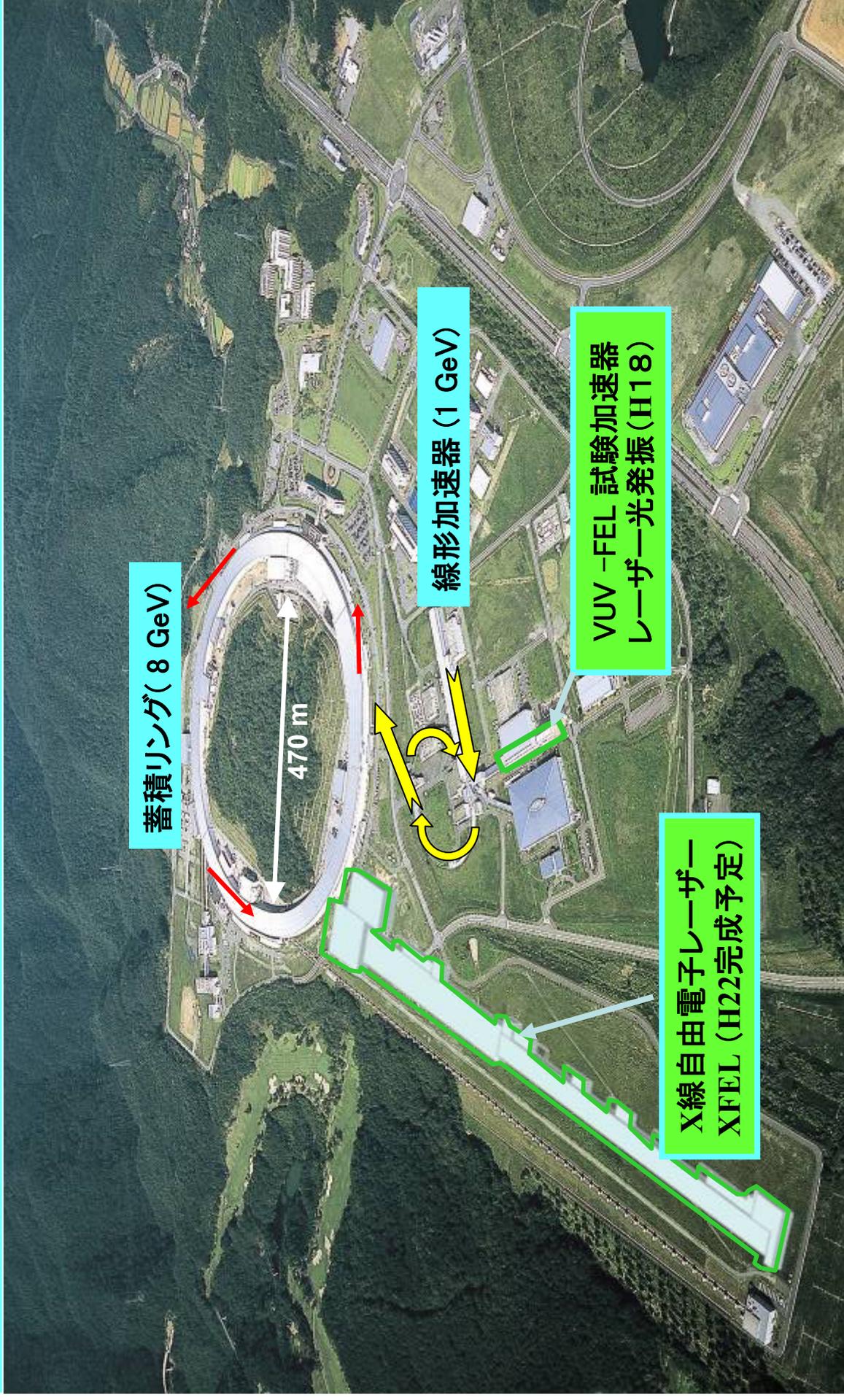


# 「大型放射光施設SPRing-8の現状と課題」

理化学研究所 播磨研究所長 壽榮松宏仁



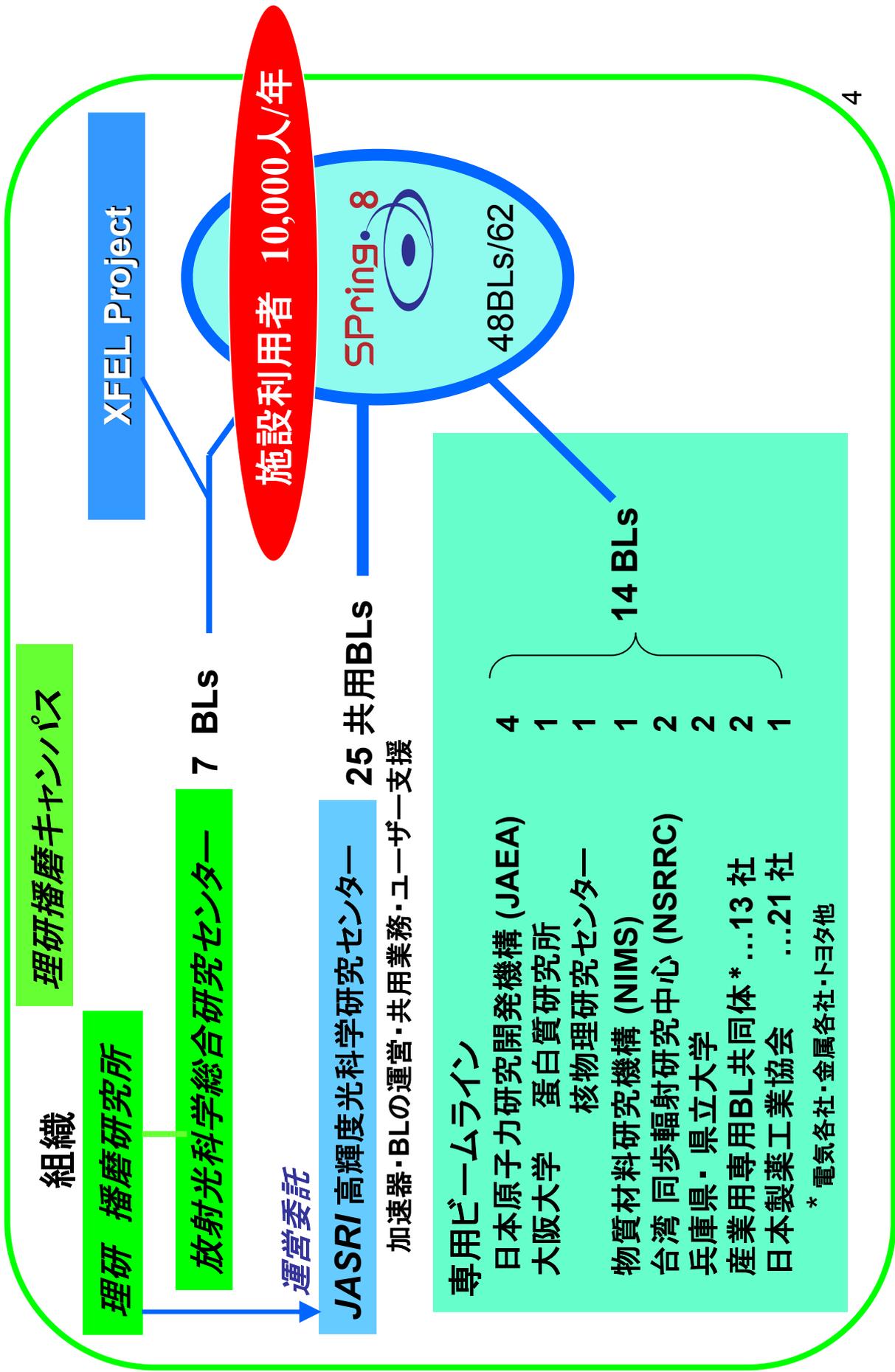
# outline

- 1 . 施設の概要 - 組織と運営
- 2 . 共同利用の状況
- 3 . 利用研究分野
- 4 . 今後の課題
- 5 . 次世代光源 XFEL プロジェクト

# 1. Spring-8 施設の概要

## — 組織と運営

# SPRing-8 Research Complex

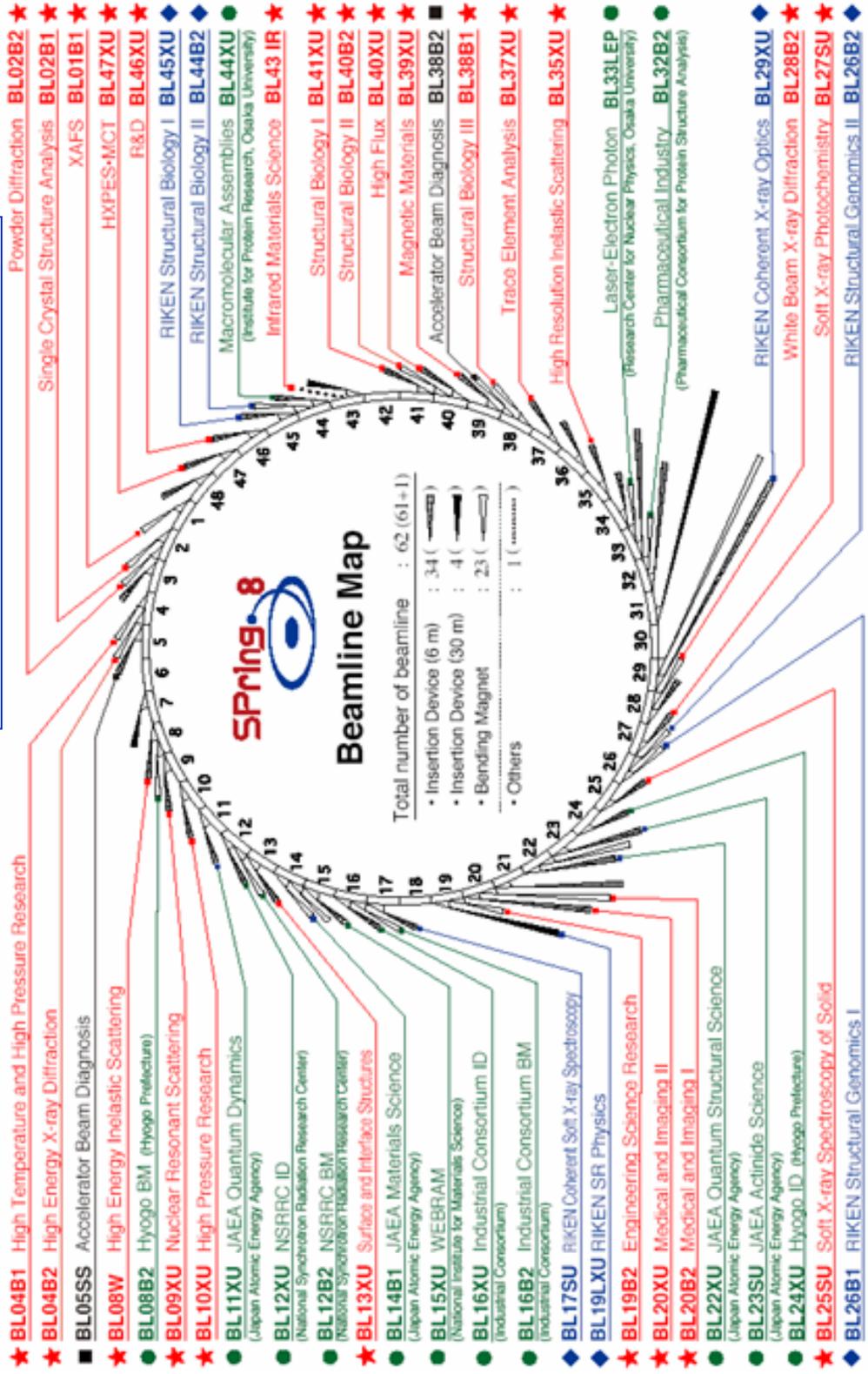


# SPring-8施設の現状

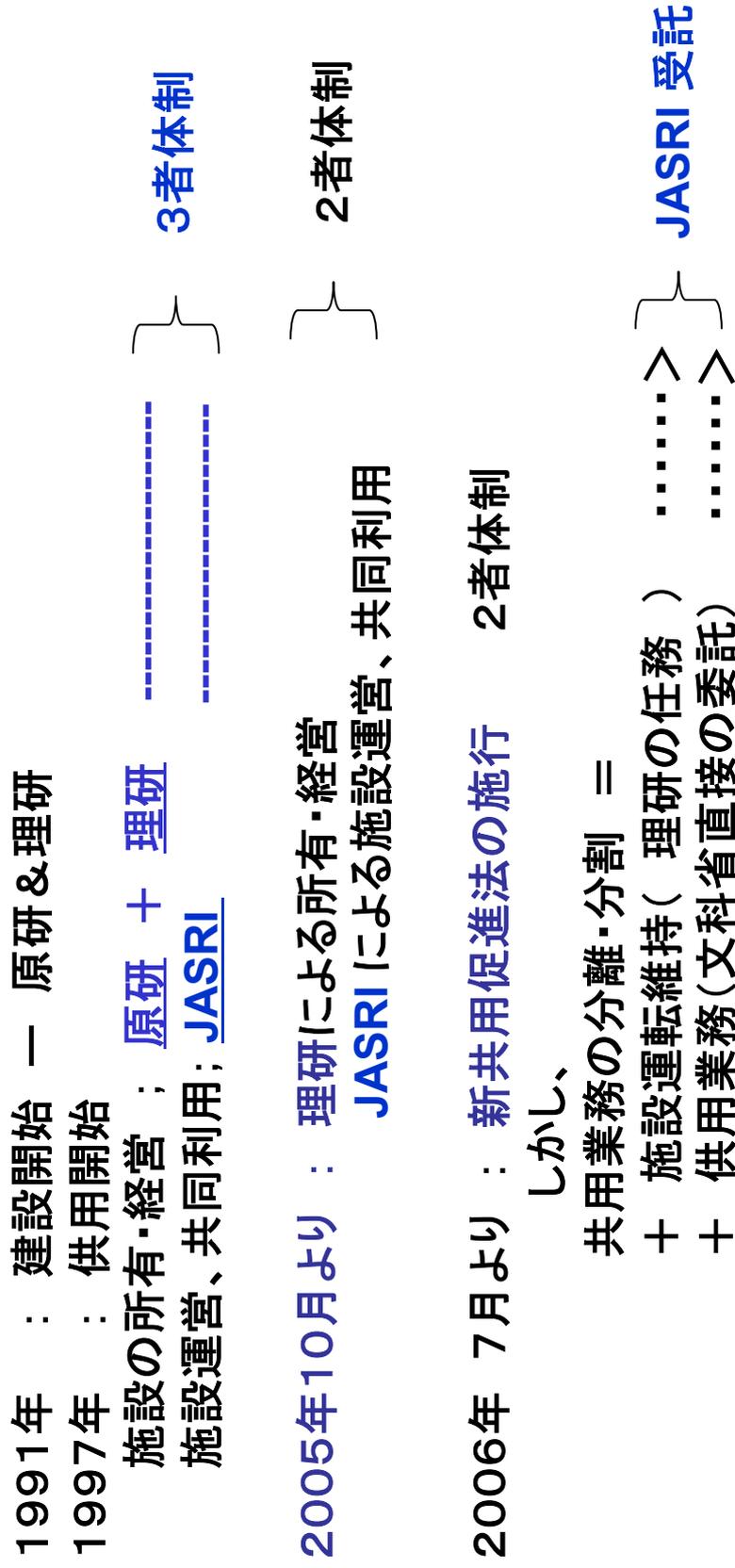


**共用BL** 25  
**専用BL** 14  
**理研BL** 7  
**合計** 48

+5専用BLs 計画



# SPring-8施設の経緯と現状



# SPRING-8 運営における理研の役割

## 特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律

「共用促進法」平成18年7月1日施行

### 第1条（目的）

この法律は、科学技術に関する試験、研究及び開発を行う者による**先端大型研究施設の共用を促進するための措置を講ずることにより、研究等の基盤の強化を図るとともに、研究等に係る機関及び研究者等の相互の交流による研究者等の多様な知識の融合を図り、もって科学技術の振興に寄与すること**を目的とする。

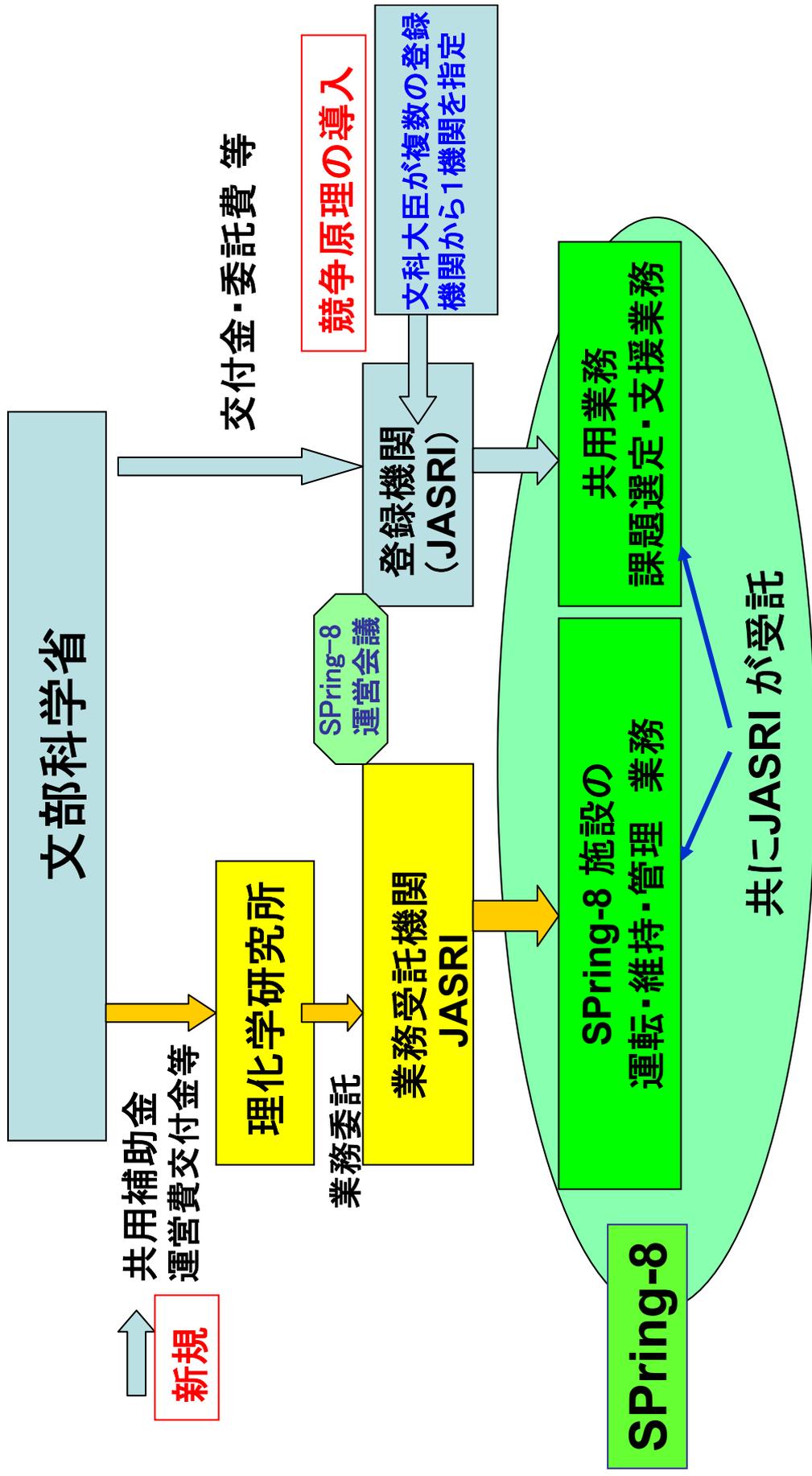
### 第5条（特定先端大型研究施設の設置者の業務）

**理化学研究所は、この法律の目的を達成するため、**

特定先端大型研究施設の設置者として、次の業務を行うものとする。

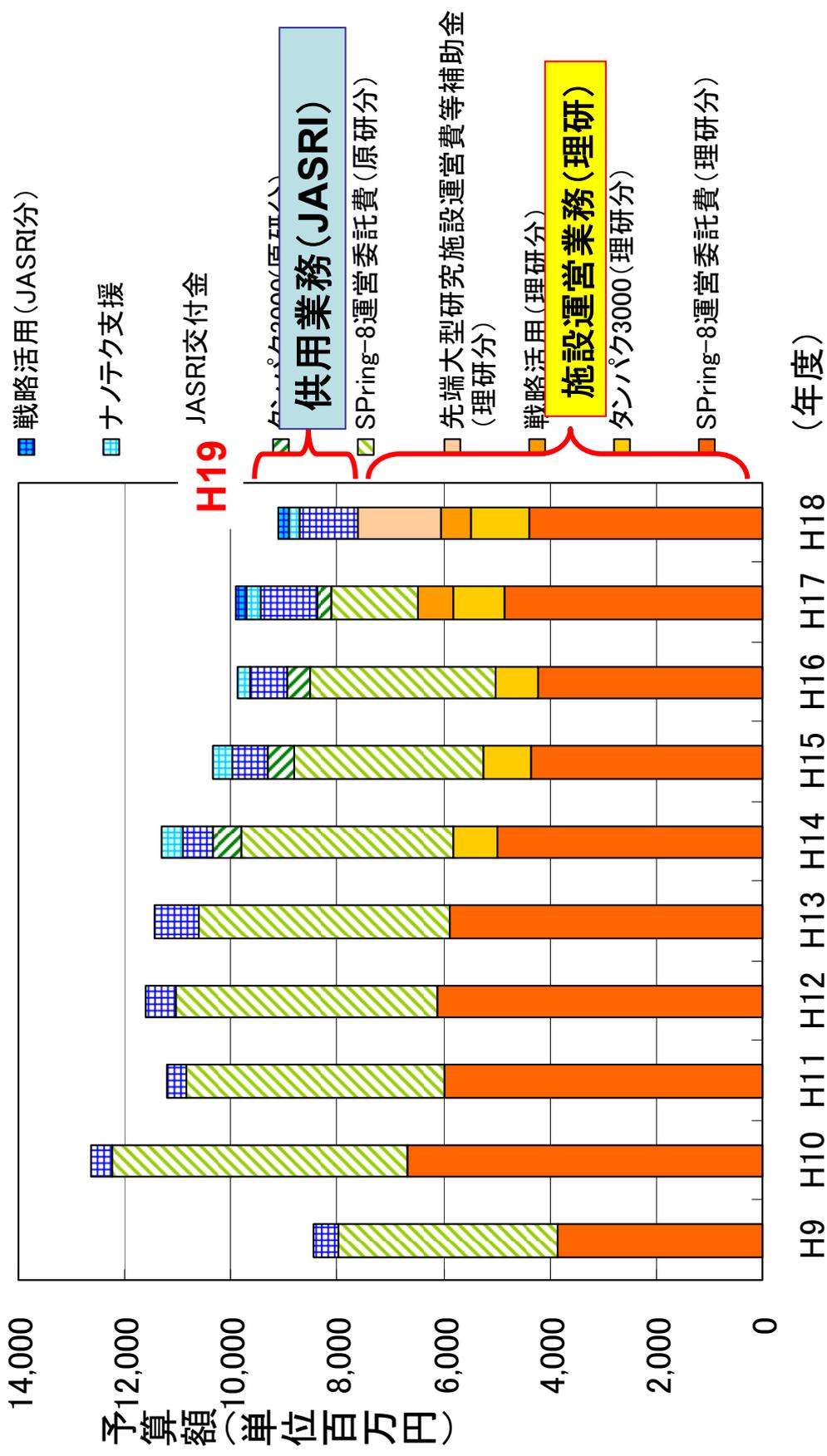
特定放射光施設 (SPRING-8)	<ol style="list-style-type: none"><li>1 <b>放射光共用施設の建設及び維持管理</b>を行い、これを<b>研究者等の共用</b>に供すること。</li><li>2 <b>放射光専用施設</b>を設置して、これを利用した研究等を行う者に対し、必要な放射光の提供その他の便宜を供与すること。</li><li>3 <b>前2号の業務に付帯する業務</b>を行うこと。</li></ol>
特定高速電子計算機施設	(略)

# SPring-8の運営 (新共用促進法H18年7月より)



課題：一体的かつ効率的な運営

# SPring-8運営費の推移



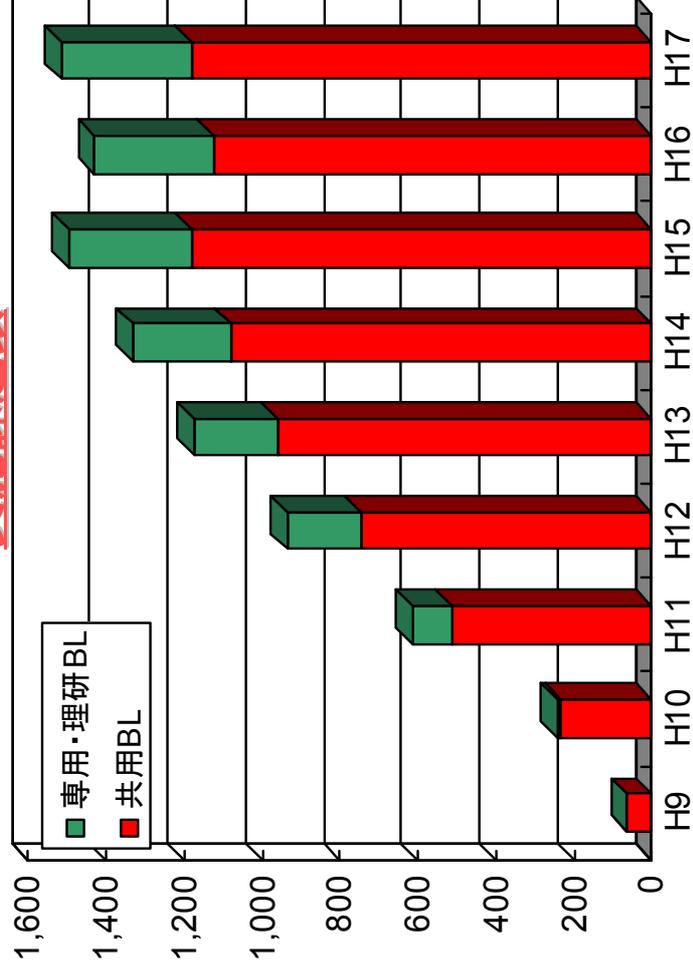
課題：安定した経営、新共用法のメリット・デメリット

## 2. SPring-8の共同利用の状況

# SPring-8 実施課題数・利用者数推移

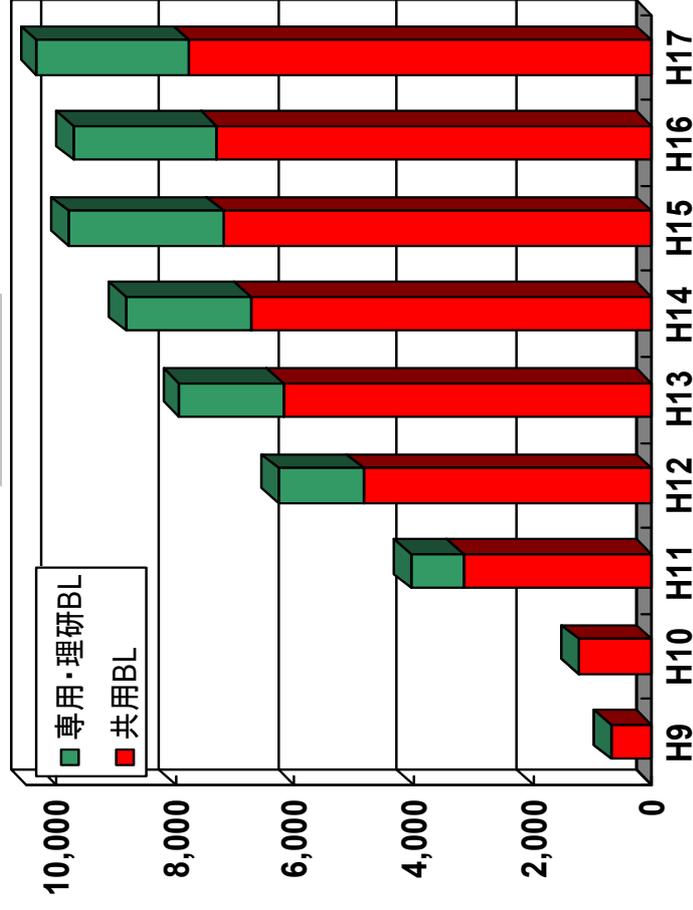
1,500 課題/年

実施課題数



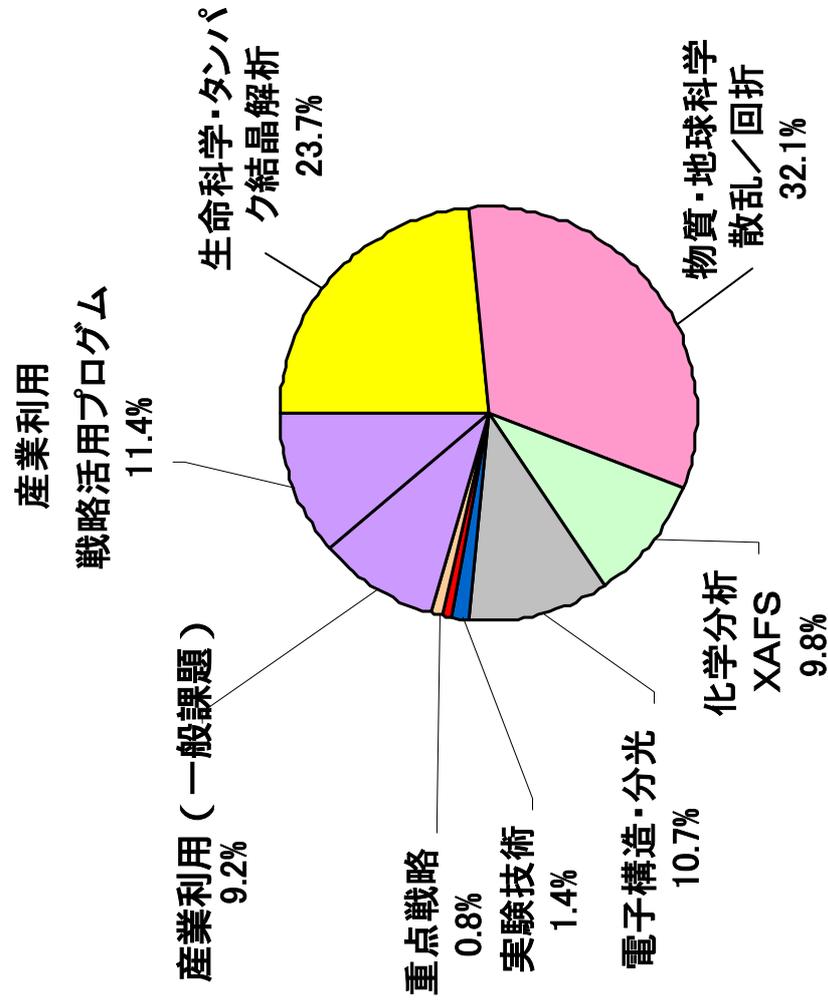
10,000 利用者/年

利用者数



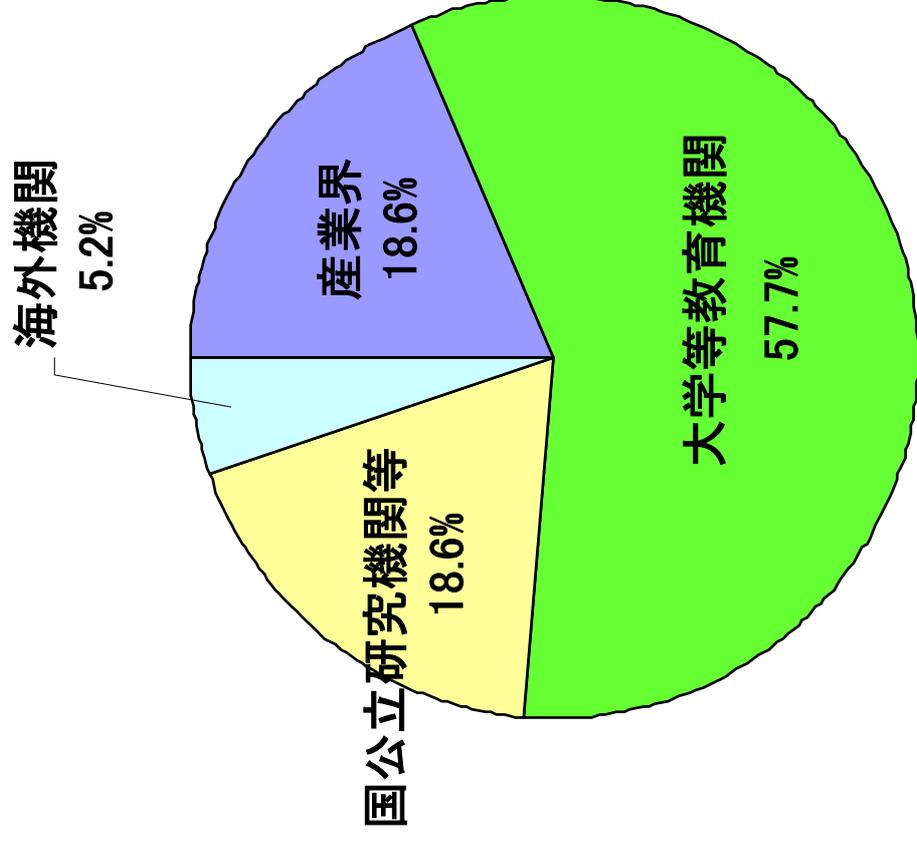
# 共用BLにおける研究分野別利用研究課題数(比率)

2005年

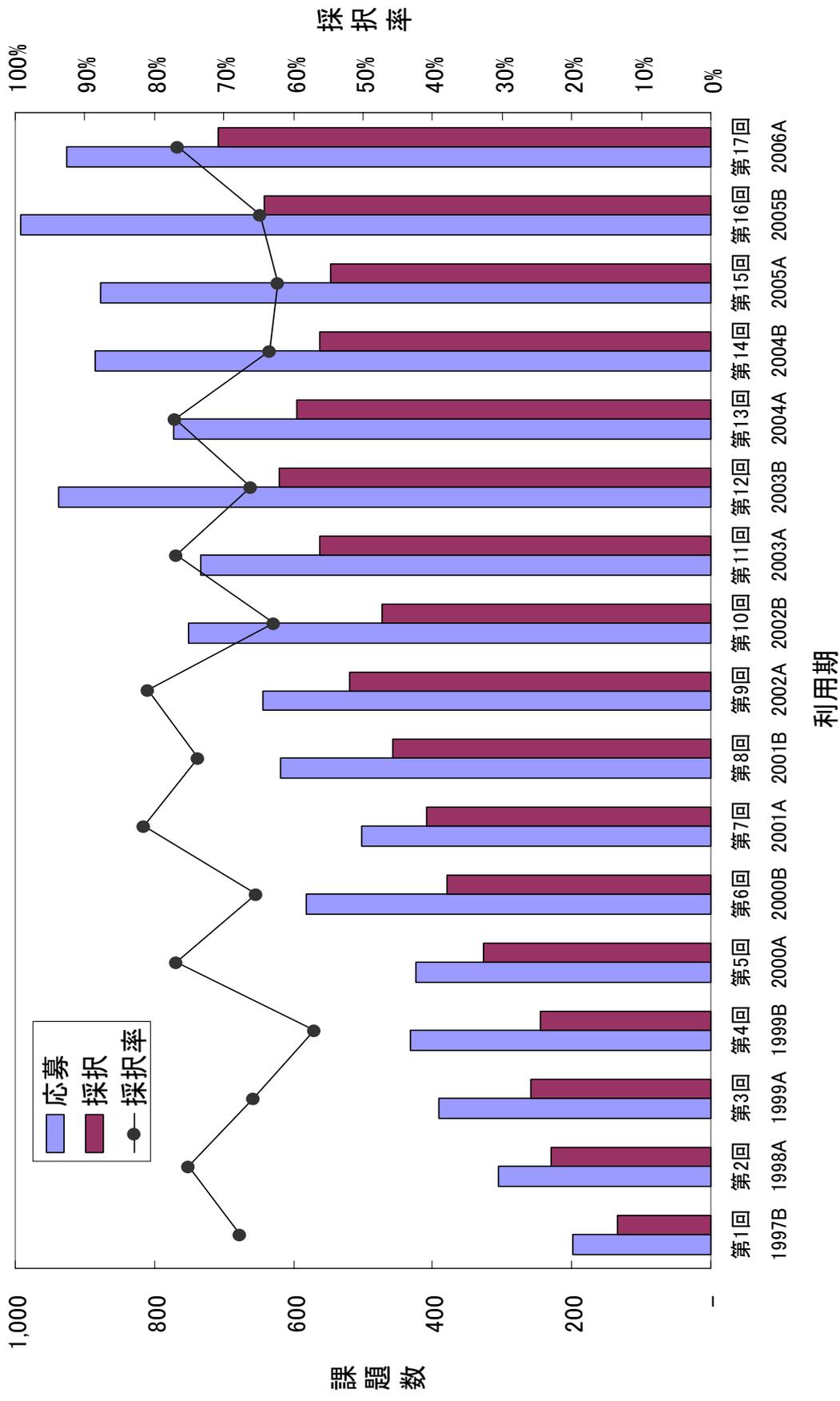


# 共用BL所属機関別利用研究課題数 比率

(2005 A+B 利用期)

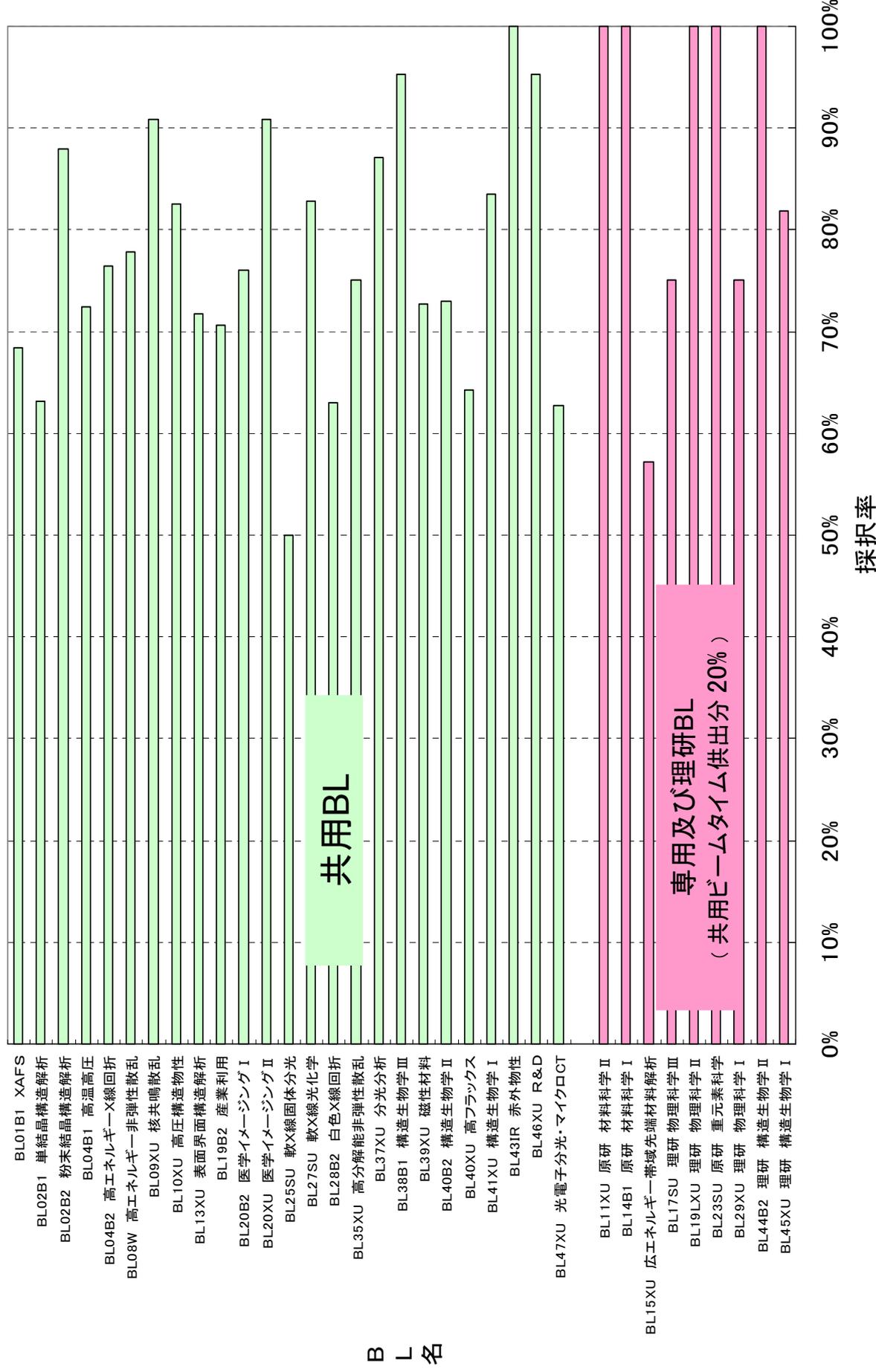


# 共用BL 研究課題応募・採択数

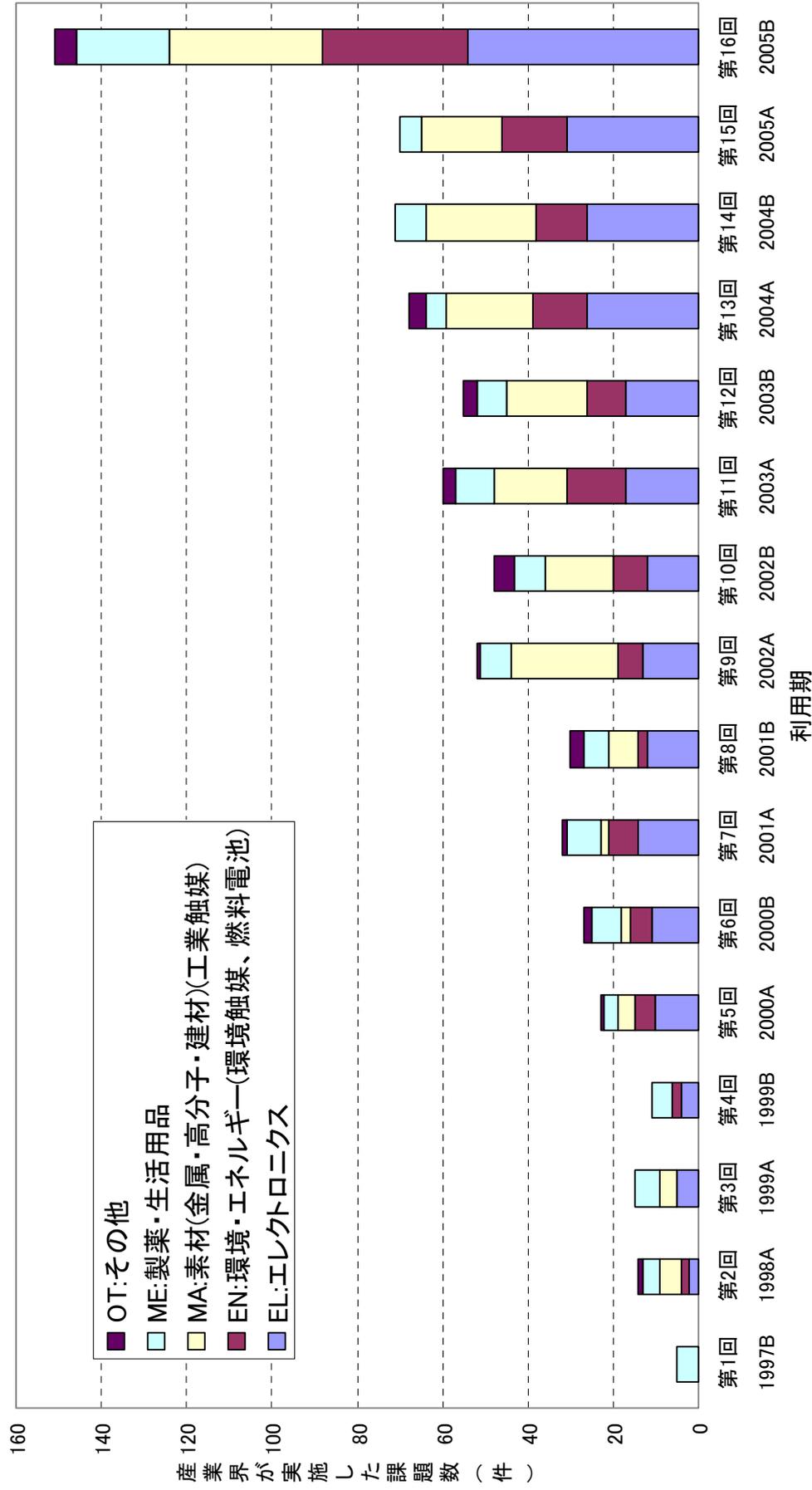


※応募数、採択数のいずれも、1年課題及び長期利用課題（継続分）、生命科学及び産業利用分科会留保枠による課題（追加公募課題）等には含まない。

# 共用BL別 課題採択率(2006年前期利用期)

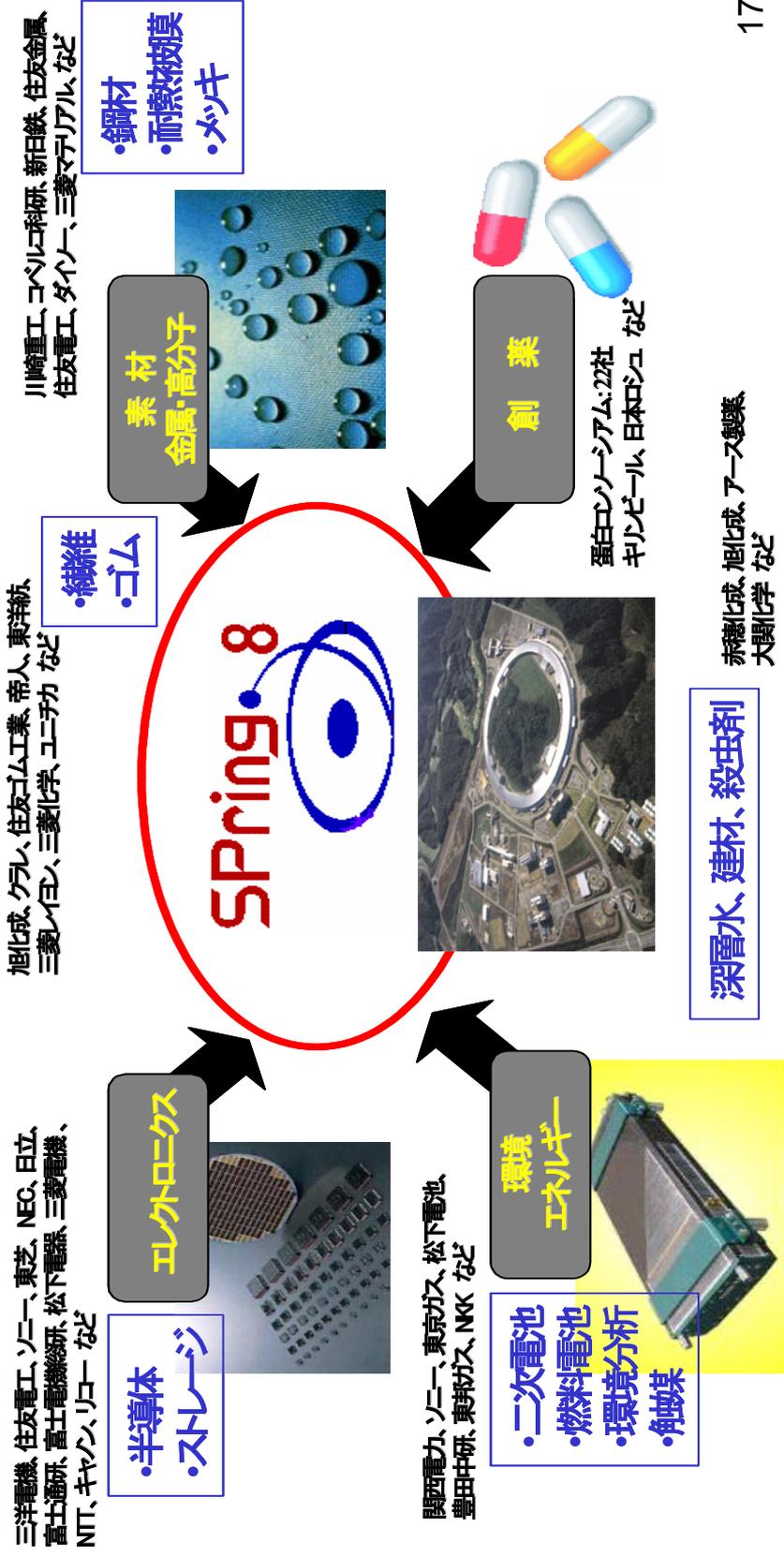


# 産業界による共用BL利用研究課題数 推移(産業分野別)



# 産業利用への支援及び利用拡大

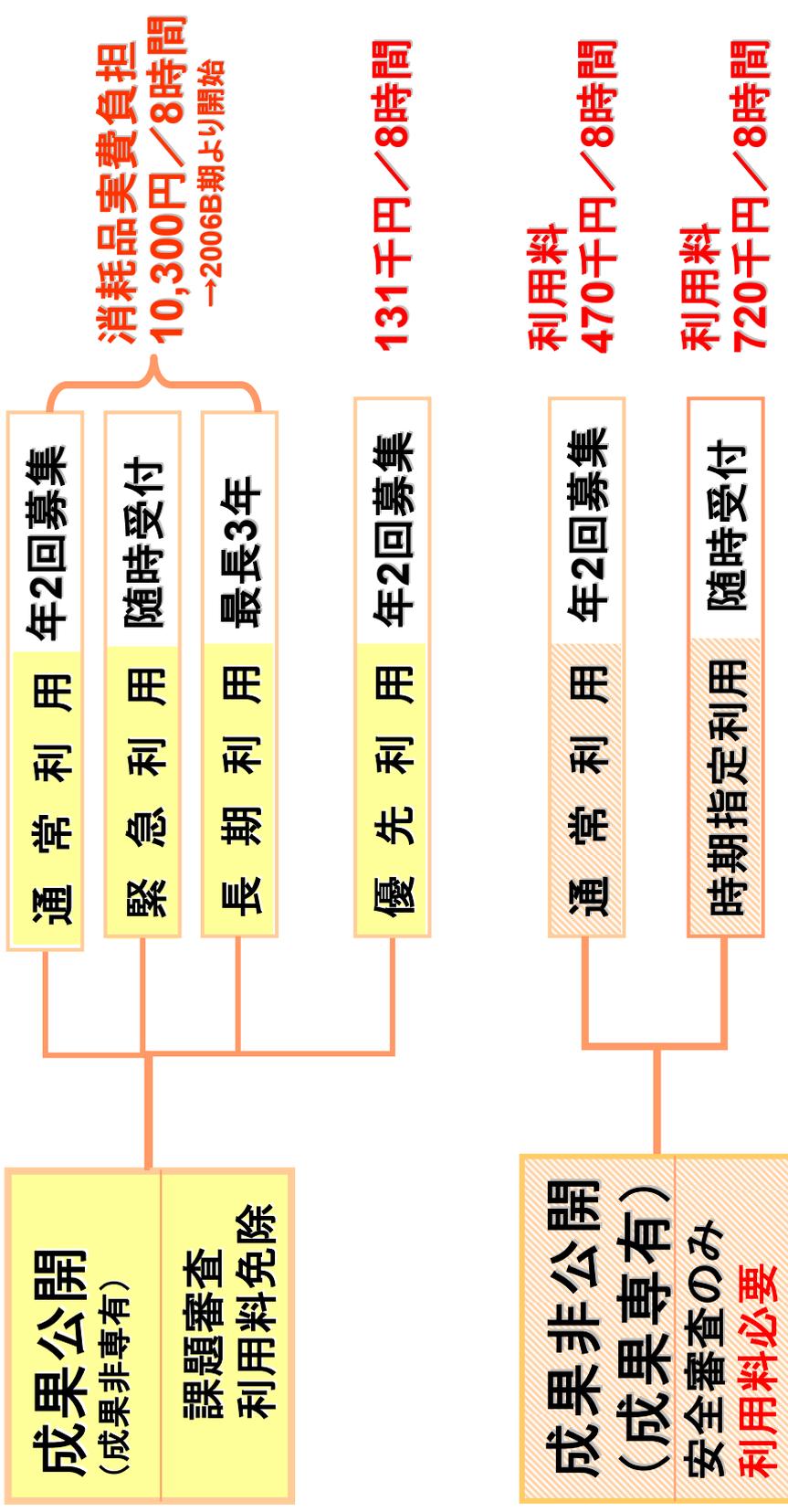
世界的には、放射光の産業利用はライフサイエンス分野（創薬関係）が主流であるが、SPring-8ではエレクトロニクス（半導体等）、素材（金属、高分子等）、環境・エネルギー（電池、触媒等）などの様々な産業利用分野においても、幅広く活用されている。



# Spring-8利用形態と利用料

## 共用ビームライン

利用時間単位: 1シフト= 8 時間



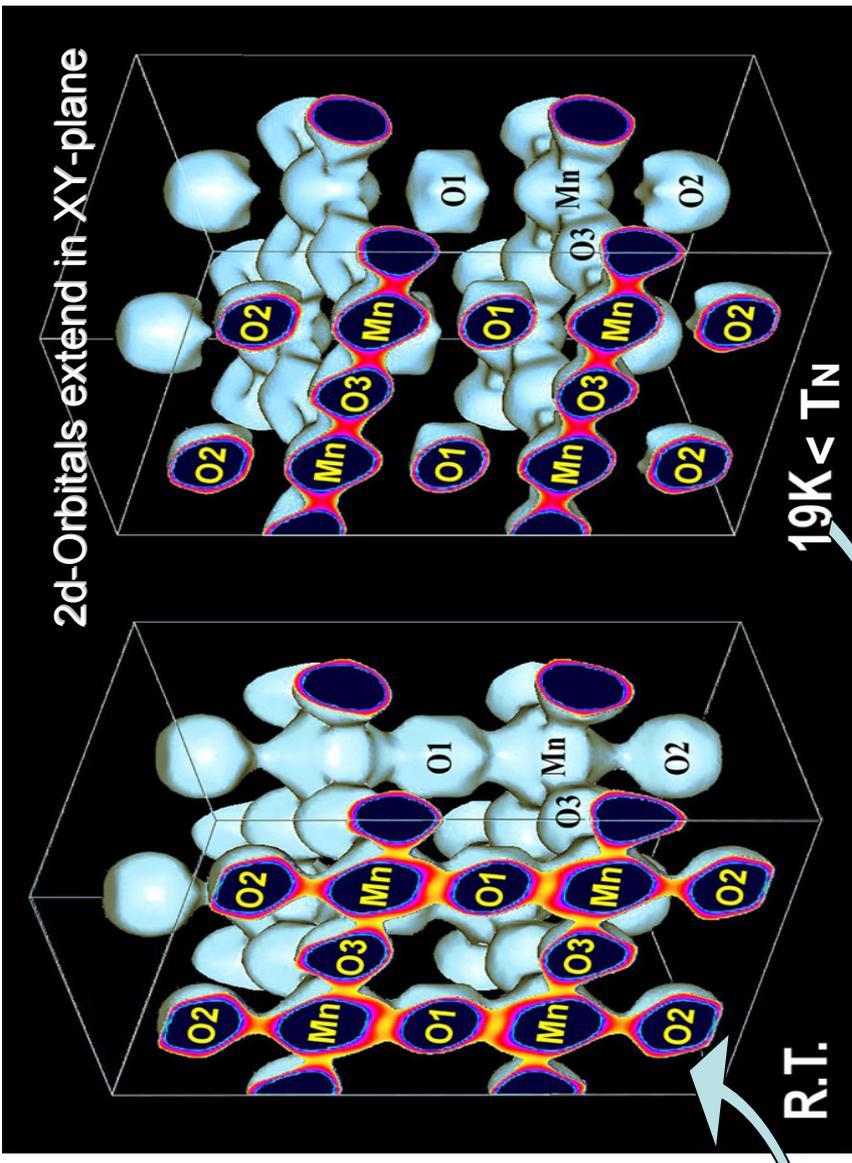
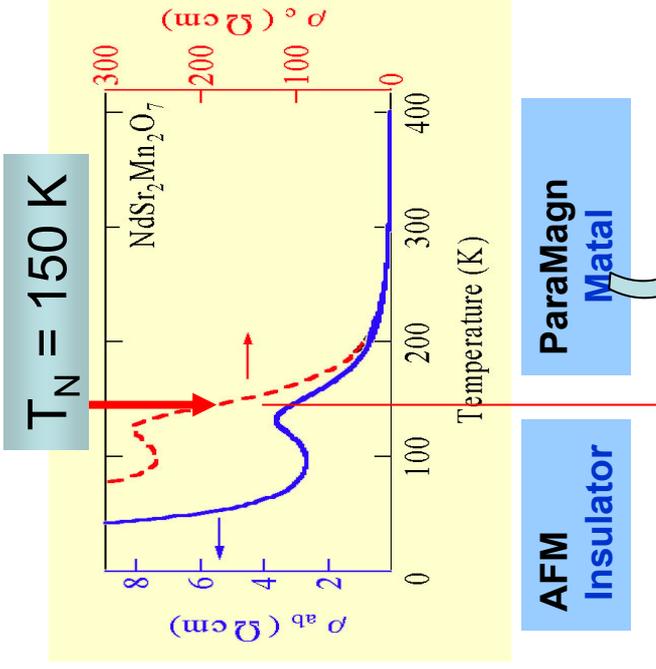
### 3. SPring-8 最近の研究成果

#### 高輝度放射光による機能解析

- ・ 精密電子密度分布の可視化
- ・ 高分解能非弾性散乱
- ・ 磁気解析 —MCD元素別磁化、X線磁気散乱
- ・ 高エネルギー光電子分光 —化学状態解析
- ・ X線メスバウアー効果
- ・ 機能トモグラフィー

# 粉末結晶X線回折による精密電子密度分布の決定

## Observation of Orbitals in Colossal Magnetoresistance Manganise, $\text{NdSr}_2\text{Mn}_2\text{O}_7$



Paramagnetic state      Anti-ferromagnetic state

M. Takata *et al.* *JPSJpn Lett.*  
68(1999) 2190

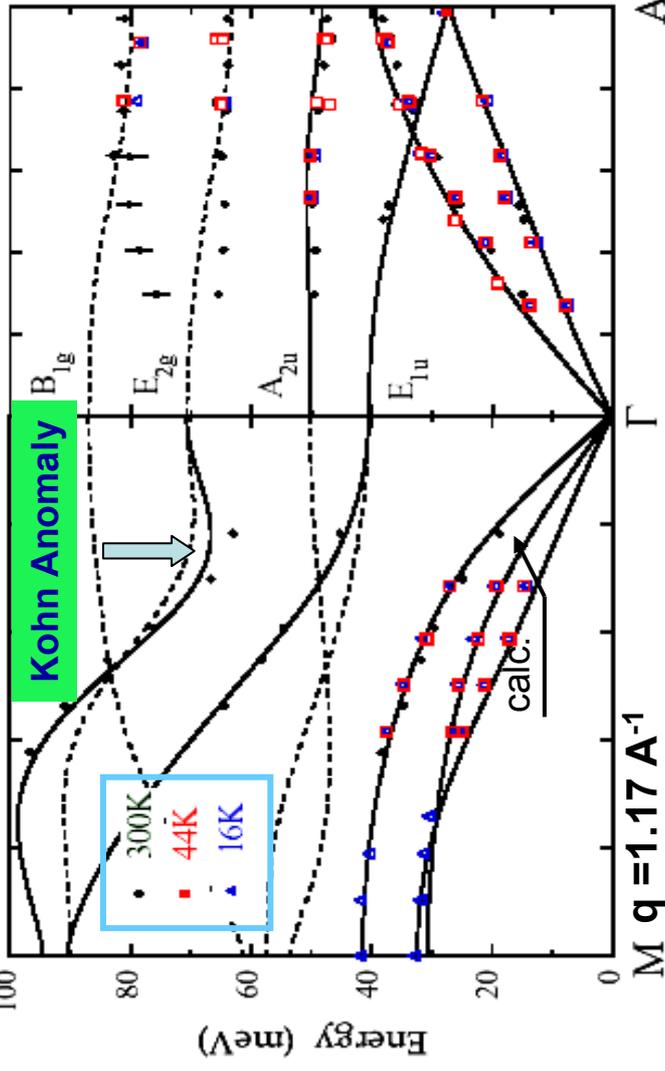
The MEM Charge Densities of  $\text{NdSr}_2\text{Mn}_2\text{O}_7$

$$T < T_N; \quad d[3z^2 - r^2] > d(x^2 - y^2)$$

高分解能 X線非弾性散乱

# 新規超伝導体 MgB<sub>2</sub> の7ホーン分光 HR-IXS

A. Baron (JASRI): PRL, 2004



Very Small Sample:  
0.2 x 0.5 x 0.07 mm<sup>3</sup>  
 $\Delta E \sim 1 \text{ meV}$

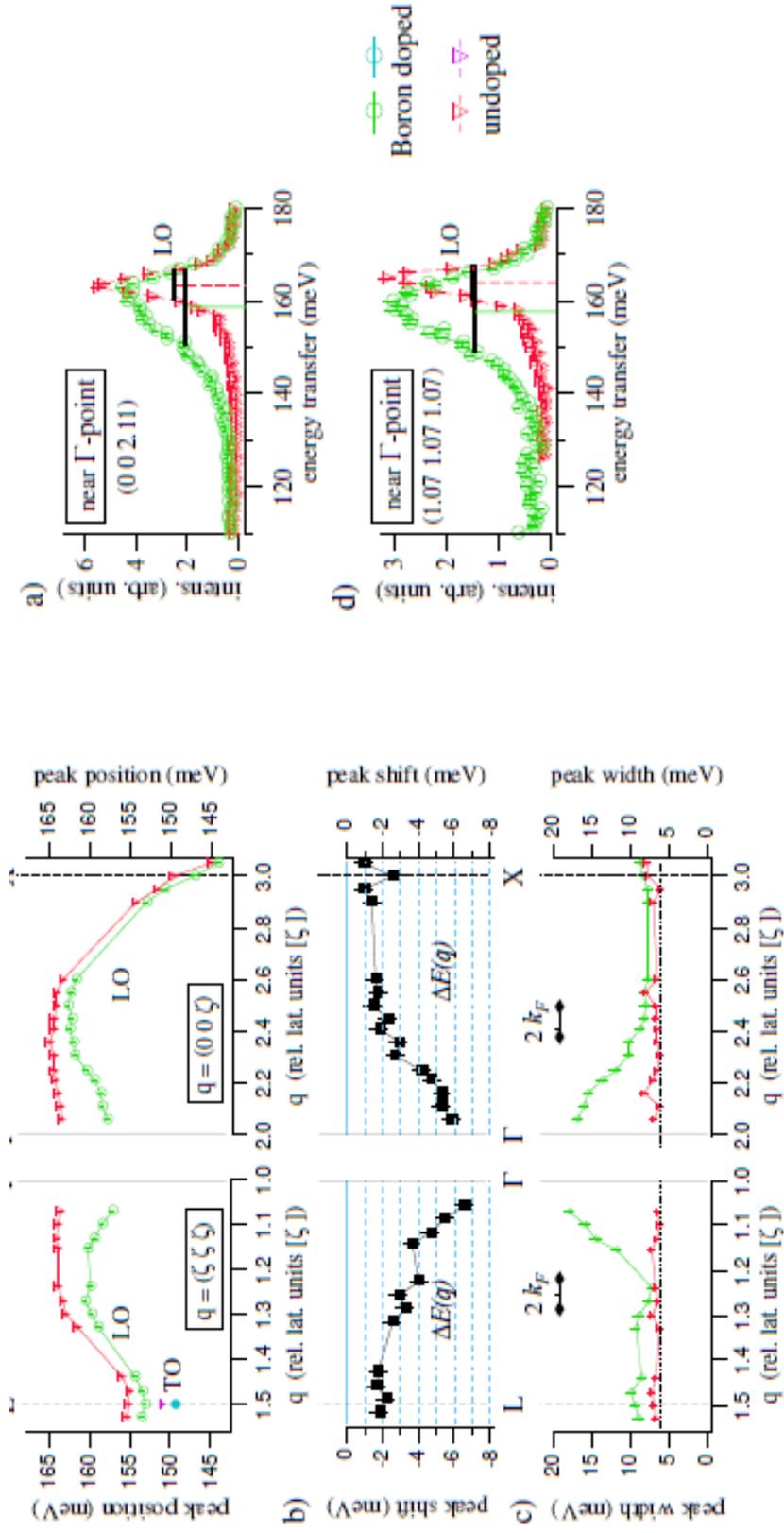


# 高分解能 X線非弾性散乱

## Phonon Softening in Superconducting Diamond



100  $\mu\text{m}$  B-doped Diamond

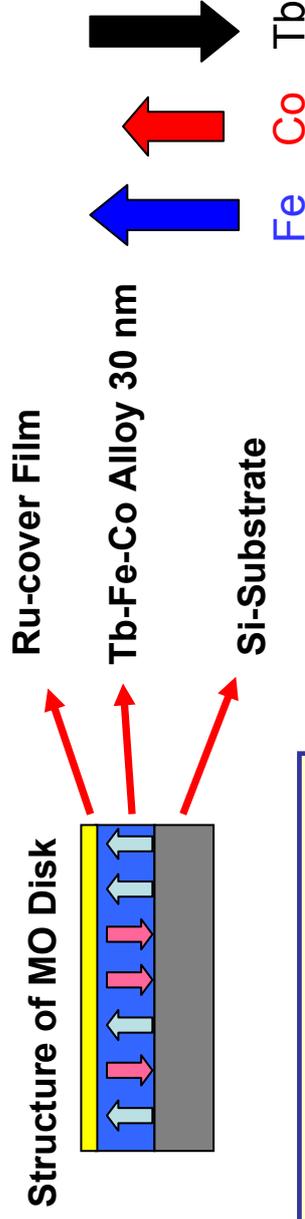


# 磁気円二色性(MCD)効果による元素別磁化測定

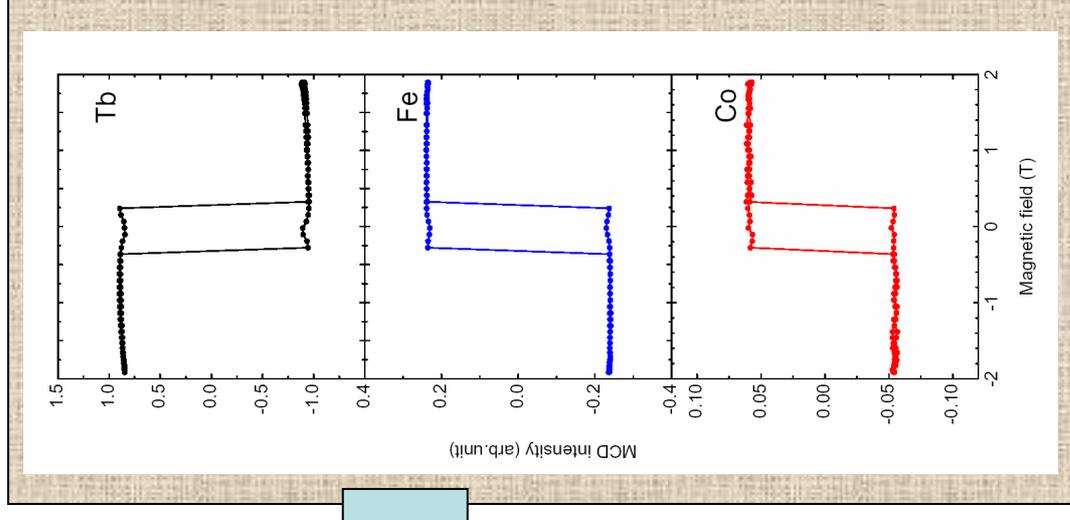
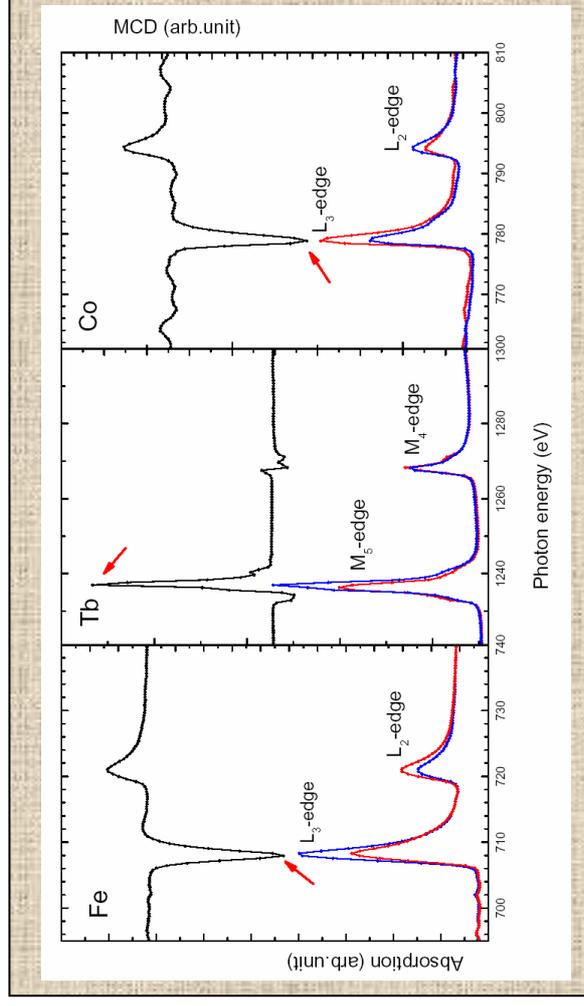
## Element-Specific Magnetization of Magneto-Optical Disk

### Tb-Fe-Co Amorphous Film

@BL25SU T. Nakamura(JASRI), Matsumoto(Fujitsu)



Tb M5-edge (3d→4f)  
Fe L3-edge (2p→3d)  
Co L3-edge (2p→3d)



膜面と磁場は垂直

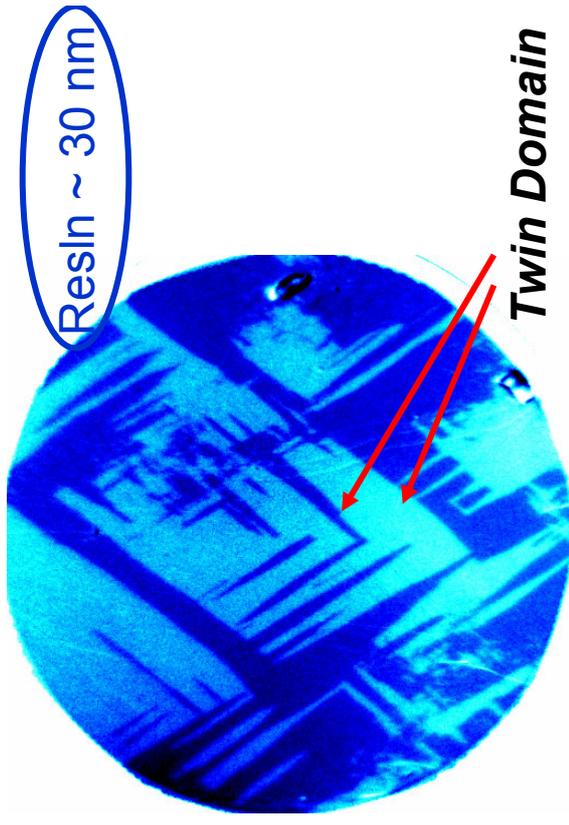
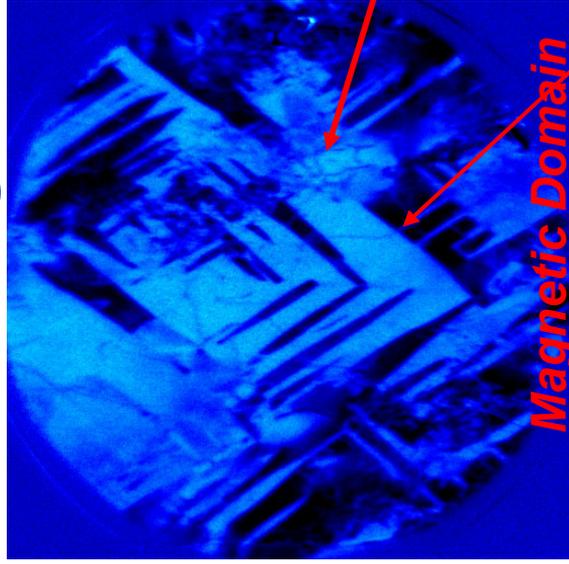
H(T)

# PEEMによるNiO反強磁性磁区ドメイン観察

Nano @BL27SU

T. Kinoshita et al., JPSJ 2005.

50  $\mu\text{m}$



Ni L2-edge  
Magnetic Linear Dichroism

T- & Spin-domains

X-ray Linear Polarization  
E

Magnetization

MLD

Oxygen K-edge  
Natural Linear Dichroism

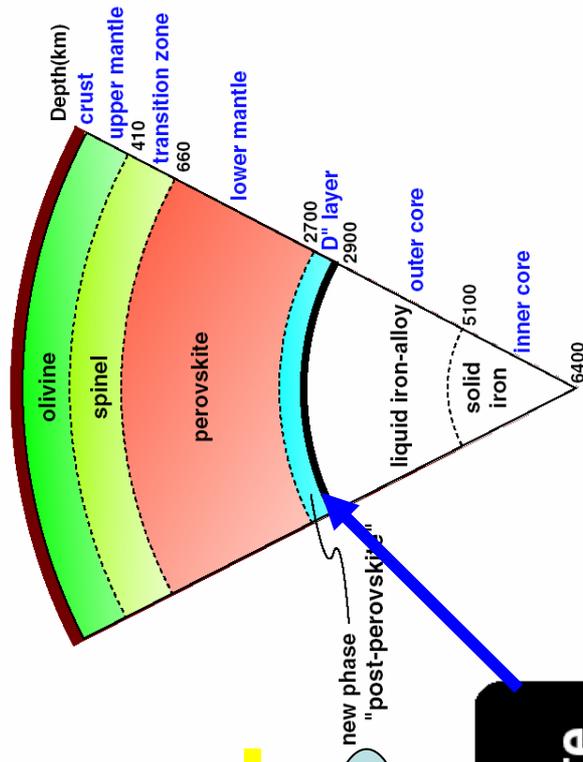
Twin-domain

# 超高温 超高温 マントル物質の構造解明

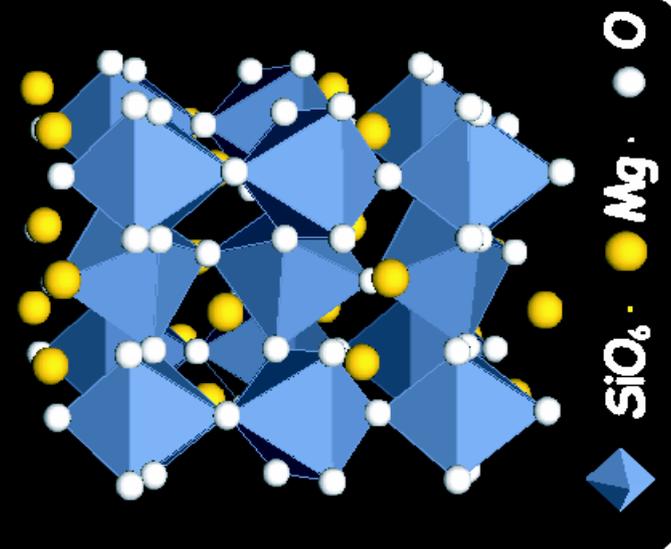
廣瀬敬(東工大/JAMSTEC) Science 2004



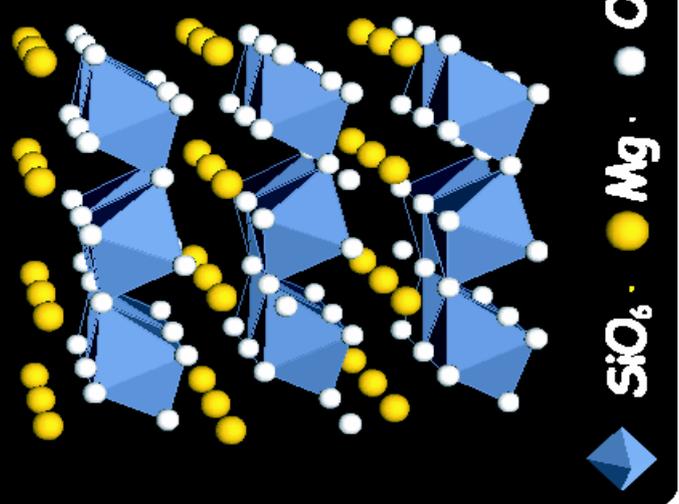
“Post-Perovskite”



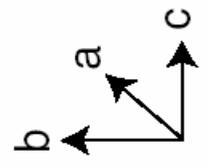
(a) perovskite  
(Pbnm)



(b) post-perovskite  
(Cmcm)



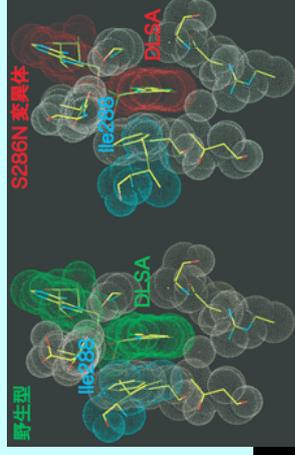
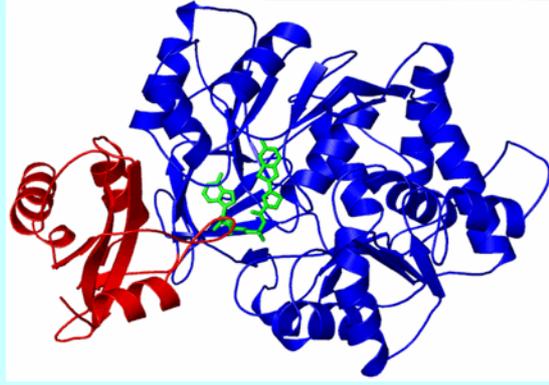
P = 130 GPa  
T = 2800 K  
構造解析



# 生命科学 タンパク質結晶構造解析

## 生体発光の機構解明

### ゲンジボタルの発光現象の機構解明



上図 黄緑色発光体と赤色発光体の差異

左図 ルシフェラーゼ発光直前の構造

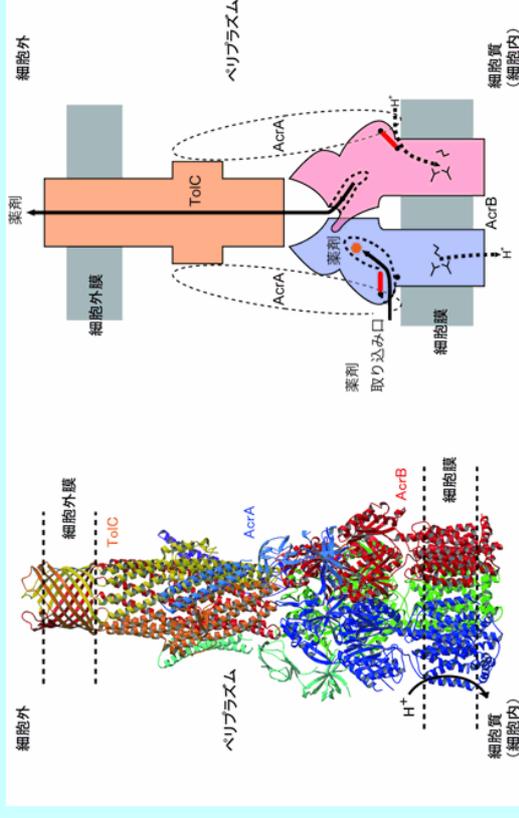
- 幻想的な光を放つゲンジボタルの発光現象に関する酵素であるルシフェラーゼの立体構造を解明し、発光色を決定しているメカニズムを解明。
- 高エネルギー変換効率を持つバイオナノマシン開発等への応用が期待される。

## 薬剤認識・排出の機構

### 細菌の薬剤耐性化をもたらす薬剤認識・排出メカニズムを解明

(JST、大阪大学)

H18.8.16、Natureオンライン版 掲載



細胞膜、細胞外膜を貫く薬剤排出タンパク質複合体概念図 薬剤排出タンパク質複合体を介して排出される薬剤分子の流れ

#### 1 細胞に存在する薬剤排出分子複合体の立体構造概念図

- 細菌の薬剤耐性化をもたらす機構、すなわち、細胞膜に存在するタンパク質（多剤排出トランスポーター）が様々な薬剤を認識・排出するメカニズムを原子レベルで初めて解明された。
- 病原性細菌の多剤耐性化問題の克服へ向け、本成果により解明されたメカニズムが大きな役割を担うものと期待される。

## 4. 今後の課題、展望

1. 総合的運営体制 ; 施設運転＝共同利用の一体的運営体制、
2. 安定した経営 ; 財源の確保、新共用法のメリット・デメリット
3. 加速器など研究組織の維持; 加速器・BL技術の維持・開発
4. 利用研究組織の構築; 利用研究の開発・推進 — 先鋭的研究成果  
専用(理研を含む) BLsの使命

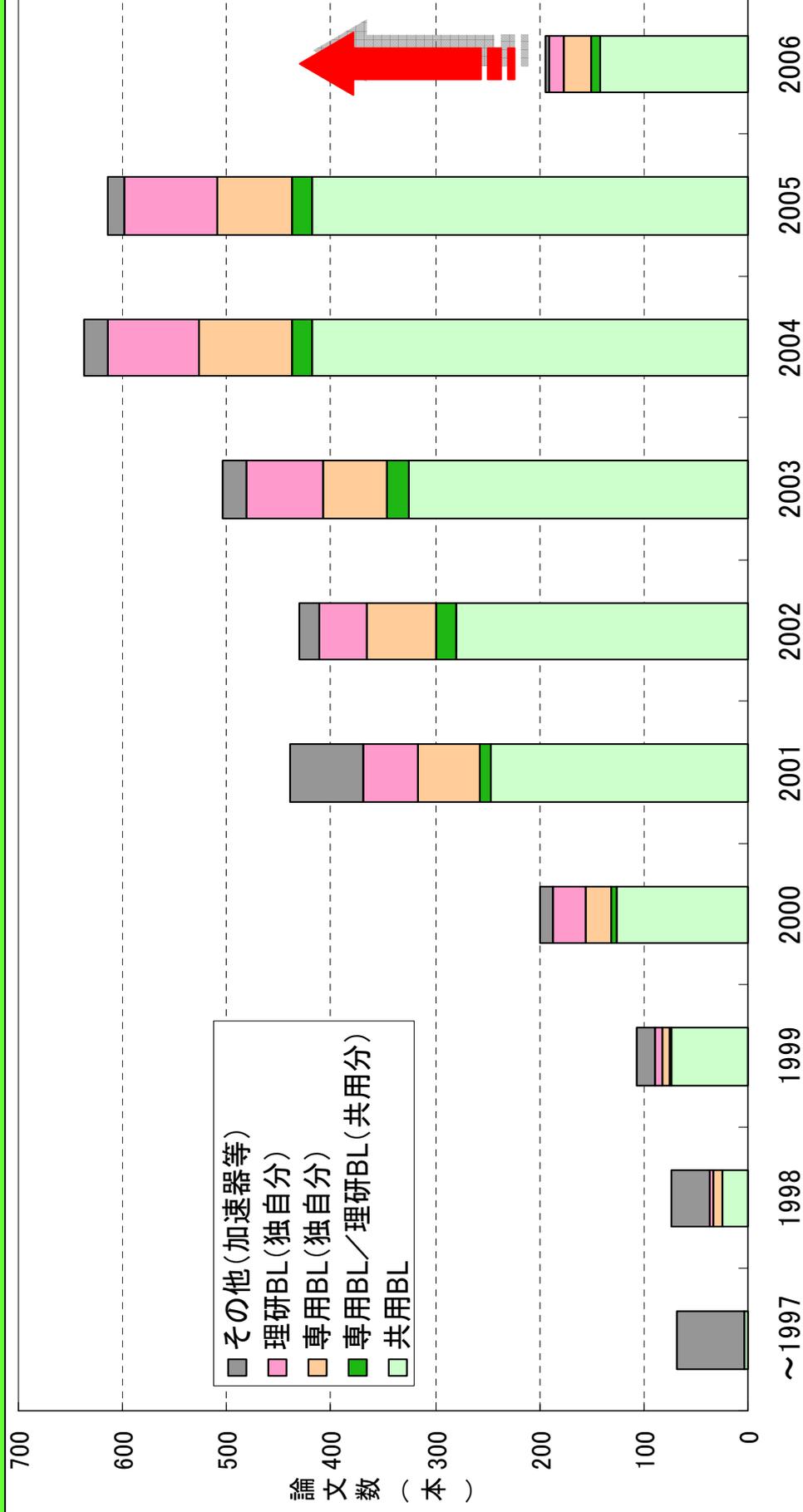
# JASRI 国際諮問委員会報告書 (JIAC 2006) 要約

委員長 G. Materlik (Diamond LS) ・副委員長 福山秀敏 他 9名

- 研究成果** ;
- ・ 科学・技術的水準は高く、世界先端SRでも最高の成果に匹敵。
  - ・ 膜タンパク質等構造生物、・XMCDなど物質科学・ナノテクへの貢献、
  - ・ 高温高圧下構造研究の地球科学への貢献
  - ・ 分析イメージングの環境科学への寄与
  - ・ 触媒開発など産業利用分野開拓など、高く評価する。
- 管理運営** ;
- ・ 2者体制への移行と、両者の良好な協力関係を評価。
  - ・ 施設全体の運営・運転が一体的に行われることが必須。
- 予算・人員** ;
- ・ 運転資金の減少、予算構造の複雑さによる不安定を懸念。
  - ・ BLスタッフの増強が必要。 ・ 産業利用の盛況を評価。
- 施設** ;
- ・ トップアップ、高安定性、低エミッタンスなど、極めて優れた加速器。
  - ・ BLの技術水準を高く評価。他のSR施設への貢献も大きい。
  - ・ 5,500 時間/年の世界水準運転時間を達成すべき。
  - ・ BL毎の課題競争率を考慮し、BL高度化、新規BL等を検討すべき
  - ・ 消耗品等の利用者負担は研究活動の阻害要因。

# 研究活動の成果(発表論文数(発表論文数 推移))

平成18年7月31日時点



**著名学術誌への発表状況(2005.9末時点) Impact Factor > 5.0 以上の原著論文数: 356件**

**Nature: 27件(うち、表紙掲載4件)**

Molecular Cell : 8件

EMBO Journal : 14件

Physical Review Letters : 59件

J. American Chemical Society : 19件

Nature Materials : 5件

**Science : 13件(うち、表紙掲載2件) Cell : 8件**

J. Molecular Biology : 51件

Nature Structural and Molecular Biology : 13件

J. Biological Chemistry : 58件

Proc. of National Academy of Sciences of USA : 26件

Structure : 24件

国家基幹技術\*

# X線自由電子レーザー

“X-ray Free Electron Laser (XFEL)”  
@SPRING-8

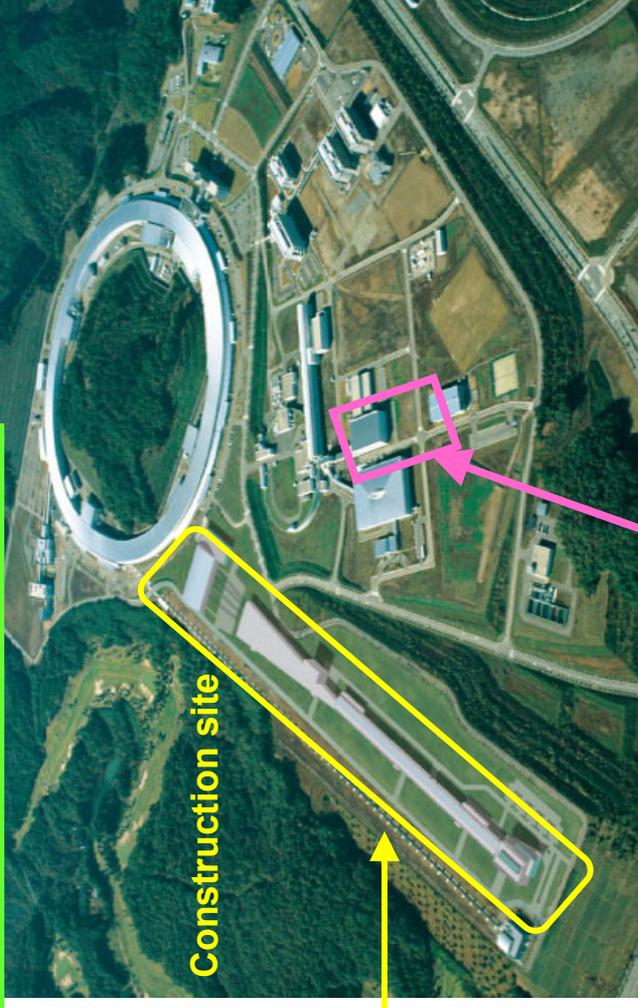
\* 我が国の発展を強力に牽引する  
世界最高性能の研究設備を実現する技術の推進

*National Critical Technology Project*  
**“X-ray Free Electron Laser (XFEL)” @SPRING-8**

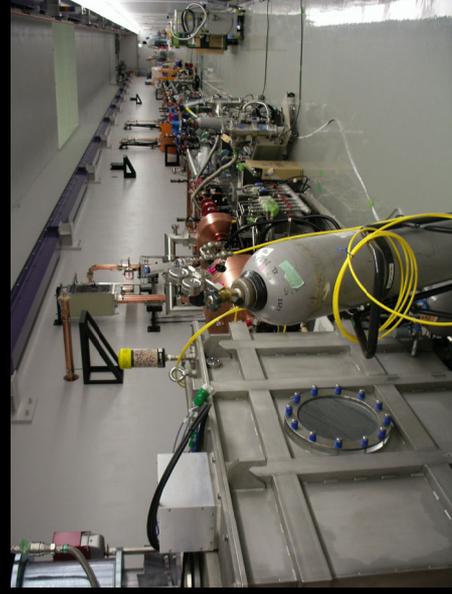
RIKEN-JASRI Joint-Project of “XFEL”  
started in 2006, to be completed in the  
end of FY2010 .

Public-Open Facility as SPRING-8

Beam parameter  
Beam energy: 8 GeV  
Facility size: 700 m  
X-ray wavelength: 0.06nm



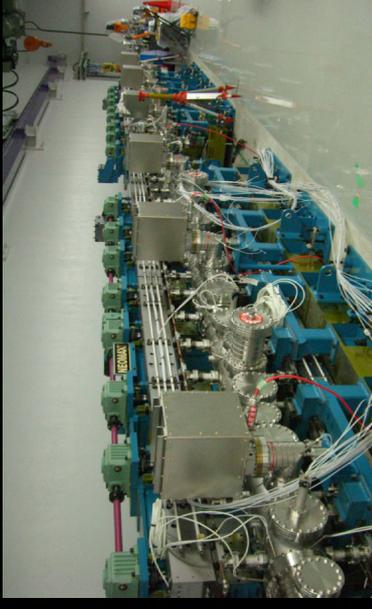
*Prototype Machine ;  
Succeeded in First Lasing of VUV light, June 20, 2006*



Low Emittance Electron Gun



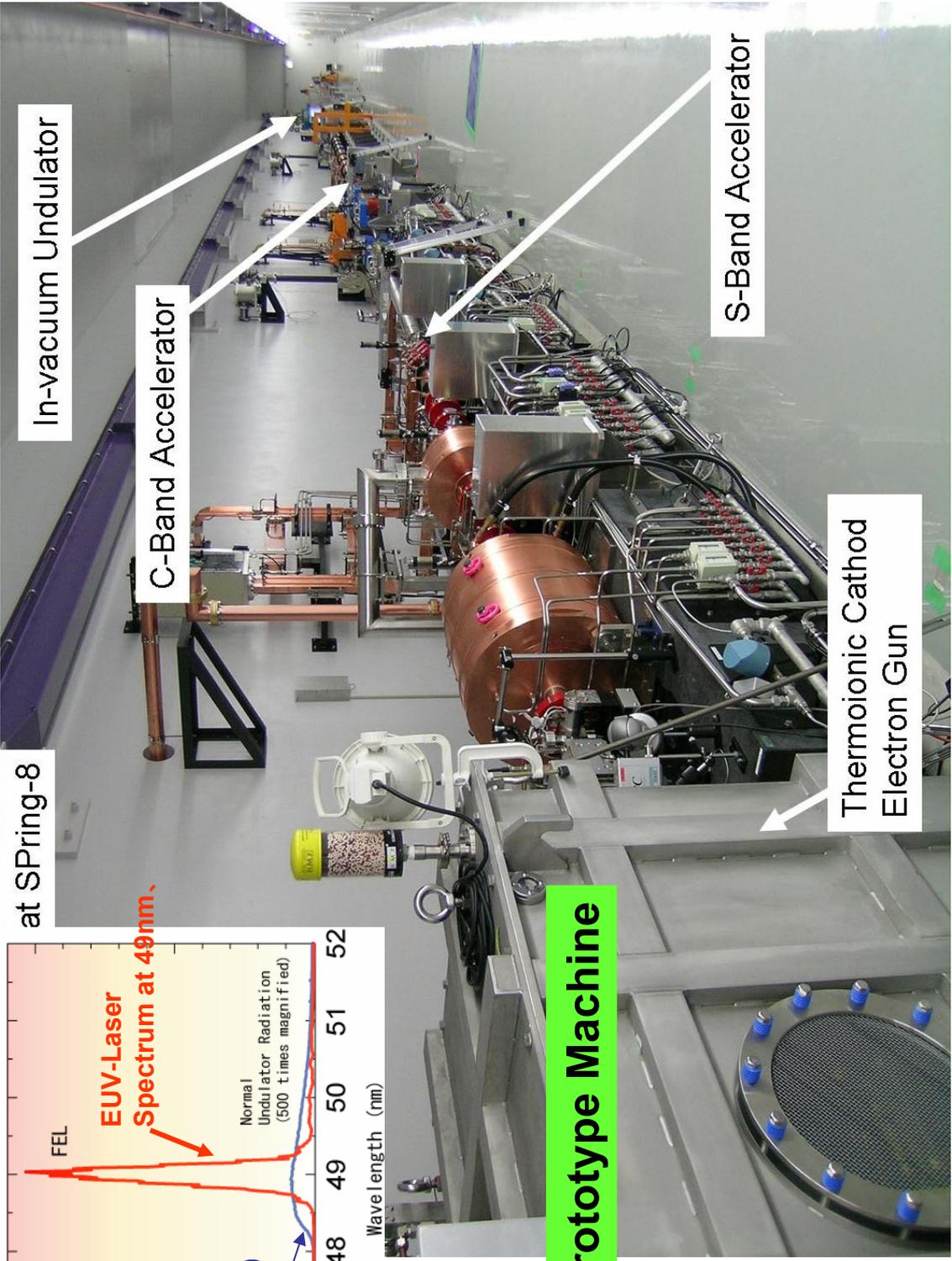
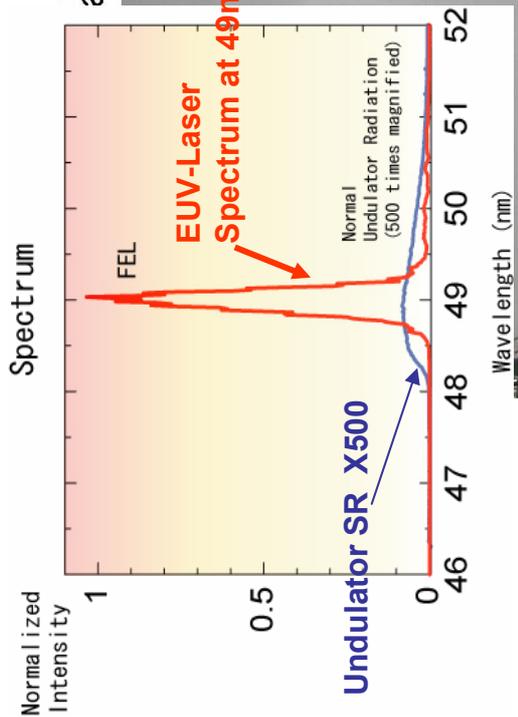
C-band Accelerator



SP8 Key Technologies

Undulator

# SPRING-8 FEL Prototype Machine Succeeded in Lasing of 49 nm VUV light, June, 2006



## 250 MeV- Prototype Machine

In-vacuum Undulator

C-Band Accelerator

S-Band Accelerator

Thermoionic Cathode Electron Gun

# X線自由電子レーザーで初めて可能となる画期的な研究テーマ

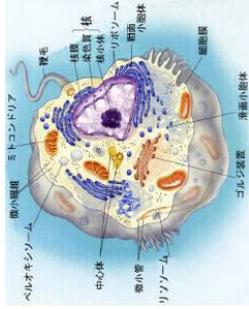
## X線自由電子レーザー

完全コヒーレントX線

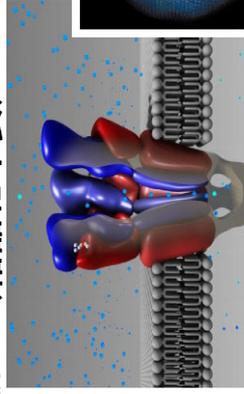
超高速現象観測 f sec

SRより10億倍強いX線

高分解能細胞イメージング



膜タンパク質一分子構造解析  
(結晶化不要)



生体ナノマシンの  
ダイナミクス

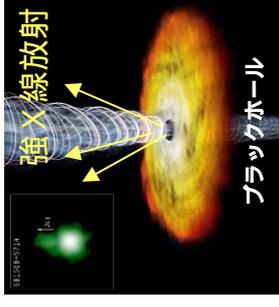
生物学・医学

単一分子の原子レベル構造解析  
超高速イメージング・新物質合成

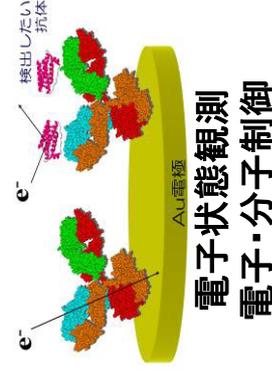
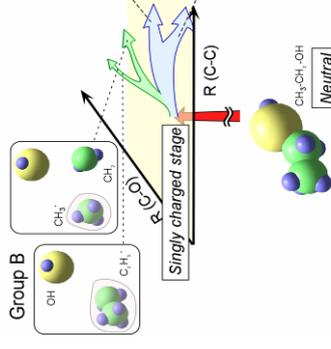
ナノサイエンス・  
ナノテクノロジー

物理・化学・天文

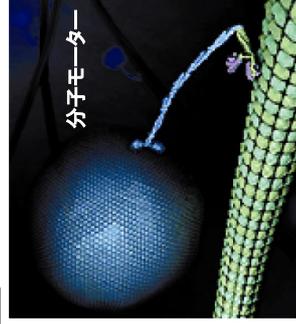
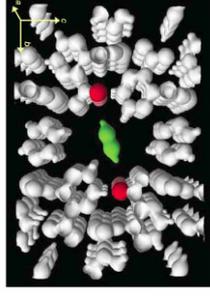
観測データの地上再現



強光子場ポンプ  
X線回折プローブ

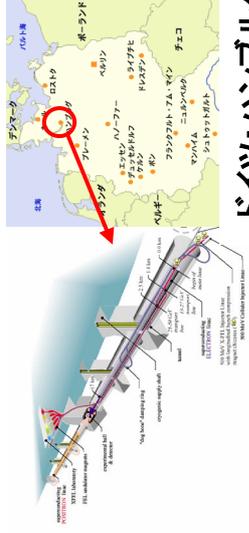


ナノダイナミクス

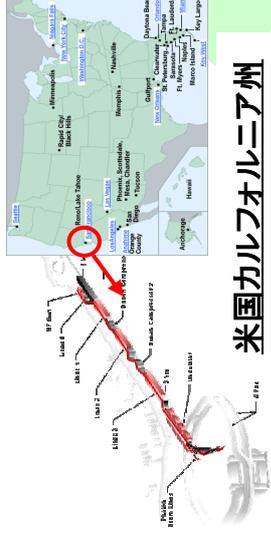


# 日欧米における XFEL 開発計画

	欧州	日本	米国
	<p><b>DESY: Deutsches Elektronen-Synchrotron</b> (ドイツ電子シンクロトロン研究所)</p> <p><b>European X-ray Free Electron Laser</b></p>	<p>理化学研究所 &amp; 高輝度光科学研究センター</p>	<p><b>SLAC: Stanford Linear Accelerator Center</b> (スタンフォード大学線形加速器研究センター)</p> <p><b>LCLS: Liniac Coherent Light Source</b></p>
全長	3.3km	0.8km	4 km
発振波長	0.085nm	0.06nm	0.15nm
総コスト	9.08億ユーロ (1300億円)	382億円	6.15億ドル (720億円)
運転開始	2013年	2010年	2009年
特徴	EU11ヶ国共同プロジェクト プロトタイプ機にて、波長13nmのレーザー発振に成功	世界最高性能を世界に先駆けて実現 SPRING-8とXFELが共存する世界唯一の放射光研究拠点	DOEの研究施設整備計画においてプライオリティ第3位 既存施設の活用により、3億ドル以上を節減



ドイツ・ハンブルグ



米国カリフォルニア州