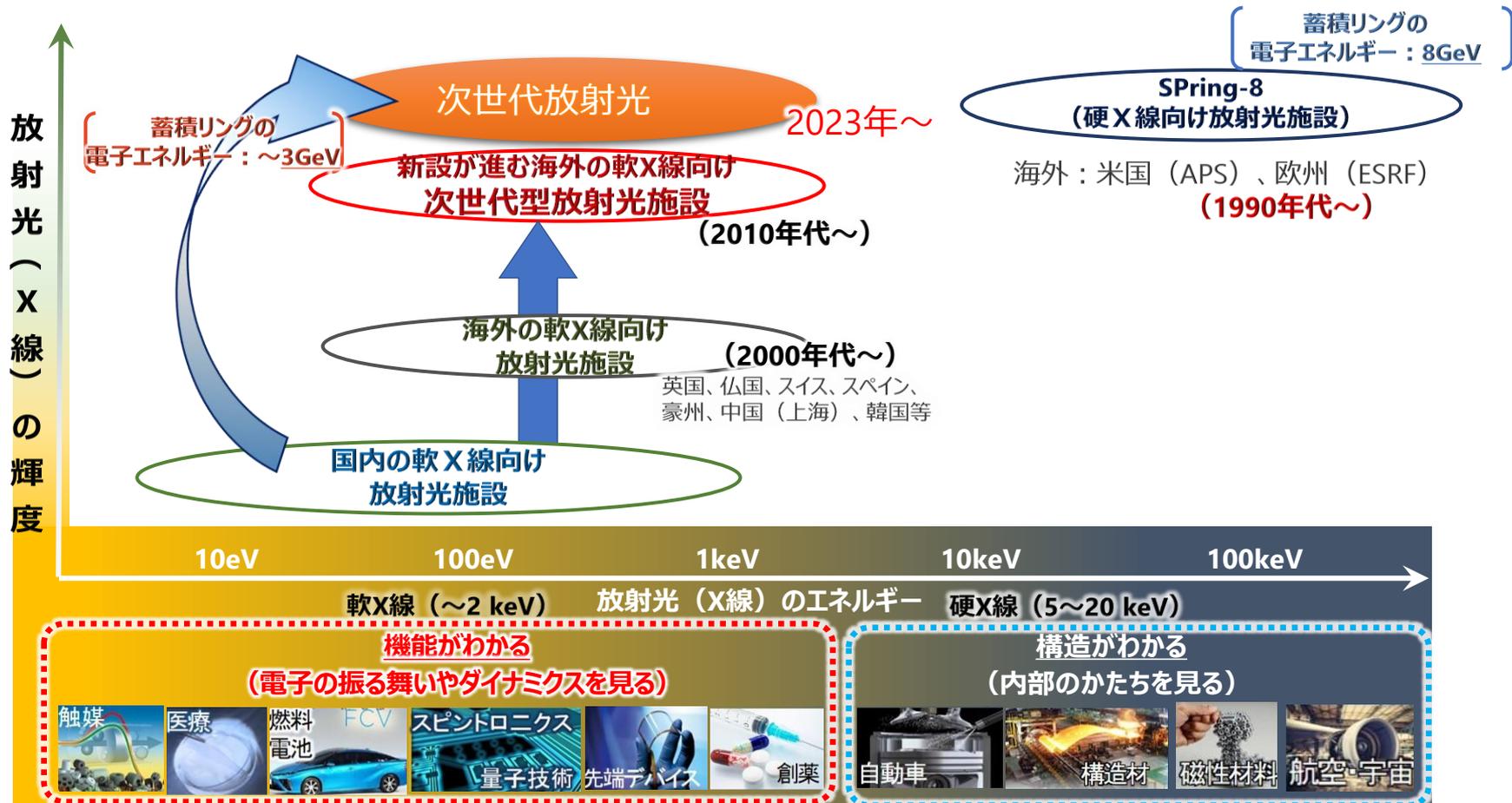
内海 渉

次世代放射光施設 立地場所 東北大学青葉山新キャンパス



2018年秋

次世代放射光施設の目指すもの



- 1) 先端性と安定性を兼ね備えたコンパクトな高輝度3GeV放射光源を整備し、放射光による世界レベルの**最先端学術研究**及び**多彩な産業利用**成果を創出する。
- 2) 国内の他放射光施設との役割分担や相補性を考慮し、「**軟X線**、コヒーレント光利用研究の促進」、「**本格的産学連携**」の推進、産業利用の拡大、「汎用測定の高スループット化」などに重きを置いた整備運用を行う。

年月	国	東北
2011		東北放射光施設検討会有志による放射光施設構想の趣意書
2014		東北放射光施設推進協議会設立 名称: SLiT-J
2016. 6		SLiT-J国際評価委員会
7		SLiT-J「エンドステーションデザインコンペ」公募
11	文科省第1回「量子ビーム利用推進小委員会」	
12		光科学イノベーションセンター(PhoSIC)設立
2017. 2	量子ビーム小委員会中間的整理	
4		建設地選定諮問委員会が「東北大学青葉山新キャンパス」を最適地であると財団に答申
7	量研を「計画案の検討を行う」主体候補」に認定	
2018. 1	量子ビーム小委員会最終報告書、パートナー提案募集開始	パートナー公募に応募
7	光科学イノベーションセンター（代表機関）、宮城県、仙台市、東北大学、東経連がパートナーとして選定	
9	量研と光科学イノベーションセンターが、連携協力協定締結	
9		PhoSIC「ビームライン構想委員会」報告書（初期ビームライン答申）
11	次世代放射光施設シンポジウム共同開催	
12	施設整備予算の閣議決定	
	「次世代放射光施設BL検討委員会」設置	
2019. 6	次世代放射光施設BL検討委員会報告書（1）	
6	「次世代放射光施設利用研究検討委員会」設置	

(官)

国

「整備運用を進める
国の主体」を指名

国立研究開発法人
量子科学技術研究
開発機構

↑ ↓ 連携協力協定

(理化学研究所)
(JASRI)
(KEK)



(民・地域)

パートナー

2018年7月
公募により選定

一般財団法人
光科学イノベーションセンター
(代表機関)

↑ ↓ 連携協力協定

(JASRI)
(KEK)

宮城県
仙台市

国立大学法人 東北大学
東北経済連合会

2018年9月
連携協力協定締結

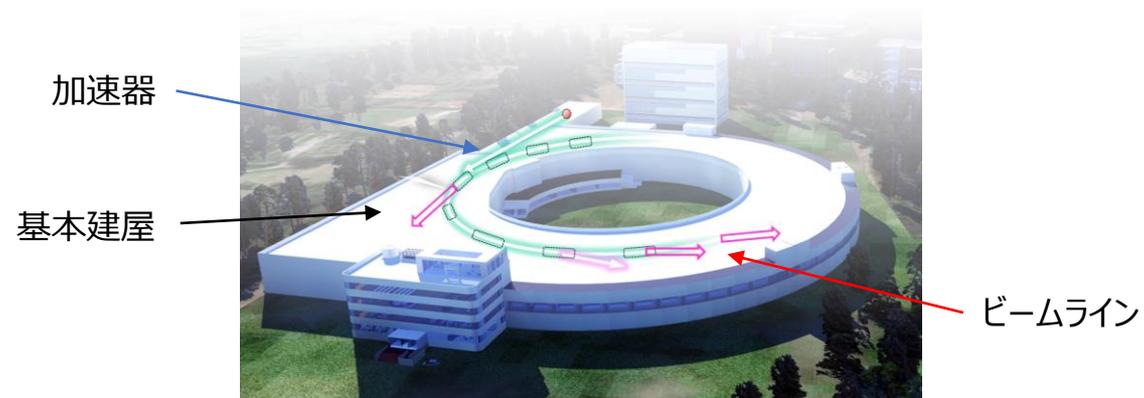


官民地域パートナーシップによる整備役割分担

項目	内訳	役割分担
加速器	ライナック、蓄積リング、輸送系、制御・安全	国において整備
ビームライン	当初10本 (国：3本 パートナー：7本)	国及びパートナーが分担
基本建屋 (研究準備交流棟 機能を含む)	建物・附属設備	パートナーが整備
整備用地	用地取得・造成	

総額：約370億円（国負担：約200億円、パートナー負担：約170億円）

※整備期間中の業務実施費（建設工程の管理、事務管理費等）は除く



次世代放射光施設の整備スケジュール

○国において整備

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
加速器 (ライナック及び蓄積リング)	施設の調査/加速器開発						
	蓄積リングの磁石セル製作	整備着手	入射器(ライナック)製作		(据付・調整)		ファーストビーム
			蓄積リング製作		(据付・調整)		<共用開始>
				ライナック・蓄積リング輸送系			
			制御・安全装置				
ビームライン (3本)		仕様検討					

設置開始

整備着手

ファーストビーム

<共用開始>

○パートナーにおいて整備

基本建屋		設計	建設				
ビームライン (7本)		仕様検討					<共用開始>
土地造成							

建設開始

造成開始

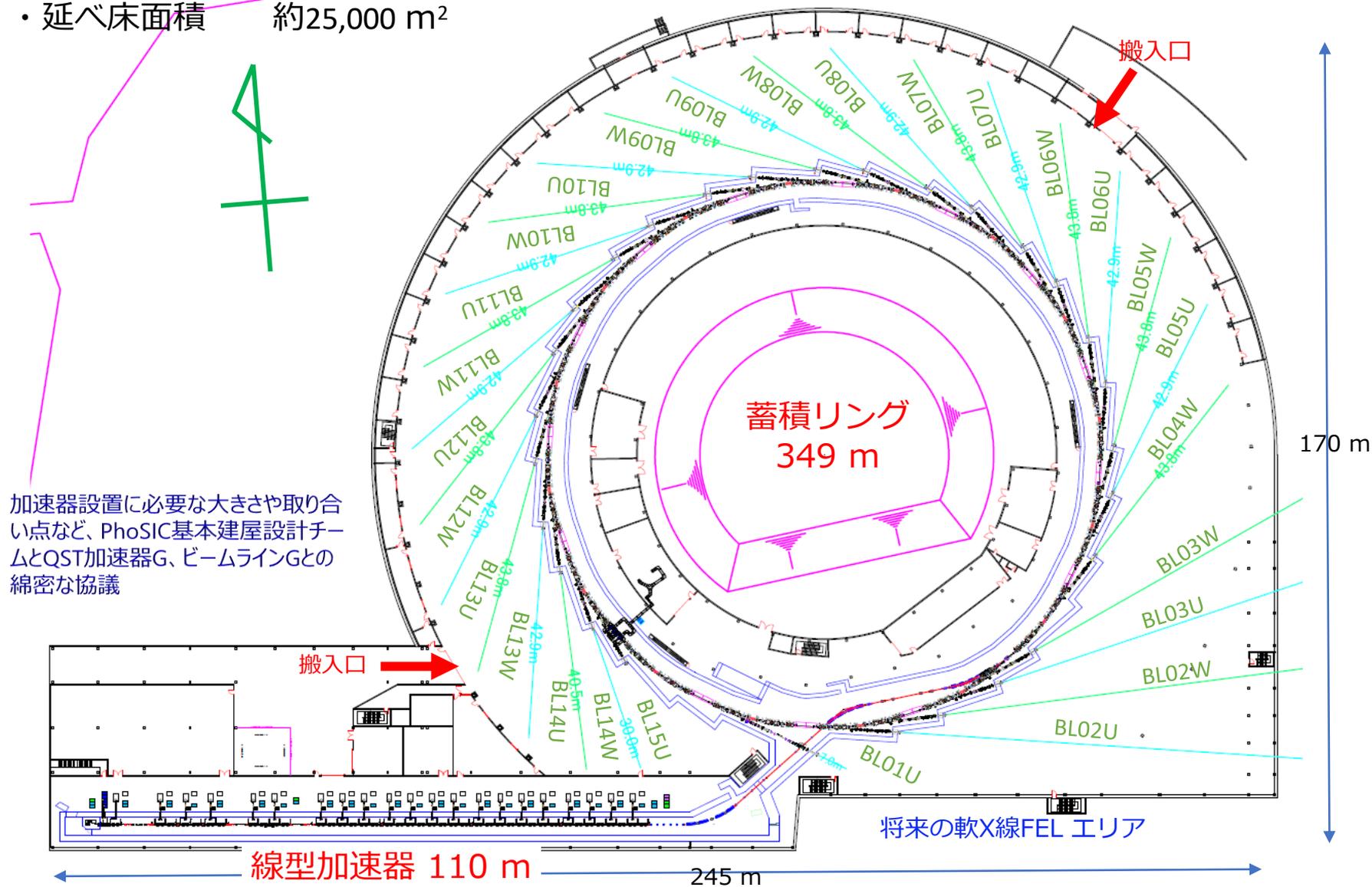
土地造成の状況



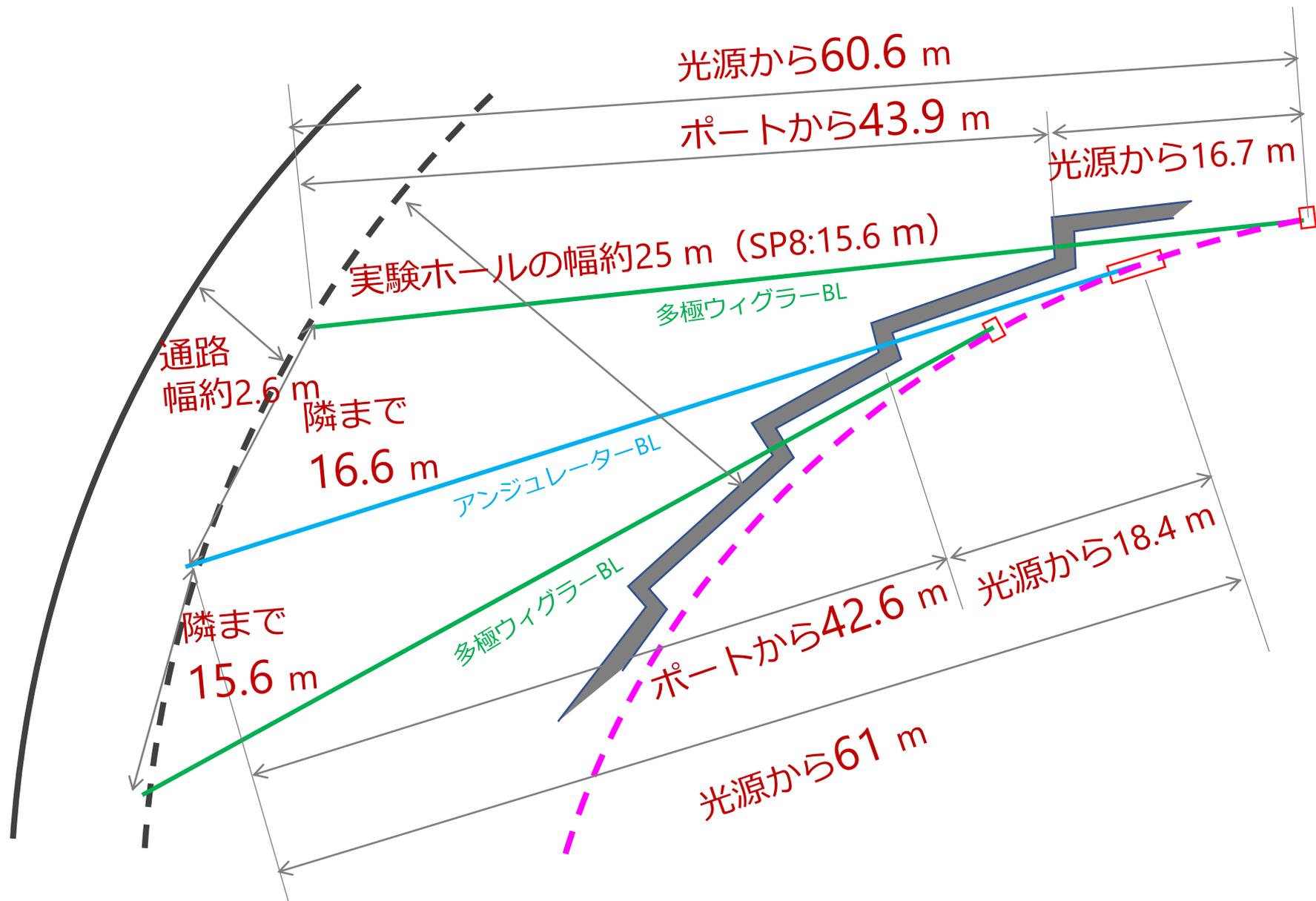
2019/11/29 撮影
光イノベーションセンター提供

基本建屋の設計 (光イノベーションセンター担当)

- 地上2階、地下1階、鉄骨造
- 延べ床面積 約25,000 m²



実験ホールのスペース



基本建屋建築工事入札

令和元年12月18日
(一財)光科学イノベーションセンター

次世代放射光施設基本建屋建築工事の入札について

このたび、(一財)光科学イノベーションセンター(以下当財団)では次世代放射光施設の基本建屋建築工事に関する入札を実施することといたしましたのでお知らせいたします。

当財団は平成30年7月に文部科学省より「次世代放射光施設官民地域パートナーシップ具体化のためのパートナー」に選定された後、地域側のパートナーである宮城県、仙台市、東北大学、東北経済連合会と密接に連携するとともに、国側の整備運用主体である国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(以下 QST)とも基本協定を締結するなど連携を深めながら、東北大学青葉山新キャンパス内への施設整備に向けた取り組みを進めてきたところです。

具体的には、平成30年10月に基本建屋の設計業務を(株)日建設計に委託。QSTをはじめ関係機関の協力の下、平成31年3月末までに基本設計の取りまとめを終了。その後、詳細な実施設計に入り、現時点においてほぼ完了いたしました。

一方、平成31年3月には基本建屋の敷地造成工事に着工。工事は無事故無災害で順調に進捗し、令和元年11月末現在で敷地造成工事の工事進捗率は約45%となっております。

こうした中、諸準備が整ったことから、今般、基本建屋建築工事に関する入札を実施することとしたものです。

今回整備する基本建屋にはライナック、蓄積リング、ビームライン等主要な機器の設置スペースをはじめ、事務室、施設利用者の交流スペース、実験準備室等を整備することとしており、令和4年度末の竣工を目指し、本年内に入札公告を開始し、一般競争入札を経て来年3月に請負契約を締結するものであります。

当財団としては、今回の入札に係る業務・手続き等を公平性・透明性の確保に留意しつつ円滑に実施するとともに、今後とも関係諸機関と密接に連携しながら次世代放射光施設の整備に向けて、さらに取組みを進めていくこととしています。

建築工事の概要、今後のスケジュール等については招付資料の通りです。

以上

- ・ 工事請負の入札公告 令和元年12月23日
- ・ 工事の請負契約 令和2年3月中～下旬
- ・ 建屋工事の着工 工事請負契約後速やかに



(財)光イノベーションセンター提供

令和元年11月29日撮影



(財)光イノベーションセンター提供

完成予想図

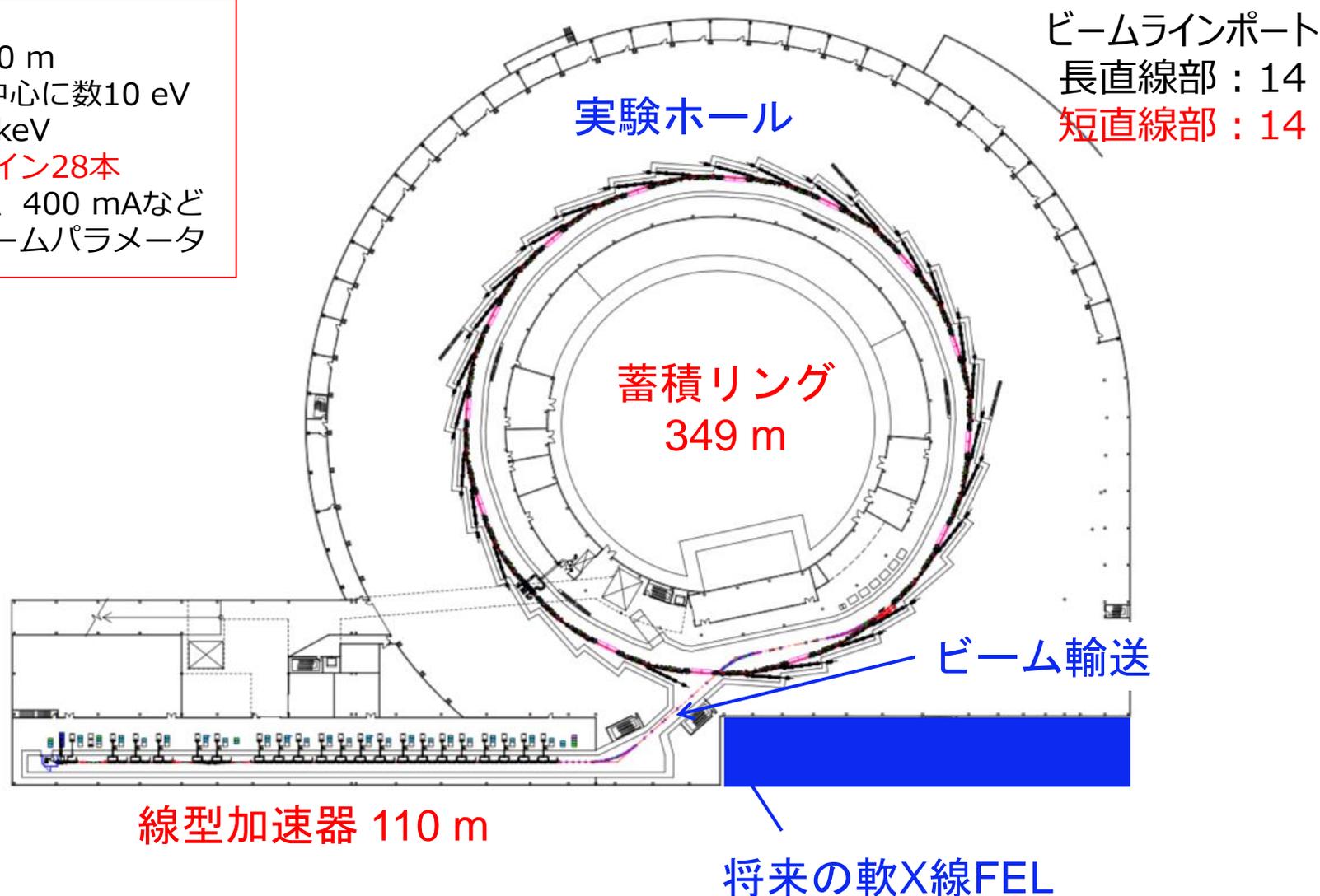


エントランス周辺イメージ

加速器全体概要

境界条件

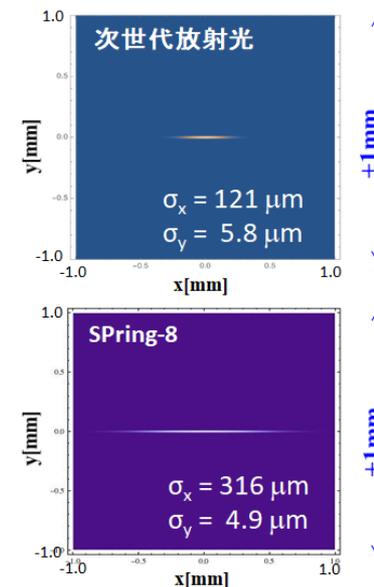
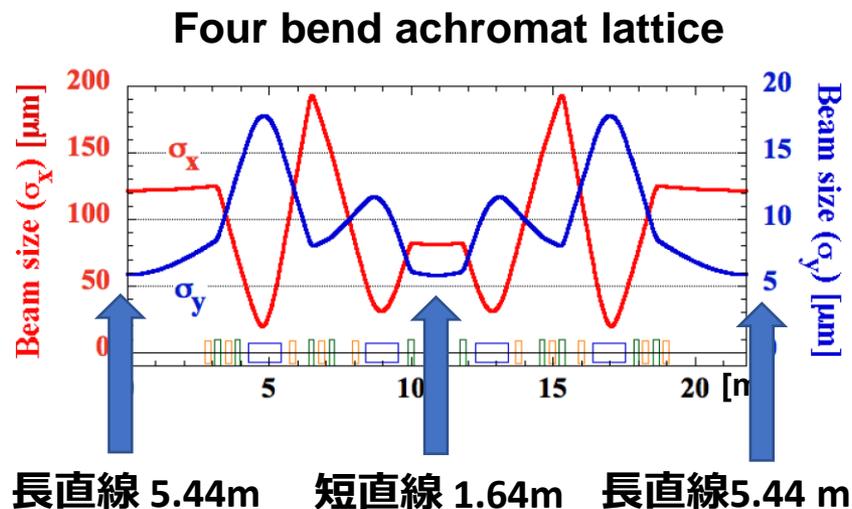
- 周長約350 m
- 軟X線を中心に数10 eV ~ 数100 keV
- **ビームライン28本**
- 1 nrad、400 mAなどの電子ビームパラメータ



- 軟～テnder X線領域においてSPring-8の輝度を大幅に凌駕する高輝度光源を周長350m以下で実現
- 理研/JASRIの協力により、SPring-8,SACLAで得られた知見・技術を最大限に活用

加速器の設計

	次世代放射光施設		SPring-8
	小委員会報告書	設計	
加速器エネルギー	3 GeV	2.998 GeV	8 GeV
蓄積電流	400~600 mA	400 mA	100 mA
リング周長	325~425 m 程度	348.8 m	1436 m
セル数		16	44
エミッタンス	1 nmrad 程度	1.14 nmrad	2.4 nmrad
消費電力		5 MW	40 MW
最大ビームライン数	25 本程度	28 本	63 本

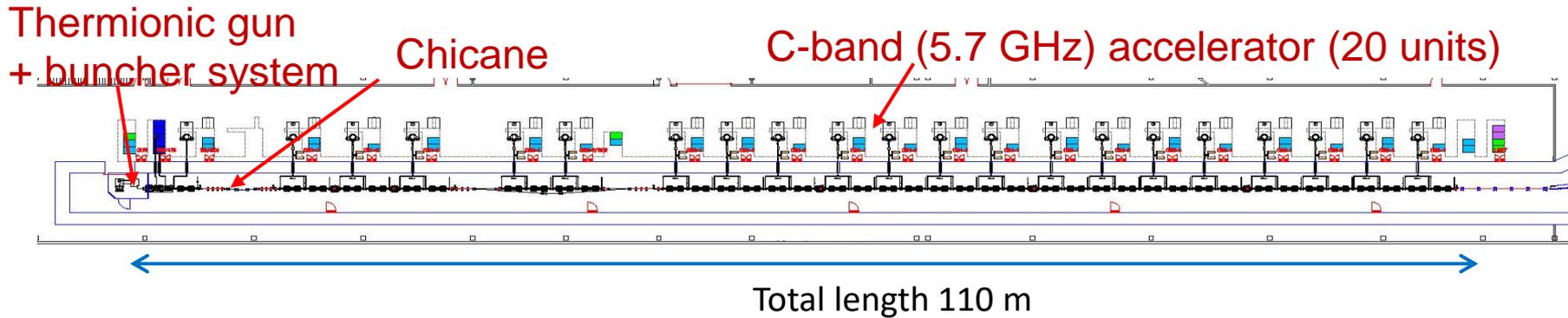


加速器の設計を終了し、電子銃、主加速部、磁石、電源など、各要素機器の製作の発注契約へ

3GeV storage ring parameters

Lattice parameter		
Beam energy	E (GeV)	2.998
Lattice structure		4bend achromat
Circumference	C (m)	348.8432
Number of cells	N_s	16
Long straight section	(m)	5.4400×16
Short straight section	(m)	1.6427×16
Betatron tune	x / y	28.17 / 9.23
Natural chromaticity	x / y	-60.50 / -40.99
Natural horizontal emittance	(nmrad)	1.14
Momentum compaction factor	α	0.000433
Natural energy spread	$\sigma E/E$ (%)	0.0843
Lattice functions at LSS	$\beta_x / \beta_y / \eta_x$ (m)	13.0 / 3.0 / 0.0
Lattice functions at SSS	$\beta_x / \beta_y / \eta_x$ (m)	4.08 / 2.962 / 0.052
Damping partition number	J_x / J_s	1.389 / 1.611
Damping time	$\tau_x / \tau_y / \tau_s$ (ms)	8.091 / 11.238 / 6.976
Energy loss in bends	(MeV/turn)	0.621
RF frequency	(MHz)	508.75905
Harmonic number	h	592
Beam size at long straight	σ_x / σ_y	121/5.8

Full-energy injector linac



Linac parameters

Beam energy	E (GeV)	2.998
Normalized emittance	(μmrad)	<10
Emittance at 3 GeV	(nmrad)	<1.7
Bunch charge	(nC)	0.3
Bunch length FWHM	(ps)	5
Energy spread FWHM	(%)	0.16
Repetition rate (Normal)	(Hz)	1
(RF conditioning/FEL)		25

加速器の詳細については、

8E002 3 GeV次世代放射光システムの整備状況： 西森信行、渡部貴宏、田中均

12日 17:00 E会場

ビームラインの検討 国とパートナーの整備分担

- ・当初段階として、（28本中）10本のビームラインを建設。
- ・光イノベーションセンター（PhoSIC）が7本、国（量研）が3本の予定。

ビームタイム配分のイメージ

量研が共用法に基づき
整備する共用ビームラ
イン
(3本)



PhoSICが整備する
ビームライン
(7本)



■ ■ の比率は今後の協議による

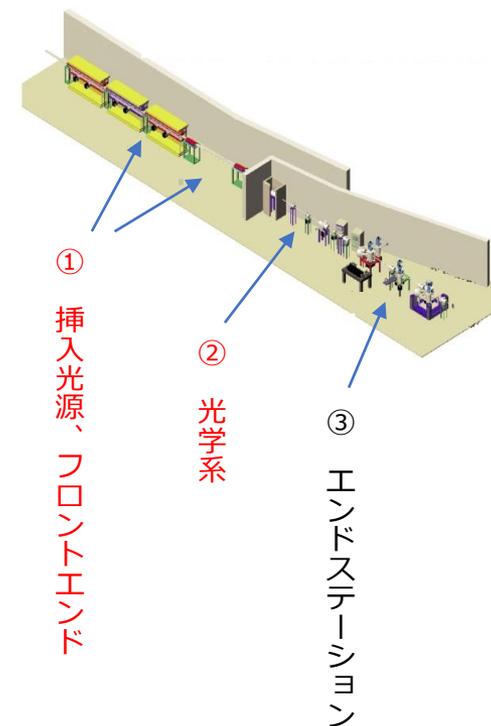
■ 共用ビームタイム（原則として、課題公募、成果公開に基づく）

■ コウリションコンセプトに基づき、パートナー機関が自主運用するビームタイム

年月	国	東北
2011		東北放射光施設検討会有志による放射光施設構想の趣意書
2014		東北放射光施設推進協議会設立 名称: SLiT-J
2016. 6		SLiT-J国際評価委員会
7		SLiT-J「エンドステーションデザインコンペ」公募
11	文科省第1回「量子ビーム利用推進小委員会」	
12		光科学イノベーションセンター(PhoSIC)設立
2017. 2	量子ビーム小委員会中間的整理	
4		建設地選定諮問委員会が「東北大学青葉山新キャンパス」を最適地であると財団に答申
7	量研を「計画案の検討を行う」主体候補」に認定	
2018. 1	量子ビーム小委員会最終報告書、パートナー提案募集開始	パートナー公募に応募
7	光科学イノベーションセンター（代表機関）、宮城県、仙台市、東北大学、東経連がパートナーとして選定	
9	量研と光科学イノベーションセンターが、連携協力協定締結	
9		PhoSIC「ビームライン構想委員会」報告書（初期ビームライン答申）
11	次世代放射光施設シンポジウム共同開催	
12	施設整備予算の閣議決定	
	「次世代放射光施設BL検討委員会」設置	
2019. 6	次世代放射光施設BL検討委員会報告書（1）	
6	「次世代放射光施設利用研究検討委員会」設置	

「次世代放射光施設ビームライン検討委員会」

- ・量研とPhoSICの「連携協力協定」に基づき、「次世代放射光施設ビームライン検討委員会」
 (委員長 **有馬孝尚東大教授**、委員14名) を設置 (2018年12月)
- ・2018年12月～19年5月の間に4回の委員会を開催し、①挿入光源やビームライン光学系に関する技術課題の検討及び標準化、②初期整備10本のビームライン概要を決定
- ・「ビームラインに関する意見募集」を実施 (2018年12月26日～19年2月15日)
 - (1) 国が整備するビームラインとして、具体的な利用、研究活動を踏まえたビームラインの種類、諸元、性能等についてどのようなものが求められるかについての**具体的なご提案**あるいはご意見
 - (2) パートナーが整備するビームラインに関する、光科学イノベーションセンターの諮問機関「ビームライン構想委員会」報告書に関するご意見・ご要望
- ・パートナービームラインについては、「ビームライン構想委員会」報告書を出発点とし、技術的観点などを踏まえて、合理的に実現できるビームライン編成を検討
- ・国ビームラインについては、国の量子ビーム小委員会での検討を踏まえつつ、海外施設の動向、意見募集に寄せられた**具体的ビームライン提案**などを参考に、**新たな検討**を実施



	2018年 11月	12月	2019年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
ビーム ライン 検討		▼ 第1回BL 検討委員会	▼ 第2回BL 検討委員会	▼ 第3回BL 検討委員会	▼ 第4回BL 検討委員会 (報告取纏)	▼ 量子ビーム 小委員会	▼ 「次世代放射光施設利用検討委員会」				
	▲ 次世代放射光 施設シンポジウム (25日)	▲ 第3回コウリシヨ ン コンファレンス (19日)	▲ 放射光学会 企画セッション (11日)				▲ ト ライ ン の ビ ーム グ ル ー プ		▲ BL基本設計		
		▲ ビームラインに関する 意見募集									

意見募集に寄せられた国ビームライン提案

ビームラインタイトル	概要
ナノ集光スピン分極ARPES実験ステーション【ARPES】	物質の電子構造(エネルギーと運動量の関係)を直接観測可能な角度分解光電子分光(ARPES)を基軸として、電子のスピン状態を分解し、更にはナノ集光した励起光源を用いることで実空間分解をも可能とする「ナノ集光スピン分解ARPES」を開発し、電子相分離、ドメイン、エッジ状態など、未開拓分野の物性研究を可能とする実験ステーションを提案する。
先端材料開発のためのナノスピン電子状態解析ビームライン【AREPS】	近年、鉄系高温超伝導体、グラフェン、トポロジカル絶縁体に代表される高機能先端材料の発見が相次いでおり、新規物性開拓やデバイス応用へ向けた研究が急ピッチで進められている。多くの材料科学および先端分光研究者の賛同のもと、先端材料開発のためのナノスピン電子状態解析ビームラインを提案する。
磁性・スピントロニクス材料科学ビームライン【MCD】	磁性・スピントロニクス材料科学研究を主眼とした軟X線ビームライン（以下、本ビームライン）を提案する。今後の磁性・スピントロニクス材料やデバイスの多元素化や多積層化に応じて、それらを分離して計測できる元素選択的な軟X線分光の重要性はますます高まる。本提案では、当該研究の将来の発展を見据え、次世代放射光の高輝度性を活かして、以下のニーズに応えられる新しい(1)計測技術や(2)分光手法を整備した革新的なビームラインを目指す。
超高エネルギー分解・運動量分解共鳴非弾性軟X線散乱ビームライン【RIXS】	次世代放射光施設による光源性能の向上の中でも、特に軟X線領域での性能向上を活用し、超高エネルギー分解かつ運動量分解が可能な共鳴非弾性軟X線散乱（軟X線RIXS）を開発し、最先端の学術・産業研究を追求するビームラインを提案する。
ガンマ量子の基礎・応用研究ビームライン【コンプトン散乱】	ガンマ線領域の光子「ガンマ量子」の本質及び物質との相互作用を研究し、ガンマ線のあらたな産業利用を切り開くことを目的とし、次世代放射光施設に、大強度レーザーコンプトン散乱ガンマ線（LCS- γ ）ビームラインを設置することを提案する。

第1期整備ビームラインラインアップ (PhoSIC整備BL)

所掌	BL 番号	名称	計測手法例*)	光源	エネルギー (偏光)	エネルギー 分解能	ビーム サイズ
パートナー	BL-I	X線オペランド分光	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大気圧X線光電子分光 ・ 大気圧X線吸収端微細構造分光 ・ X線回折 	IVU	2-20 keV (水平直線)	E/ Δ E=7,000	100 nm
	BL-II	X線構造・電子状態トータル解析	<ul style="list-style-type: none"> ・ 走査型透過X線顕微鏡 ・ X線小角・広角散乱 ・ X線吸収端微細構造分光 	MPW	2-20 keV (水平直線)	E/ Δ E=7,000	50 μ m
	BL-III	X線階層的構造解析	<ul style="list-style-type: none"> ・ 吸収・位相イメージング ・ 走査型蛍光イメージング ・ X線回折・散乱 ・ 蛍光X線ホログラフィー 	MPW	4.4-30 keV (水平直線)	E/ Δ E=7,000	50 μ m
	BL-IV	X線コヒーレントイメージング	<ul style="list-style-type: none"> ・ コヒーレント回折イメージング ・ タイコグラフィー ・ タイコグラフィー-X線吸収端微細構造分光 	IVU	3.1-20 keV (左右円) 2-20 keV (水平直線) 3.1-20 keV (垂直直線)	E/ Δ E=7,000	50 μ m (非集光) 100 nm (集光)
	BL-V	軟X線磁気イメージング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 位相イメージング ・ 走査型透過吸収イメージング ・ 走査型蛍光イメージング ・ 磁気イメージング ・ 円二色性 ・ X線磁気円二色性 ・ X線磁気線二色性 ・ X線磁気光学カー効果 	APPLE-SX	0.18-1.2 keV (左右円) 0.13-2 keV (水平直線) 0.23-2 keV (垂直直線)	E/ Δ E=10,000-30,000	< 50 nm
	BL-VI	軟X線電子状態解析	<ul style="list-style-type: none"> ・ ナノ光電子分光 ・ 共鳴非弾性X線散乱 	APPLE-EUV	0.05-1.0 keV (水平直線) 0.05-1.0 keV (垂直直線)	E/ Δ E=10,000-30,000	< 50 nm
	BL-VII	軟X線オペランド分光	<ul style="list-style-type: none"> ・ 準大気圧X線光電子分光 ・ 準大気圧X線吸収微細構造分光 ・ 軟X線光電子分光 	APPLE-SX	0.13-2 keV (水平直線) 0.23-2 keV (垂直直線)	E/ Δ E=10,000-30,000	< 50 nm

第1期整備ビームラインラインアップ（量研整備BL）

所掌	BL 番号	名称	計測手法例*)	光源	エネルギー (偏光)	エネルギー分解 能	ビーム サイズ
国 (共用)	BL-VIII	軟X線ナノ光電子分光	・ ナノスピン分解光電子分光	APPLE-EUV	0.05-1.0 keV (左右円) 0.05-1.0 keV (水平直線) 0.05-1.0 keV (垂直直線)	E/ Δ E= 10,000- 30,000	50 nm- 10 μ m
	BL-IX	軟X線ナノ吸収分光	・ X線吸収分光 ・ X線磁気円二色性 ・ X線磁気線二色性 ・ X線磁気光学カー効果 ・ X線線二色性 ・ X線強磁性共鳴	分割APPLE-SX	0.18-2 keV (左右円) 0.13-2 keV (水平直線) 0.18-2keV (垂直直線) [偏光高速切替]	E/ Δ E >10,000	50 nm- 10 μ m
	BL-X	軟X線超高分解能共鳴非弾性散乱	・ 超高分解能共鳴非弾性X線散乱 ・ 軟X線非弾性回折	APPLE-SX	0.25-1.0 keV (左右円) 0.25-1.0 keV (水平直線) 0.25-1.0 keV (垂直直線)	E/ Δ E >150,000	< 500 nm

*) ここに挙げた計測手法はあくまで例示であり、各ビームラインの実際の用途については、今後別途検討がおこなわれる

https://www.3gev.qst.go.jp/BL_report.html

本企画講演

「次世代放射光の光源・光学系」

高橋正光（量子科学技術研究開発機構）

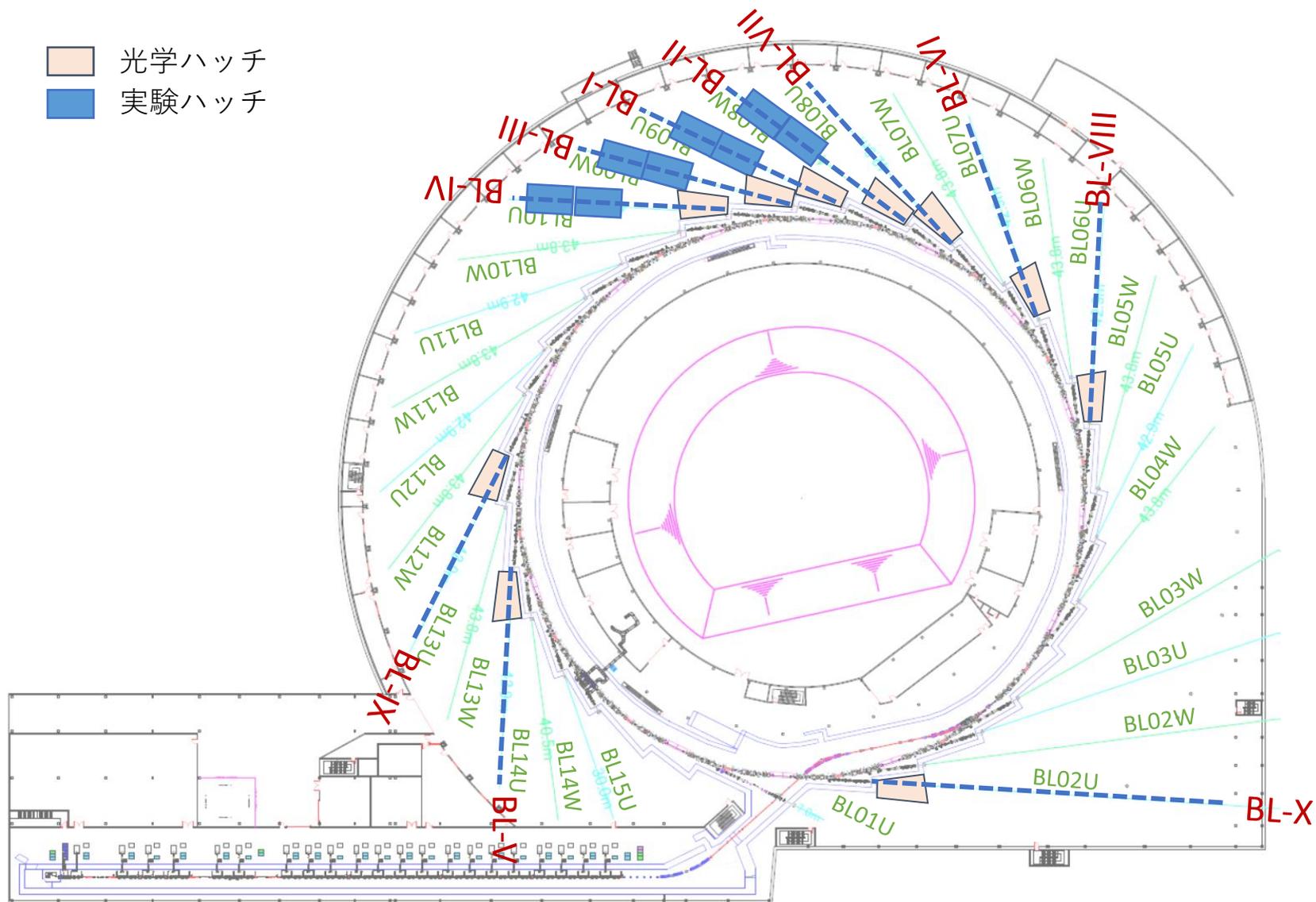
「次世代放射光施設ビームライン構想

ーコンセプトと第1期整備ビームラインラインアップー」

有馬孝尚（東大/理研/BL検討委員会委員長）

ビームライン配置 (案)

- 光学ハッチ
- 実験ハッチ



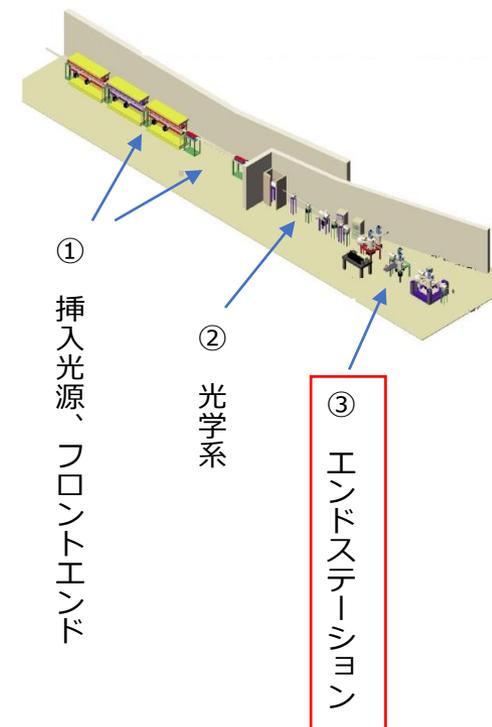
「次世代放射光施設利用検討委員会」

・次世代放射光施設を利用して最先端科学を推進するための研究課題等について、大学や国研等から広くご意見を得つつ検討を行うため、「次世代放射光施設利用研究検討委員会」を設置する。

・QST量子ビーム科学部門長が指名する役職員及び部門長が委嘱する外部有識者をもって構成。（**委員長 雨宮慶幸** **JASRI理事長**、委員18名）を設置（2019年6月）

・量研が整備する3本のビームラインについて、意見公募に対する提案書をベースに、より具体化した最先端研究の目標設定およびそのためのエンドステーションの仕様等を検討する。

・「ビームライン検討委員会」による光源、光学系の検討内容と「利用検討委員会」でのエンドステーションの検討内容は、ビームライン基本設計における重要な指針となる。



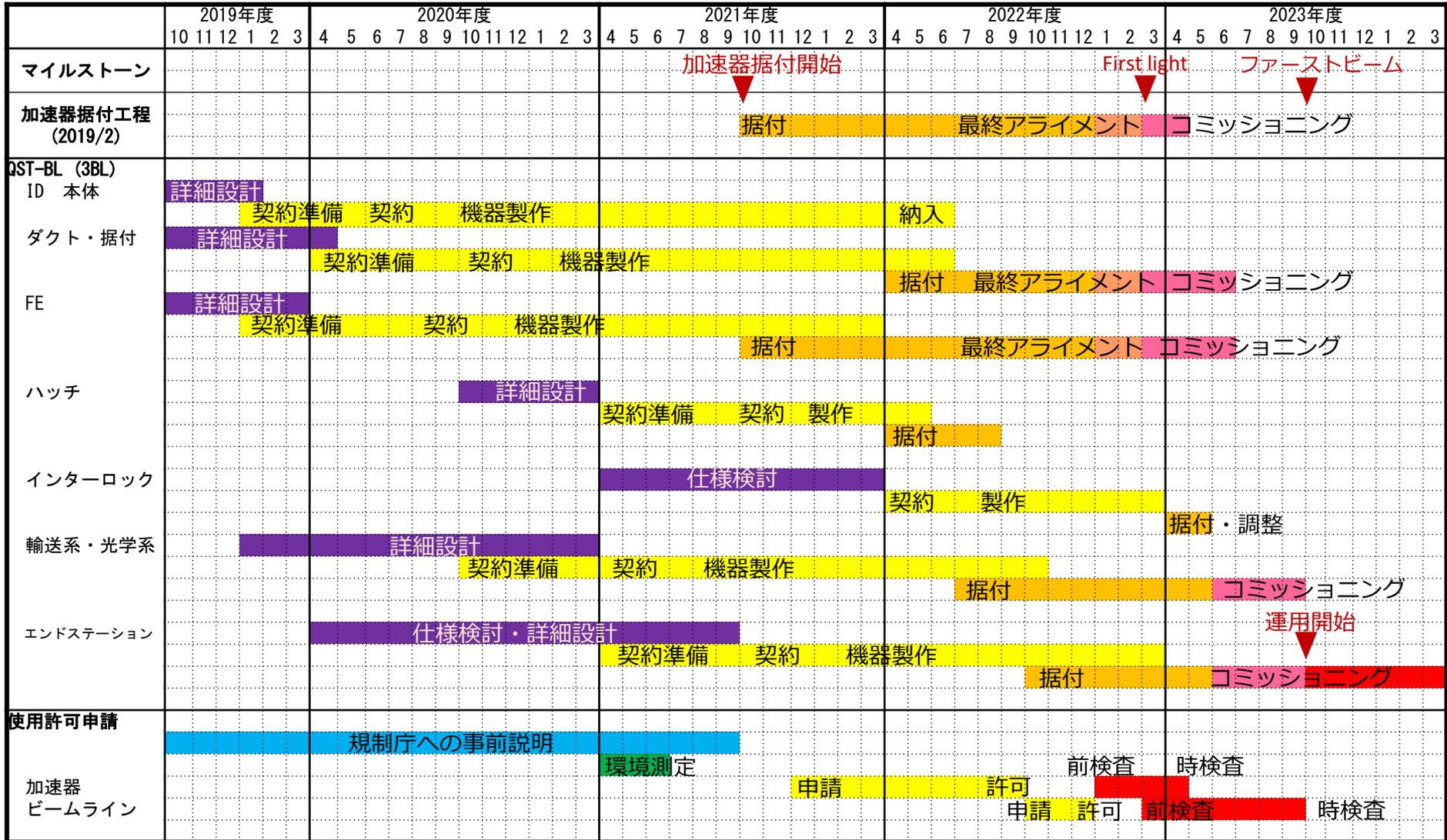
本企画講演

「共用ビームライン（3本）の整備構想」

雨宮慶幸（JASRI/利用研究検討委員会委員長）

ビームライン建設スケジュール

2019/12/02版



量研 次世代放射光施設整備開発センター

量子医学・医療部門

核融合エネルギー部門

量子ビーム科学部門

高崎量子応用研究所

関西光科学研究所



次世代放射光施設整備開発センター(2018年12月1日発足) (本拠地：播磨)

センター長：内海 渉 (播磨)

副センター長：坂口昭一郎 (東京) 副センター長：小西啓之 (播磨)

次長：吉川 博 (東京) 次長：鈴木昇 (東京) 総括参事：鈴木國弘 (東京)

計画管理グループ GL：加道雅孝 (播磨)

嶋田義清 (東京)、伊藤聖矢 (播磨)

派遣 1、併任 2 (東京、木津)

加速器グループ GL：田中均 (客員(理研)播磨)

研究統括：西森信行 (播磨)、保坂勇志 (播磨)

JASRIからのコアポ 12名 (エフォート率合計2名分)

恵郷博文 (客員(KEK))、派遣 2、業務委託 3

ビームライングループ GL：高橋正光 (播磨)

今園孝志 (播磨)、藤井健太郎 (播磨)、安居院あかね (播磨)

合計36名 (主務11、併任2、任期制4、客員2、コアポ12、派遣3、業務委託2)

2019年12月16日現在

進捗状況

- 土地造成進行中（進捗率 約50%）
- 基本建屋詳細設計終了
- 基本建屋建設工事入札手続き開始（今春建設開始）
- 加速器設計終了 主要コンポーネント今年度内契約
- 第1期整備ビームラインラインアップ決定
- 量研（3本） PhoSIC（7本） の設計着手
- 放射線管理の基本方針について検討開始