



NanoTerasu

# NanoTerasu共用ビームライン整備検討委員会 中間とりまとめ報告

量子科学技術研究開発機構  
NanoTerasuセンター  
高橋正光

令和6年4月19日

# 目次

---

1. 委員会の目的及び開催状況
2. NanoTerasuビームラインの現状
3. 共用ビームライン増設検討にあたり考慮すべきポイント
4. 国内外の放射光施設の動向
5. 共用ビームライン増設
  - (1) 考慮した要素
  - (2) グループ分けと整備フェーズの考え方
  - (3) グループ1ビームライン選定の考え方
  - (4) グループ2ビームラインラインアップ
  - (5) グループ3ビームラインラインアップ
  - (6) グループ4ビームラインラインアップ
  - (7) R&Dビームライン
  - (8) 国が整備するNanoTerasuビームライン本数最終イメージ

# 1. 委員会の目的及び開催状況

## NanoTerasu共用ビームライン整備検討委員会の目的

- (1) 現在整備中の NanoTerasu における共用ビームラインのあり方、役割について、施設設置者である QST としてのビジョンを定めるにあたり、放射光分野の専門的見地から 提言をおこなう。
- (2) 上記ビジョンをふまえ、今後整備すべき新規ビームラインの候補をまとめる。

## 構成

量子科学技術研究開発機構（QST）量子技術基盤研究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する。

氏名	所属
原田 慈久 (委員長)	東京大学 物性研究所極限コヒーレント光科学研究センター 教授 同 シンクロトン放射光連携研究機構 機構長
朝倉 清高	北海道大学 触媒科学研究所 教授
雨宮 健太	高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 教授・副所長
金子 美智代	トヨタ自動車株式会社 電動化・環境材料技術部 材料基盤開発室 主査
解良 聡	自然科学研究機構 分子科学研究所 教授 同 極端紫外光研究施設 施設長
為則 雄祐	東京都立大学 総合研究推進機構 教授
西堀 英治	筑波大学 数理物質系物理学域 教授 同 エネルギー物質科学研究センター センター長
原田 昌彦	東北大学 大学院農学研究科 教授
松田 巖	東京大学 物性研究所極限コヒーレント光科学研究センター 教授
百生 敦	東北大学 多元物質科学研究所 教授
内海 渉	量研 次世代放射光施設整備開発センター センター長
高橋 正光	量研 次世代放射光施設整備開発センター 高輝度放射光研究開発部 次長
堀場 弘司	量研 次世代放射光施設整備開発センター 高輝度放射光研究開発部 ビームライングループ 上席研究員

## 開催日程及び主な議題

第1回 令和5年9月29日

- ・ナノテラスビームラインの状況について
- ・今後整備すべき共用BLの方針・諸条件について
- 他

第2回 令和5年11月15日

- ・産業利用からのコメント
- ・国の科学技術施策の動向
- ・国内外の放射光施設の動向
- ・ビームライン技術開発の動向 他

第3回 令和5年12月22日

- ・新規整備が望まれるビームラインについて
- 他

## 2. NanoTerasu ビームラインの現状

### 第1期整備 共用ビームライン (QSTが整備)

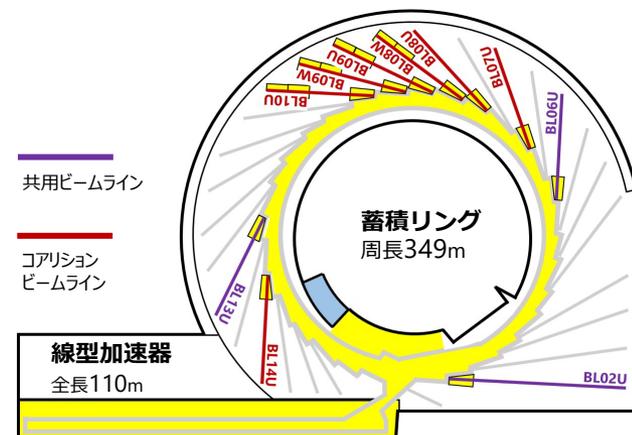
- ・世界トップクラスの性能
- ・科学の最先端領域を開拓
- ・高度な計測技術を探求

BL	目的	光源	エネルギー (eV)	主たる実験装置
BL02U	軟X線超高分解能共鳴非弾性散乱 (RIXS)	APPLE-II アンジュレータ	250-2000	2D-RIXS分光器
BL06U	軟X線ナノ光電子分光 (ARPES)	APPLE-II アンジュレータ	50-1000	ナノ集光スピン分解ARPES マイクロ集光高分解能ARPES
BL13U	軟X線ナノ吸収分光 (XMCD)	分割APPLE-II アンジュレータ	180-2850	強磁場装置 XFMR STXM

### 第1期整備 コアリジョンビームライン (地域パートナーが整備)

- ・現実の社会課題解決、重要政策目標への対応
- ・広範な分野での利活用
- ・データ科学などの異分野融合を課題解決型で

BL	目的	光源	エネルギー (eV)	主たる実験装置
BL07U	軟X線電子状態解析	APPLE-II アンジュレータ	50-1000	共鳴軟X線非弾性散乱 (RIXS) 軟X線吸収分光 (XAS) ナノX線光電子分光 (NanoESCA)
BL08U	軟X線オパランド分光	APPLE-II アンジュレータ	180-2000	雰囲気(軟X線)光電子分光 (AP-XPS) 高分解能(軟X線)光電子分光 (XPS) 汎用型nm~ $\mu$ m集光軟X線分光 (軟X線)吸収端近傍微細構造 (NEXAFS) インフオマティクス・ロボット制御
BL08W	構造解析	多極ウイグラ	2100-13000	X線吸収微細構造 (XAFS) 小角X線散乱 (SAXS) 広角X線散乱 (WAXD)
BL09U	X線オパランド分光	真空封止 アンジュレータ	2100-15000	硬X線光電子分光 (HAXPES)
BL09W	階層構造	多極ウイグラ	4400-30000	白色X線4DCT (サブミクロ) 白色X線イメージング (マイクロ秒) 単色X線CT 単色X線イメージング 分散型XAFS 分散型SXR
BL10U	X線コヒーレントイメージング	真空封止 アンジュレータ	2100-15000	コヒーレント回折イメージング (CDI) X線吸収微細構造 (XAFS) 結像型透過X線顕微鏡 (TXM) 走査型蛍光X線顕微鏡 (SXFEM) X線光子相関分光 (XPCS)
BL14U	軟X線イメージング	ツインヘリカル アンジュレータ	200-1400	軟X線イメージング (SXM, STXM) 軟X線吸収分光 (XAS) 軟X線磁気円二色性分光 (XMCD)



・残り18本のビームラインの早急な整備が必要。

・多くのユーザーに開かれた「共用施設」として、個々の研究者が自由に課題申請(利用)ができ、個人探求による科学技術・学術の最先端を切り拓く役割を担う「共用ビームライン」の数を増やすことが急務。

# 3. 共用ビームライン増設検討にあたり考慮すべきポイント

## (1) 残っているビームポート

### NanoTerasuには2つの強み

#### (1) アンジュレーター（長直線部）

- ・軟X線～テンドーX線領域における低エミッタンス光源。
- ・「先端性」を重視。NanoTerasu以外で実施した方が良いことはやるべきではない。

#### (2) 多極ウイグラー（短直線部）

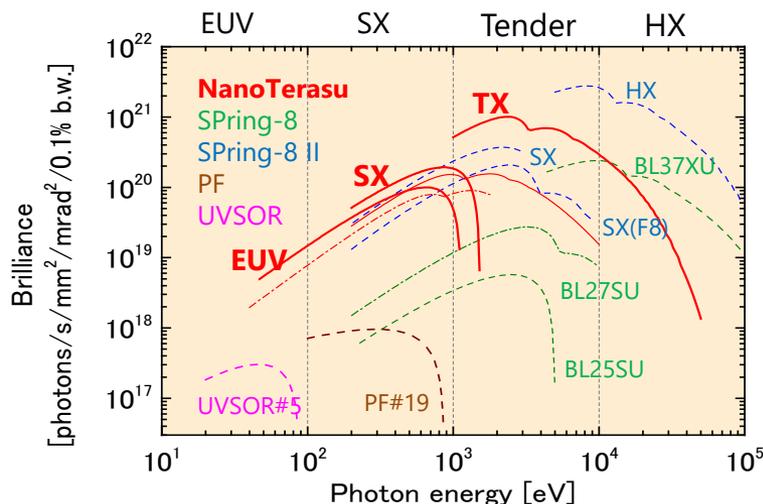
- ・3-10keV程度の領域に強みを持つ白色光源（SPring-8の偏向磁石光源の約10倍）。
- ・「汎用性」を重視。他施設と協調し、多くのユーザーニーズの受け皿の役割を担える。

残りポート数が多い、ウイグラー光源の有効活用が重要

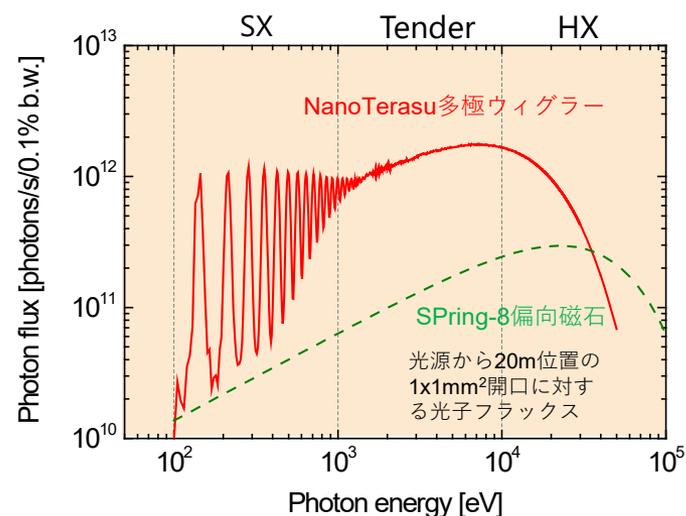
### NanoTerasu ビームラインポート数

BL		アンジュレーターポート数	ウイグラーポート数	合計ポート数
総数		14	14	28
第1期整備	共用	3	0	3
	コアリション	5	2	7
残り		<b>6</b>	<b>12</b>	<b>18</b>

### 準単色光源（アンジュレーター）



### 白色光源（多極ウイグラー）



# 3. 共用ビームライン増設検討にあたり考慮すべきポイント

## (2) 共用法適用施設、共用ビームライン

- ・「共用促進法」に基づく基準

  - 先端的な科学技術分野において比類のない性能（**先端性**）

  - 科学技術の広範な分野における多様な研究等に活用（**汎用性**）

    - （**先端性と汎用性のバランス**）

    - ビームライン性能（エネルギー、輝度、コヒーレント性など）が適切か

    - 科学技術の現状・将来性と合致しているか

    - 学術研究・産業利用の質and/or量が見込まれるか

- ・ 第1期整備ビームラインでは、コアリションビームライン7本に対して共用ビームラインが3本しかなく、幅広い分野にまたがる共用ユーザーのニーズをとらえきれていない。コアリションビームラインは、原則コアリションメンバーにのみ利用可能であることから、**幅広い利用者の共用の観点で存在した方がよいビームラインについては、コアリションビームラインあるいは既存ビームラインと被ることがあっても新たな共用ビームラインとして整備すべき。**
- ・ 現状技術で建設可能なもの、R&Dの見通しが立っているもの、Breakthroughを必要とするものなど、技術的課題を正確に把握した上で、整備計画を立てる必要。

# 3. 共用ビームライン増設検討にあたり考慮すべきポイント

## (3) ユーザーニーズ

### (a) これまでに行われた主なニーズ調査

- 次世代放射光施設に関するニーズ調査報告書（H26量子ビーム利用推進小委員会）  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shinkou/ryoushi/detail/1357031.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/ryoushi/detail/1357031.htm)
- ビームライン意見公募（H30次世代放射光施設ビームライン検討委員会）  
<https://www.qst.go.jp/site/3gev/41909.html>
- 利用ニーズアンケート調査（R4文部科学省研究環境課）
- **先端性よりむしろ汎用性を求める声も多い**

### (b) SPring-8における課題採択及び成果創出状況

- ビームラインごとの応募数と課題採択率（SPring-8/SACLA利用者情報）
- ビームラインごとの論文数及び被引用論文数
- **XAFS、XRD、イメージングの需要が多い。成果創出も期待される。**

### (c) 国の施策と放射光利用

- （国研）科学技術振興機構 研究開発戦略センターがとりまとめた研究開発の俯瞰報告書（2023年5月）から、重要な研究開発を「ICT・エレクトロニクス」「環境・エネルギー」「バイオ／ライフサイエンス・医療」の3領域に抽出・分類し、放射光分析の活用が期待される課題として整理。
- ICT・エレクトロニクス領域：先進半導体材料・デバイス技術、量子特有の性質の操作・制御・活用、ナノスケール高機能材料、等
- 環境・エネルギー領域：電気-物質エネルギー高度変換技術、マルチスケール熱制御技術、水素・アンモニアの大量製造/輸送技術・利用技術深化、等
- バイオ／ライフサイエンス・医療領域：生物機能を活かすハイブリッド材料、新しい医薬モダリティの創出、農業・生物生産の持続性向上、等
- **重要施策に必要な放射光の利用機会をタイムリーに確保できるようにすべき**

### 3. 共用ビームライン増設にあたり考慮すべきポイント

#### (4) 産業界からの要望

- ・SPring-8 等、他の放射光施設で行われている手法のレベルアップ  
(オペランド時間分解、空間分解、軽元素) × (高輝度、コヒーレンス性、テnder領域)  
手法としては新しいわけではないが、NanoTerasu だからこそ、このレベルまで計測できるという手法の確立を行い、共用化されることを期待。
- ・ニーズの高い解析手法の共用利用  
(in-situ、ナノビーム、高エネルギー領域) × (イメージング、XAFS、XRD、SAXS)  
産業界だけでなく全てのユーザーにとってニーズの高い解析手法は共用 BL として設置を希望。
- ・これまでなかった新規の手法開発
- ・コアリションビームラインは、加入金を収めた企業しか利用できず、高額な加入金負担が困難な中小企業やスタートアップにとっては非常にハードルが高い。NanoTerasuの産業利用を促進するために、共用ビームラインにおいては、特にこれらのユーザーにも配慮したラインアップや、利用制度の構築をお願いしたい。

(産業利用からのコメント)

## 4. 国内外施設の動向

---

### 海外施設のビームライン整備戦略

- フェーズごとに**段階的なビームライン整備計画**を立てている。
- 最初のフェーズで、**汎用性が高いビームラインや、確実性の高いビームラインの整備を優先**している例は、NanoTerasuの増設計画においても参考にするべき（DLS, SLS等）。
- **光子エネルギー2keVをまたぐ領域のビームラインはまだ未開拓**であり、R&Dが必要。

### 国内施設の動向

#### SPring-8-II

- アップグレードの軸は極小エミッタンス化（50 pm.rad）、電子の加速エネルギー低減（6GeV）、高エネルギーX線の輝度大幅な向上（>100倍）。
- 利用の方向性として、高空間分解能（1nm）と高透過力（高エネルギーX線）による非破壊ナノ計測及び高輝度性とDX利用による大量計測、ビッグデータ解析。
- **2027-2028に停止期間が想定。**

#### KEK-PF

- 広波長域軟X線ビームライン、開発研究多機能ビームライン、ハイブリッド光源を用いたマルチビーム実験施設等が建設中ないし検討中

#### UV-SOR

- ニーズプルによる光源開発、人材育成を推進

#### あいちシンクロトロン

- **硬X線のXAFSの利用要求が非常に多く**、それに応えるための高度化・高速化を計画。
- **イメージングの精度向上に対する要求が大きい**。高度化・高精度化を計画。

## 5. 共用ビームライン増設

### (1) 考慮した項目

- ・ 具体的な増設共用ビームラインのラインアップを検討するにあたり、考慮したポイントを以下の4項目に整理

#### 第1期整備共用ビームライン

##### 学術の最先端を開拓

- ・ 国内において続いていた空白状態を取り戻す世界基準の高輝度軟X線光源の早急な整備と高度な計測基盤の提供

## 増 設

#### 残りの空きポート早期整備で投資効率を最大化

##### ユーザーニーズ

- ・ NanoTerasu、SPring-8においても満たせないほどの需要が予想されるビームライン
- ・ 国際競争が激しい国の戦略分野において、**研究機会を奪わないよう早期整備**

##### 分野多様性

- ・ 研究活動を活性化し、多様な分野で高インパクトな研究を生み出せるビームライン
- ・ **半導体・デジタル産業、グリーンイノベーション、量子技術、バイオ・健康医療など国の戦略分野を加速すべく早期整備**

##### NanoTerasuの強み

- ・ 軟X線～テングーX線領域での**高輝度コヒーレント光源**
- ・ SPring-8等既存施設の偏向磁石光源の10倍の**3-10keV白色光源**

##### 新規性開拓

- ・ 量子技術など国の戦略分野の推進に必要とされる新たな先端計測を開拓する挑戦的ビームライン
- ・ **10年後を見据え、革新的な光源開発に早期着手**

# 6. 共用ビームライン増設

## (2) グループ分けと整備フェーズの考え方

- ・ 利用ニーズの大きさや社会的動向、技術開発状況などに鑑みて、ビームラインをいくつかのグループに分類し、整備フェーズを分けて進めていくことが重要。
- ・ SPring-8- II 改造による停止期間（2027年度想定）を考慮して、フェーズⅡにおいて需要の高いビームラインを早期整備する。

		フェーズⅠ 2019-2023	フェーズⅡ 2024-2027	フェーズⅢ 2028-2030	フェーズⅣ 2031-
<b>整備期 共用BL (グループ1)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国内における高輝度軟X線利用研究の空白状態の解消</li> <li>・ 軟X線分光の主要測定手法をカバー</li> </ul>	建設・整備	高度化		
<b>高ユーザー ニーズ共用BL (グループ2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 全ての研究者への利用機会、需要に応える測定基盤の提供</li> <li>・ 半導体・デジタルなど国の戦略分野における先端シーズ開拓に早期着手</li> </ul>		早期に実現が求められる計画 検討 建設・整備		
<b>応用拡大 共用BL (グループ3)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 拡大する応用範囲への対応</li> <li>・ フェーズⅡの実施状況を見つつ、フェーズで対応するべき応用範囲を見極める</li> </ul>		状況に応じ随時計画を見直し フィージビリティスタディ	建設・整備	
<b>先端利用 共用BL (グループ4)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術開発を要する先端的放射光利用</li> <li>・ マルチモーダル測定</li> </ul>		既存BLにおける技術開発		建設・整備
<b>R&amp;D BL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新しい放射光利用の地平を拓く</li> <li>・ フェーズⅡ～Ⅲにおいて、必要な研究開発に着手する</li> </ul>		研究開発	建設・整備	共用化

## 6. 共用ビームラインの増設

### (3) グループ2ビームライン選定の考え方

- 共用ビームラインの目的である、**個人探求型・シーズプッシュによる科学技術・学術の新しい研究分野の開拓**を可能にする、多くの利用者にかかれたビームラインを整備する。
- フェーズⅡにおいては、「**幅広い研究者への利用機会の提供及び需要増に答える測定基盤の整備**」を基本的指針とする。
- アンケート調査やSPring-8ビームラインの競争率の状況などから、**利用ニーズが非常に高く、すでに需要に対してビーム供給が不足している分野のビームライン整備を優先**させるべき。
- **ウィグラーポートの有効活用**を考えた場合、上記の利用ニーズの観点と合わせて、**放射光として汎用性の高いXAFS、X線回折、HAXPESのビームラインを、まず共用ビームラインとして早急に整備することが妥当**。これらは放射光施設におけるビームラインとして標準装備されているべきものであり、国の科学技術施策への貢献を含めて幅広い分野への適用が期待される基盤ツールである。
- **軟X線イメージングは、NanoTerasuの特長を発揮できる先端的ビームライン**であり、優先的に整備を進めるべき。また、**硬X線（白色やピンク光を含む）を用いた種々のイメージングも近年需要が高く大きく発展している分野**であることから、**イメージングについては、軟X線と硬X線（テnder領域）の2本のビームラインをフェーズⅡにおいて並行して整備することが重要**。
- 整備においては、ビームライン本体のみならず、ニーズを踏まえた**測定周辺環境の整備もあわせて行う必要がある**。また複数の測定手法を組み合わせた「マルチモーダル」についてもその方向性を見据えた検討が必要。
- SPring-8-Ⅱ改造による停止期間（2027年度想定）におけるSPring-8利用者のNanoTerasuへの一部受け入れも想定して整備を進める。

# 6. 共用ビームラインの増設

## (4) グループ2ビームラインラインアップ

	ポート (例)	分類	光源	エネルギー	エンドステーション	特色・目的	国の戦略分野	ユーザー ニーズ	分野 多様性	Nano Terasu の強み	新規性 開拓
<b>グループ2 高ニーズ共用BL</b>											
1	12W	XAFS	多極 ウイグラー	3- 25 keV	(quick) XAFS	テンダーX線領域 全自動DX 自動試料交換	グリーンイノベーション マテリアル 量子技術 半導体・デジタル産業 バイオ・健康医療	◎	◎		
2	13W	X線回折	多極 ウイグラー	3-25 keV	X線回折・散乱	テンダーX線領域における共鳴 X線回折 全自動DX 自動試料交換	グリーンイノベーション マテリアル 量子技術 半導体・デジタル産業 バイオ・健康医療	◎	◎		
3	11W	イメージ ング	多極 ウイグラー	3-25 keV	X線CT (単色、準単色)、 位相差イメージング	階層イメージング テンダーX線領域における吸収 端コントラスト利用	グリーンイノベーション マテリアル 量子技術 半導体・デジタル産業 バイオ・健康医療	○	◎		
4	12U	イメージ ング	APPLE-II アンジュレータ	250 -3000 eV	A: SXイメージング B: 共鳴軟X線散乱	軟X線コヒーレント回折イメージ ング、タイコグラフィ、 高分子材料・ポリマー小角散 乱、ホログラフィー、共鳴磁気 回折	グリーンイノベーション マテリアル 量子技術 半導体・デジタル産業 バイオ・健康医療	○	○	◎	○
5	05W	X線分光	多極 ウイグラー	3- 13 keV	HAXPES	テンダーX線領域 全自動DX	グリーンイノベーション マテリアル 量子技術 半導体・デジタル産業 バイオ・健康医療	○	◎		

## 6. 共用ビームラインの増設

### (5) グループ3ビームラインラインアップ

- ・フェーズⅢ以降の整備計画については、状況に応じて随時計画を見直すことを前提とする。
- ・フェーズⅢでは、「**拡大する応用範囲への対応**」を目的とした共用ビームラインを整備。測定における様々な需要（**極限環境、特殊環境、先進的利用など**）に対応できるXAFS、X線回折ビームラインの整備を実施。
- ・汎用性の高いXAFS、X線回折等の測定については、ガス雰囲気下や溶液中など、実際の使用環境・動作環境・製造環境に対応したオペランド測定やその場測定の利用ニーズは高く、技術的にも可能であるので、フェーズⅡで整備されるビームラインにおいても実施できるようにすべきであるものの、有毒・有害なガスに対する安全対策や排気されるガスの除害など、実験を実施するにあたり特殊な設備を必要とする場合がある。同様に、高圧高温などの極限環境や、ユーザーが工夫した特殊環境、放射光以外の測定手法と組み合わせるマルチモーダル測定などの先進的利用に対するニーズもある。それらを実現する設備をユーザーが交代するたびに入れ替えることは、ユーザーが多くビームタイムが逼迫しているビームラインにおいては、困難である。これをふまえ、極限環境や特殊環境を必要とする利用は、フェーズⅡにおける利用状況を見ながら、フェーズⅢで独立させる。

	分類	光源	エネルギー	エンドステーション	特色・目的	国の戦略分野	ユーザー ニーズ	分野 多様性	Nano Terasu の強み	新規性 開拓
<b>グループ3 応用拡大共用BL</b>										
6	XAFS	多極 ウイグラー	3- 25 keV	(quick) XAFS	テンダー-X線領域 特殊環境	グリーンイノベーション マテリアル バイオ・健康医療	○			
7	X線回折	多極 ウイグラー	3- 25 keV	X線回折・散乱	テンダー-X線領域 特殊環境	グリーンイノベーション マテリアル バイオ・健康医療	○			

## 6. 共用ビームラインの増設

### (6) グループ4 ビームラインラインアップ

- ・ フェーズⅣの整備計画についても、状況に応じて随時計画を見直すことを前提とする。
- ・ フェーズⅣでは、それまでに蓄積された技術をベースとしてより先端的なビームラインを整備。**アンジュレータ光源を基本として、マルチプローブ多機能放射光走査プローブ顕微法（SPM）やコヒーレンスを活用した最先端イメージング技術などの手法を取り入れたサイエンスピークの創出を目指す。**
- ・ フェーズⅣのラインアップには、光子エネルギー範囲を拡大する光源技術、複数の測定手法を組み合わせる必要があるマルチモーダル測定技術や、高度な除振・安定化技術など、技術開発課題の解決を条件とするビームラインが含まれる。これらの課題は、解決に概ね5年程度の開発期間が見込まれるものが多く、それらの克服なしには共用ビームラインとしての整備が始められない。そのために、既存のNanoTerasuビームラインや他施設のビームラインも活用して**フェーズⅡの期間から研究開発に着手し、フェーズⅣにおける確実な共用ビームライン整備につなげるべき。**

	分類	光源	エネルギー	エンドステーション	特色・目的	国の戦略分野	ユーザー ニーズ	分野 多様性	Nano Terasu の強み	新規性 開拓
<b>グループ4 先端利用共用BL</b>										
8	X線回折	多極 ウイグラー	3- 25 keV	X線回折・散乱	タンパク結晶構造解析 テnder-X線領域	バイオ・健康医療	○			
9	X線回折 X線散乱	真空封止 アンジュレータ	2.1- 12 keV	コヒーレントX線回折 超小角散乱	テnder-X線コヒーレント回折イ メージング、 タイコグラフィ、 X線光子相関分光	グリーンイノベーション マテリアル 量子技術 半導体・デジタル産業 バイオ・健康医療	○	○	◎	
10	イメ ージング	APPLE-II アンジュレータ	18- 3000 eV	原子分子イメージング	マルチプローブ多機能 放射光軟X線SPM	マテリアル 量子技術				◎
11	X線分光	Helical8 アンジュレータ	10- 100eV?	ARPES	高エネルギー分解能ARPES	マテリアル 量子技術	○			

# 6. 共用ビームラインの増設

## (7) R&Dビームライン

- NanoTerasuとして、光源や光学系の開発や高度化のR&Dを主目的とするビームラインが存在することは極めて重要（ユーザー利用を主目的とする共用ビームラインにおいて、このような開発のみを目的としたビームタイムを長期時間確保することは難しい）。
- 特にNanoTerasuの強みである**テンダーX線の光学系・光学素子の開発は最重要課題**のひとつであり、これが成功すると、磁気デバイス、二次電池、溶液電池セル、量子生命科学等、学術・産業においてインパクトが大きく、新規性の高い計測技術を開拓することにつながる。
- R&Dビームラインとして整備する時期や実施方法については今後も引き続き検討。R&Dビームラインとして最初は整備し、いずれ共用化するというやり方もありうる。

	分類	光源	エネルギー	エンドステーション	特色・目的	国の戦略分野	ユーザーニーズ	分野多様性	NanoTerasuの強み	新規性開拓
<b>R&amp;D BL</b>										
1	研究開発	真空封止 アンジュレータ	1keV-5keV	TX光学素子開発 TAXPES, TXMCD	雰囲気下XPS 共鳴XPS 生体必須元素（S, P, Cl, K, Caなど）、4dを狙った分光等	グリーンイノベーション 半導体・デジタル産業 マテリアル 量子技術 バイオ・健康医療			◎	◎
2	研究開発	多極 ウイグラ	2.1-5.5keV	XAFS ウイグラ利用開発	低エネルギーテンダー-XAFS等	グリーンイノベーション 半導体・デジタル産業 マテリアル 量子技術 バイオ・健康医療			○	

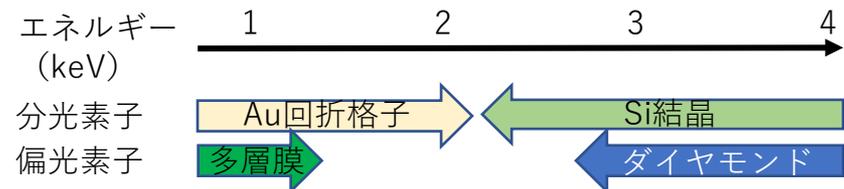
NanoTerasuの強みであるテンダーX線は、**スピントロニクスをはじめとする量子科学技術研究にきわめて有用かつユニークなプローブ**として期待。

### 【高効率光学系開発の必要性】

軟X線に比べ高エネルギーのテンダーX線領域では、ビームライン光学系の効率が低いために試料上のフラックス不足を避けられない。

### 【光学素子による偏光制御の必要】

NanoTerasuのような低エミッタンス光源では、挿入光源による偏光切り替えの際に生じる電子軌道（光源点）の揺れの影響が顕著になり、本来のビームライン性能を発揮できない。



## 6. 共用ビームラインの増設

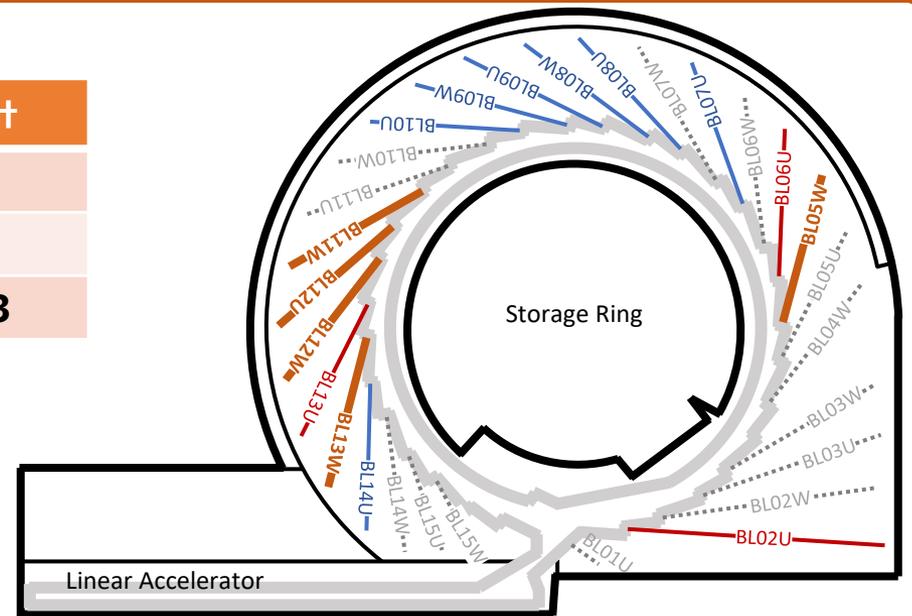
### (8) 国が整備するNanoTerasuビームライン本数最終イメージ

- ・ 2027年頃までのフェーズⅡにおいて、共用ビームライン5本の増設を速やかに実現することが極めて重要。
- ・ 運用開始後約10年を目途として、全ビームラインポートの半数となる14本程度を共用ビームラインとして整備すべき。
- ・ 共用ビームライン整備にあたっては、パートナー機関が運営するコアリションビームラインの将来計画や第三者による専用ビームライン整備の可能性などにも留意しながら、これを進める必要がある。

#### フェーズⅡ (2027年)

	アンジュレータ	ウイグラー	合計
共用BL	4	4	8
(うちR&D)	0	0	0
残りポート	5	8	13

- コアリションBL (フェーズⅠ)
  - 共用BL (フェーズⅠ、グループ1)
  - 共用BL (グループ2)  
05W:X線分光、11W:イメージング、  
12U:イメージング、12W:XAFS、13W:X線回折
- ※共用BL (グループ3, グループ4, R&D) は研究開発等に着手



#### フェーズⅢ (2030年)

	アンジュレータ	ウイグラー	合計
共用BL	4	6	10
(うちR&D)	0	0	0
残りポート	5	6	11

#### フェーズⅣ (2031年～)

	アンジュレータ	ウイグラー	合計
共用BL	8	8	16
(うちR&D)	1	1	2
残りポート	1	4	5