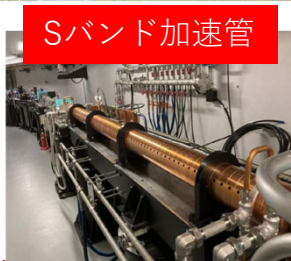
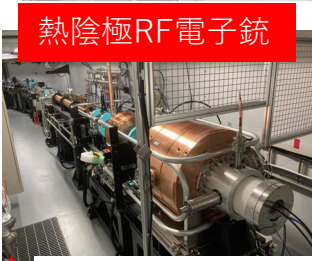
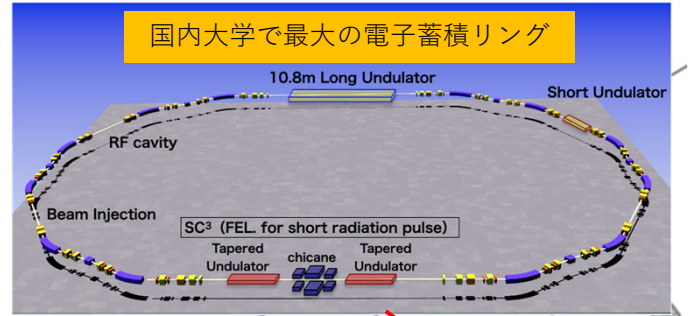


## はじめに

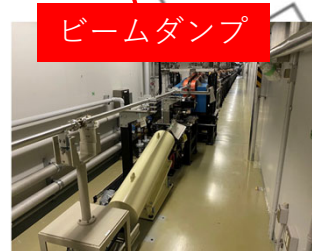
高度産業科学技術研究所が運用するニュースバル放射光施設には強力な軟X線放射光を発生する高エネルギー電子を長時間貯蔵する電子蓄積リング（加速器）があります。電子蓄積リングは自らは電子ビームを生成できないので、高エネルギー電子ビームを生成し電子蓄積リングに入射する別の加速器（入射器）が必要です。ニュースバル電子蓄積リングは建設当初よりSPring-8線型加速器から電子ビームを供給されてきましたが、この線型加速器の運用停止に伴いSPring-8の加速器Grのご協力により、ニュースバル専用入射器となる新たな線型加速器を2020年に建設し、2021年から運用を開始しました。



高輝度かつ安定な電子ビーム生成

加速エネルギー 50MeV

高い電子加速勾配(31 MV/m)によりコンパクトな入射器を実現



入射器クライストロンギャラリー建屋

高出力マイクロ波源 Sバンドx1、Cバンドx4

入射器ビーム診断

入射器およびリングの計算機制御

### 新入射器の性能 高性能な電子ビームを出射

- ビームエネルギー 1.0 GeV  
低エネルギー運転可能
- ビーム強度 100 pC
- パルス幅 1 ps
- 規格化エミッタンス 10 mm-mrad以下
- エネルギー広がり 0.1 %
- エネルギー変動 0.4 %
- リング入射効率 90 %以上

リング入射に十分な性能。安定性・再現性も良好。

### 新入射器によるメリット 光源性能・運用の向上

- 企業ユーザーの要望に合わせた運用スケジュールの立案が可能
- いつでも必要ときにビーム入射が可能
- リングに合わせて入射ビームを自由に調整
- 安定なビーム運転による安定な放射光発生
- 蓄積電流の増強 (300→350mA)
- 低エミッタンス、短パルスビームを用いた加速器科学・新光源開発の推進、将来のリング高輝度化への対応

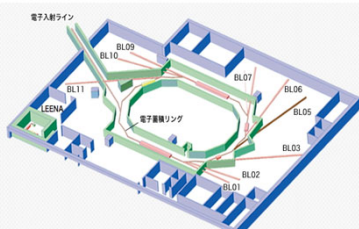
### はじめに

高度産業科学技術研究所は兵庫県立大学の附置研究所として平成6年4月に設立されました。当研究所は光科学技術を中心とした先端的研究を推進すると共に、県下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います。このために国内で大学が保有する軟X線領域での最大の放射光施設「ニュースバル」を設置しています。

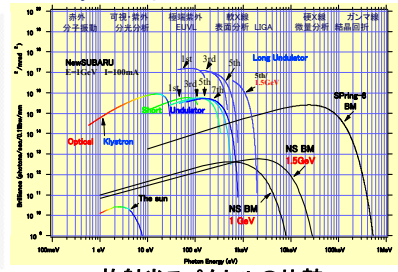
このような中で、我々は、自由闊達な精神の基に、光科学技術を中心とした先端かつ独創的な研究を推進すると共に、新しい産業科学技術基盤の創出を図り、産業支援を通して人と環境に調和した社会の発展に貢献します。特に、半導体用超微細加工、医療検査、軟X線分析、新光源等の技術開発を進めています。

### ニュースバル放射光施設の概要

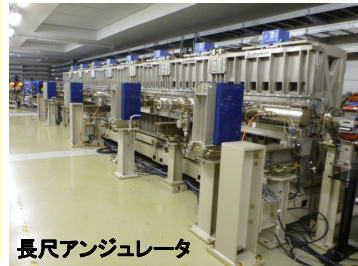
- 1) ニュースバル放射光施設は国内の大学が有する放射光施設で最大規模であり、軟X線の特徴
- 2) ニュースバルの放射光は高輝度であり、可視光に比べて約400倍から1,000万倍明るい。物質の構造や電子状態の観察が可能
- 3) 軟X線は種々の元素の解析に有用な光源であり、新しい加工技術、分析技術、光源の開発を推進
- 4) ニュースバルでは極端紫外線リソグラフィ、LIGA、分析、新光源開発を進めており、Only oneの技術開発を行い、産業支援、基礎科学研究を推進



ニュースバル放射光施設



放射光スペクトルの比較



長尺アンジュレータ

### 半導体用超微細加工技術

**半導体用微細加工技術開発 (極端紫外線リソグラフィ技術)**  
低消費電力および低コストを有する超高集積回路(超LSI)の実現  
成果: EUVLの2020年から本格的な量産技術に適用

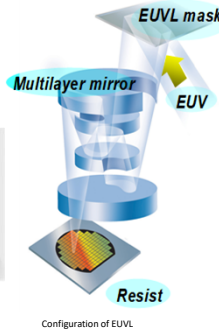
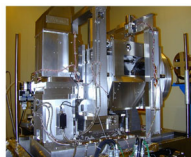
- (半導体回路焼き付け技術: ヒトの毛髪の直径の1/5000の回路線幅)
  - ・EUVL用露光機の実用化
  - ・レジスト材料プロセス技術
  - ・マスク原版の欠陥技術の実用化
  - ・X線イメージセンサ評価技術開発
- 効果: 超高集積回路の製品群  
・超低消費電力を実現 (DC3.3V → DC0.3V以下へ)  
・低コスト化を実現 (1年で1kbitあたり1/500)  
・モバイル (iPhone, iWatchを実用可能に!!)

**今後の展開**  
安心安全な持続性のある社会の実現に貢献

- ナノIoT技術開発 (超LSI、量子デバイス、AIとの融合)
- ・携帯用医療検査機器 医療費削減
- ・ホームオートメーション
- ・自動運転



スマートフォンやウェアラブル端末の実用化に貢献



**超微細レジストの開発**  
長尺アンジュレータによるレジストパターン形成 (線幅15 nmを実現)

### ナノマイクロシステム: 医療用システム、微量分析デバイス、マイクロ部品

**成果① 小型高性能医療検査システムの実現** (山梨大学・成型メーカーとの共同開発)  
3次元微細流路を精密金型で作製することにより、射出成型プロセスへ移行することで、癌や感染症などのバイオマーカー免疫検査機能を集積したシステムの大量生産の可能性を示した。  
☆POCT(臨床現場即時検査)機器の有力なシステムとして製薬企業、医療機器企業が注目  
☆波及効果: 全国に10万ある小規模診療所で生活習慣病(癌・糖尿)や感染症(インフルエンザ、ノロウイルス)のその場検査が可能になり、個別化医療・予防医療が進歩して国の医療費を大きく削減が可能

**成果② 耐薬品性を有する微量サンプル分析チップの開発**  
はやぶさ2などで実施されている微量サンプルリターンや強酸・強アルカリ環境条件下で化学分析を実施可能なPTFE(商品名: テフロン)製マイクロ化学チップの創製に成功。  
☆波及効果: 極限環境下での化学分析が可能。テフロン製の微細加工により、テフロン部品への展開が可能。電鍍等への応用も可能。

**成果③ マイクロ・ギアの開発**  
内視鏡やロボット手術装置、ドローン等小型アクチュエータを必要とする機器のための耐久性を有するマイクロ・ギアの開発  
☆波及効果: 小型機器への部品提供が可能

**高機能かつ小型のPOCT医療機器**  
☆個別化医療  
☆予防医療促進  
☆医療費削減

**耐薬品性を有する小型化学分析チップ**

### モノサイクル超短パルス光源(第5世代光源)開発

波長1個~数個の極短パルス光生成に向けた世界初の実証実験  
理化学研究所・兵庫県立大理学研究科との共同研究(代表: 田中隆次氏[理研])

成果: (1)高K値かつ任意テーパ形状のアンジュレータの製作とニュースバル電子蓄積リングへのインストール、(2)電子ビームの入射と蓄積、(3)高精度タイミング同期システムの開発、(4)シンドレーザ系の開発、(5)白色自発放射光の観測



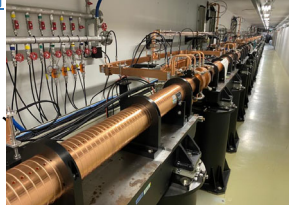
**今後の展開**  
・FELによるパルス光の生成実験とその特性評価

### ニュースバル専用新入射器(1.0GeV Linac)の整備

既存のビーム輸送トンネル内に新たな専用入射器をSPring-8加速器チームの協力により整備

- ・2018年~2019年 NS附属棟整備
- ・2020年8~12月 既存ビーム輸送系の撤去 新入射器の設置
- ・2021年1~2月 RFコンディショニング運転
- ・2021年3~4月 加速器ビーム調整
- ・2021年4月20日 供用利用の開始

効果: 柔軟でより安定な運転、低エネルギーでのTop-up入射、さらなる産業利用の推進



### 分析技術

放射光軟X線を用いたX線吸収分光、X線発光分光、光電子分光、光電子イメージング、反射率など産業用実試料の多角的分析

**成果: 放射光軟X線を用いた多種多様な実用材料分析により産業振興に貢献**  
・蓄電池・光触媒・硬質膜など様々な産業素材の評価、反応機構解明、劣化因子の特定  
・自動車など多くの産業で用いられるダイヤモンドライクカーボン(DLC)等の構造解析法を開発(日・独共同提案 DLCのISO規格)

**今後の展開**  
機能性材料・産業用デバイスの真の特性、反応機構解明と持続可能社会実現のための材料革新への貢献。  
・次世代蓄電池、燃料電池のデバイス動作中測定による非平衡状態解析  
・BLOS改修による測定対象のさらなる拡充と解析技術の高機能化  
・軟X線産業分析拠点の形成、ならびにSPring-8等他施設との解析ネットワークの確立

operando軟X線XAFS 用蓄電池セル

SiO電極の充電動作中 Si K吸収端XAFS

XAFSから得られた SiOの充電反応機構モデル

Si K-edge: SiO<sub>2</sub>減少 & Liシリケート生成

Charge: Si → Li<sub>x</sub>Si

Discharge: Li<sub>x</sub>Si → Si

SiO<sub>2</sub>がLiシリケート化

SiクラスタがLi<sub>x</sub>Si合金化