

レーザー逆コンプトン散乱ビームライン利用計画

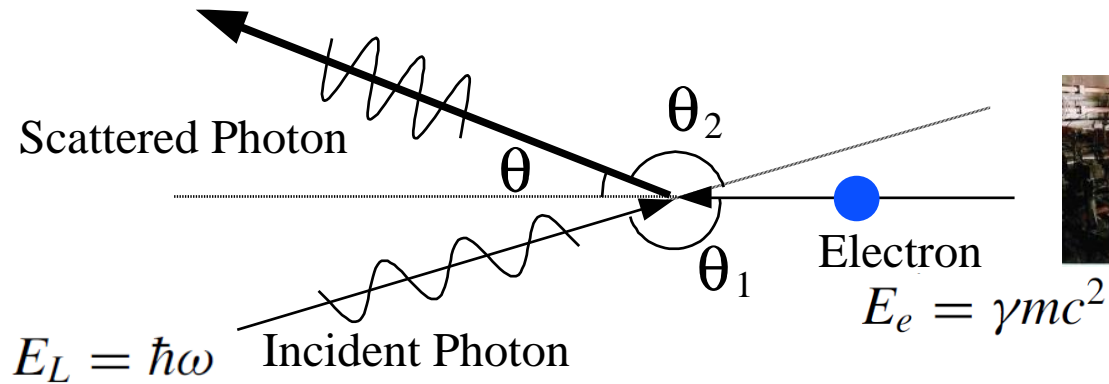
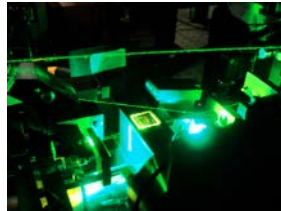
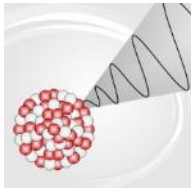
羽島 良一

日本原子力研究開発機構

ERL 検討会

2013年6月18日

レーザーコンプトン散乱 Laser Compton Scattering(LCS)



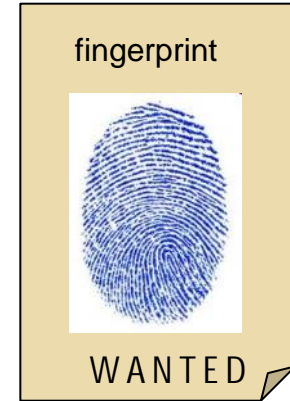
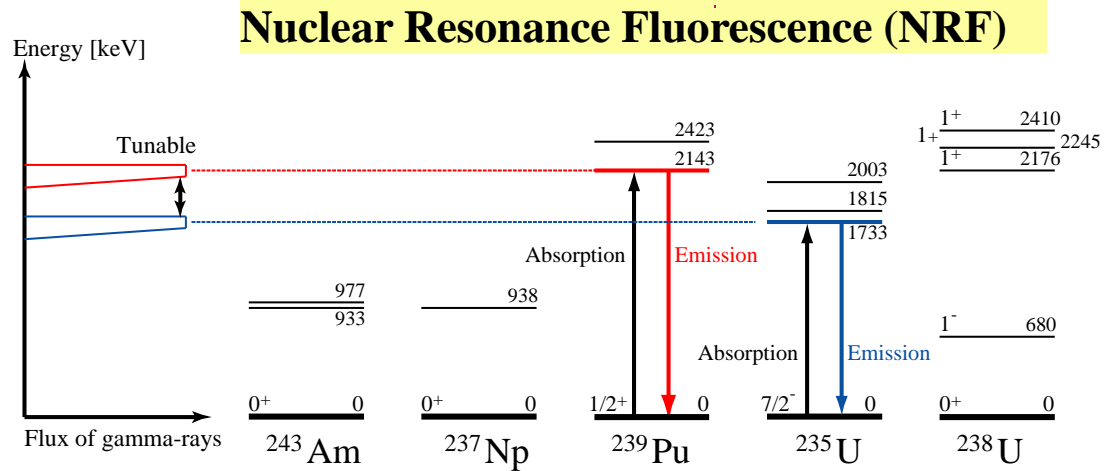
$$E_X = \frac{E_L(1 - \beta \cos \theta_1)}{1 - \beta \cos \theta + (E_L/E_e)(1 - \cos \theta_2)}$$

$$E_X \simeq \frac{4\gamma^2 E_L}{1 + (\gamma\theta)^2 + 4\gamma E_L/(mc^2)} \quad (\text{正面衝突の場合})$$

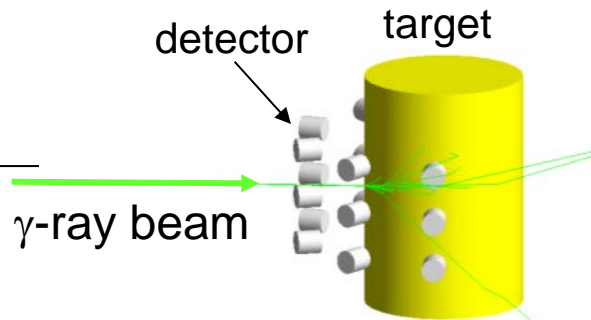
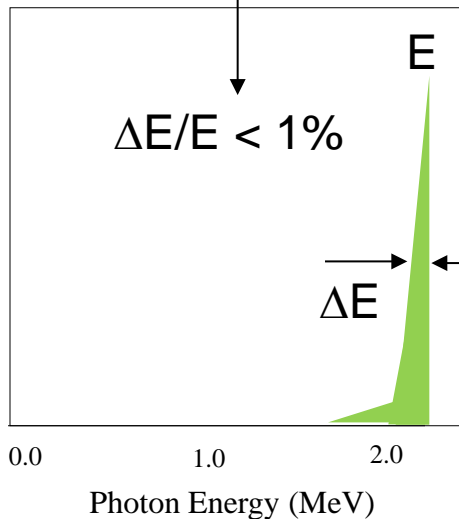
- ✓ ビーム状のガンマ線(X線)
- ✓ エネルギー可変
- ✓ 偏極 (直線または円)
- ✓ エネルギーと散乱角度の相関 (E_X and θ)

原子核共鳴蛍光散乱

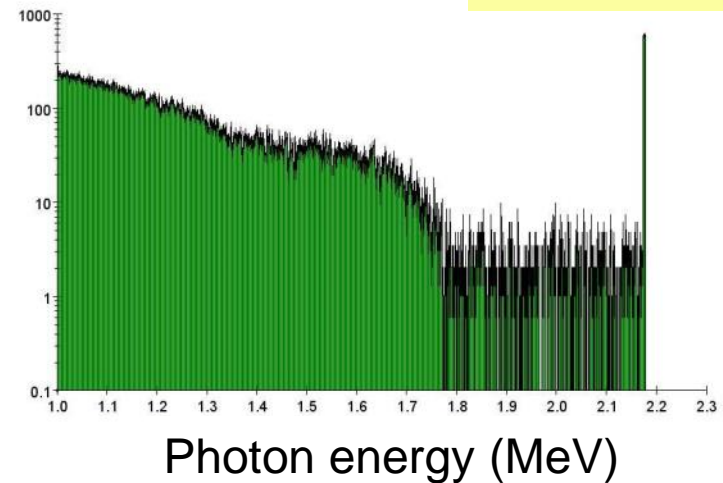
Nuclear Resonance Fluorescence (NRF)



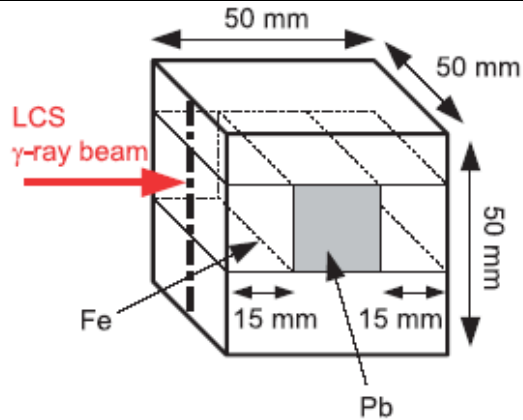
2.176 MeV for U-238



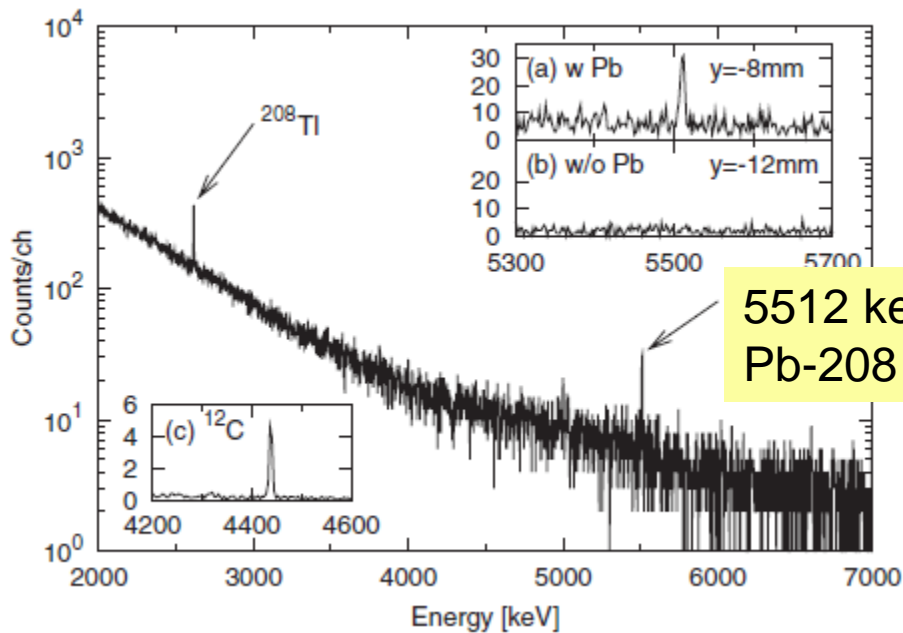
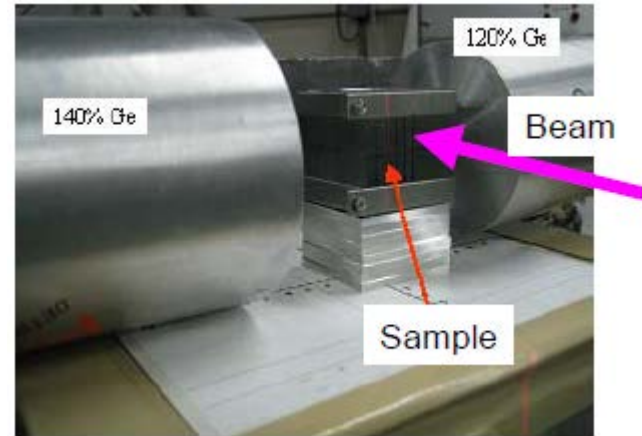
NRF signal
U-238
2.176 MeV



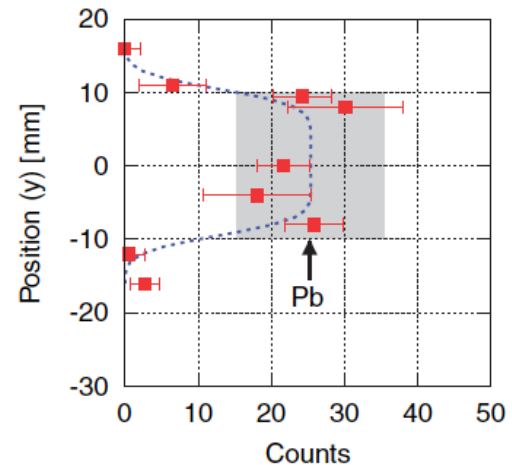
同位体の非破壊検知の実証実験



Pb block shielded by 15mm-thick iron box



5512 keV
Pb-208

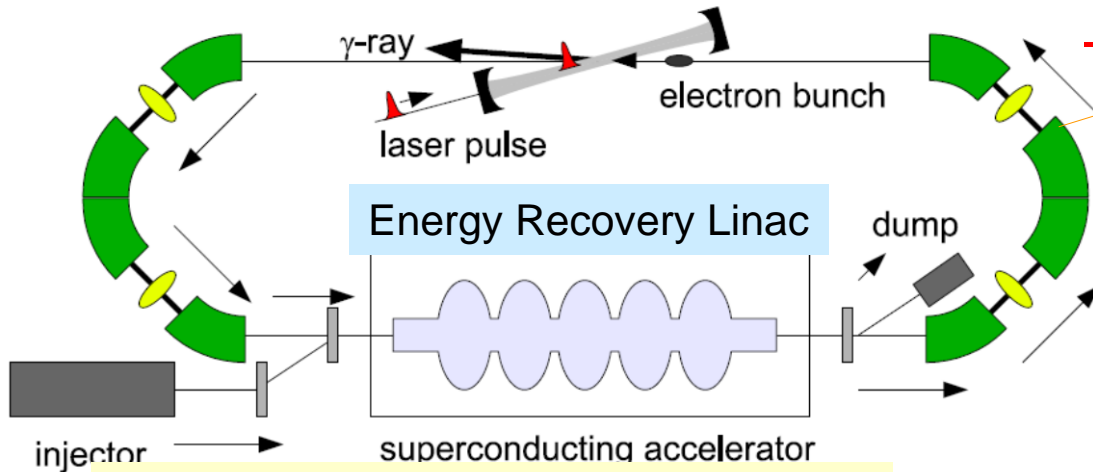


Position and shape of the Pb block were clearly identified.

“ERL” に基づく、高輝度大強度ガンマ線源

低エミッタンス、大電流電子ビーム
→ 高繰り返し、高密度の衝突散乱

レーザー蓄積装置

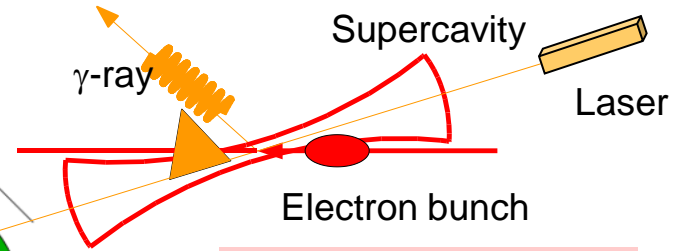


- Electron beam = 350 MeV, 13 mA
- Laser intracavity = 700 kW
- **LCS ~2MeV, 1×10^{13} ph/s**

0.1 ph/eV/s → 10^7 ph/eV/s

AIST

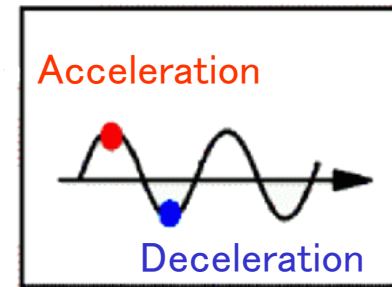
ERL



レーザー光子の再利用

高輝度大強度 γ 線

電子エネルギーの再利用



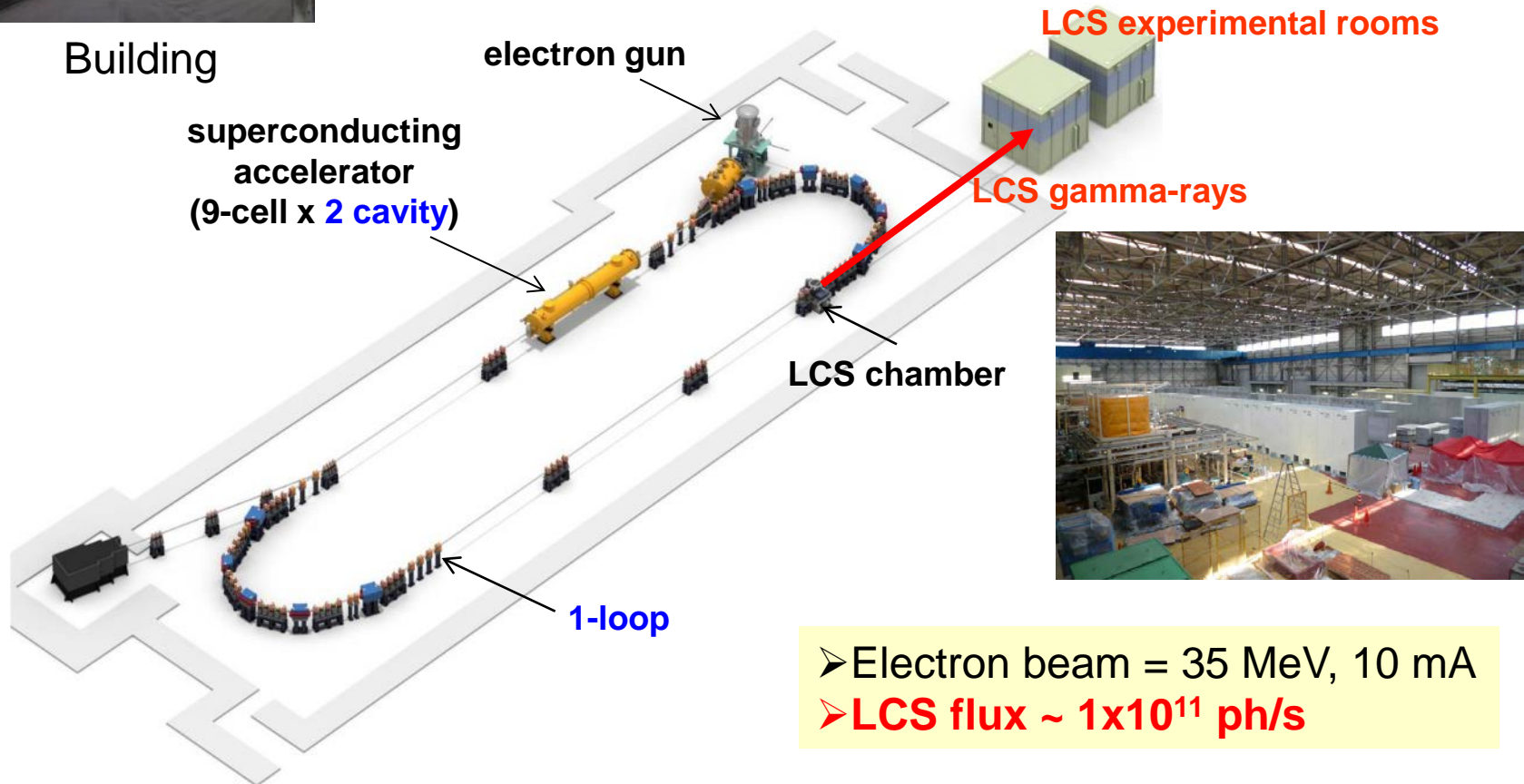
コンパクトERLにおける実証実験 (2011-2014)

文科省、核セキュリティ強化等推進事業費補助金にて実施



Building

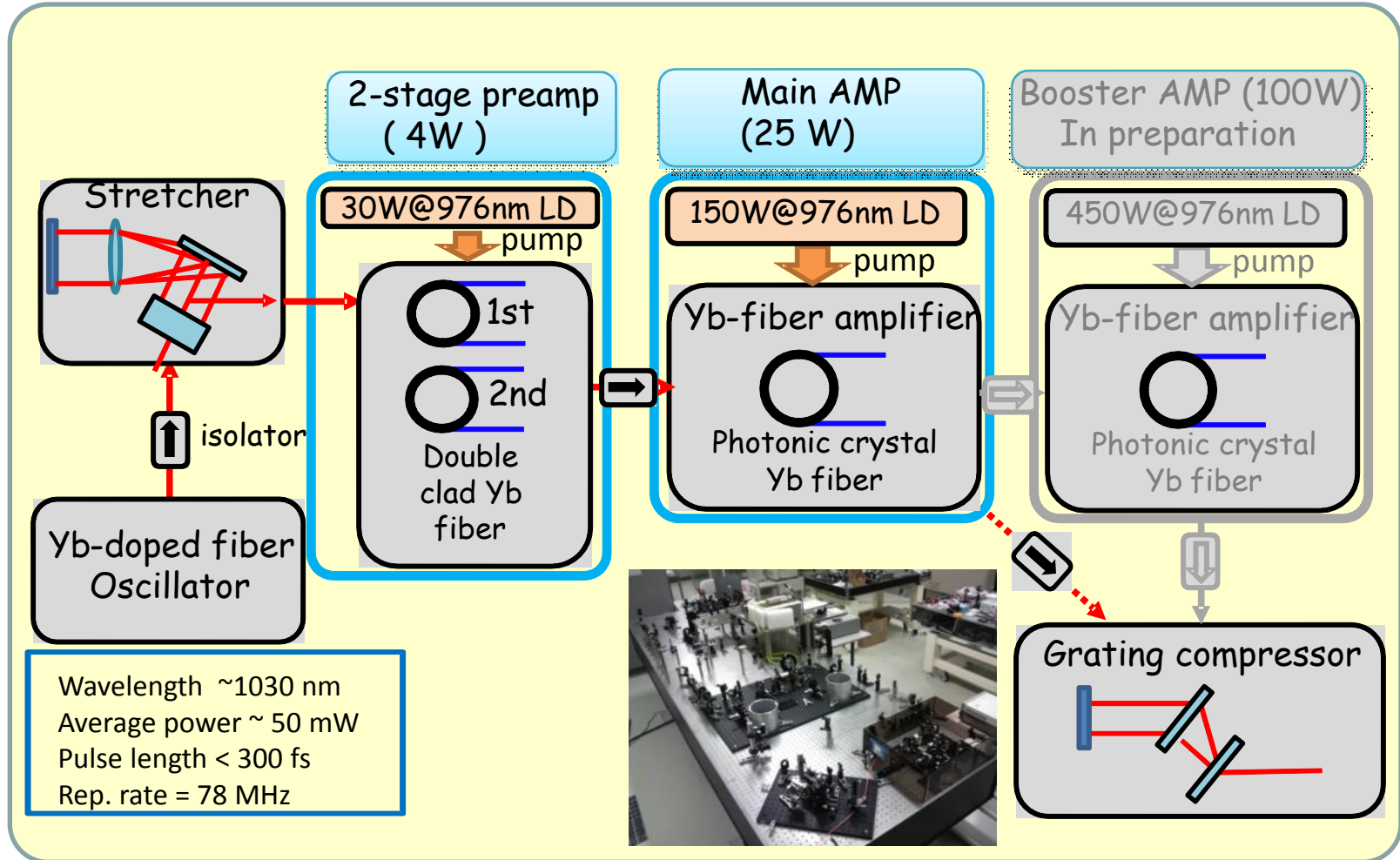
- 周回軌道、LCS発生装置、ビームライン、実験室の設置
- LCS発生の実証実験



- Electron beam = 35 MeV, 10 mA
- LCS flux ~ 1×10^{11} ph/s

大強度モードロックレーザーの開発(JAEA関西)

Yb-ドープ ファイバーレーザー (4ステージ 100 W)



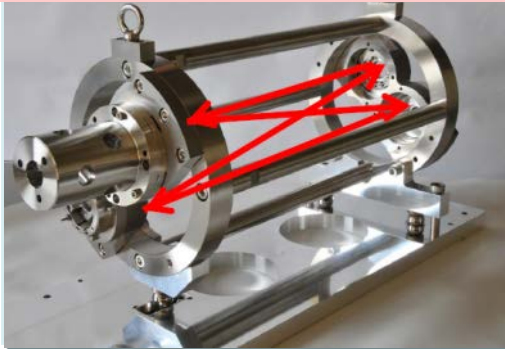
20W 出力を達成、100Wに向けて最終調整中
Pulse length = 330 fs (FWHM)

小菅 淳
(JAEA)

レーザー蓄積装置

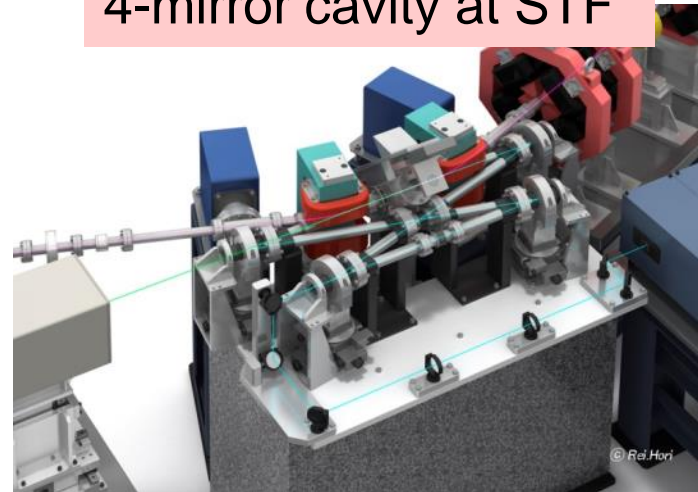
これまでに複数台の装置がKEKで開発されている

4-mirror cavity at ATF

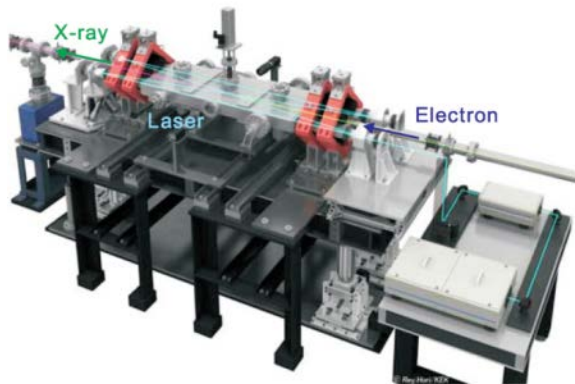


T. Akagi et al., Proc. IPAC-2012

4-mirror cavity at STF



4-mirror cavity at LUCX



K. Sakaue et al., IPAC-2013 (2013)

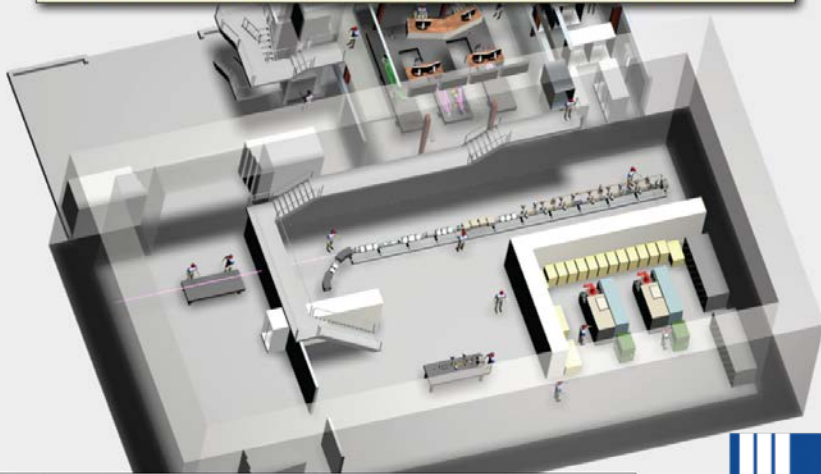
増倍率 ~1000 が実現しつつある

コンパクトERL実験の目標値
--- 100 W laser x 1000 = 100 kW

次世代の LCS ガンマ線施設

Mega-ray @ Lawrence Livermore Natl. Lab.
250 MeV Linac, $E_\gamma = 1-2$ MeV

and rapid, isotope-specific material detection, assay and imaging technologies



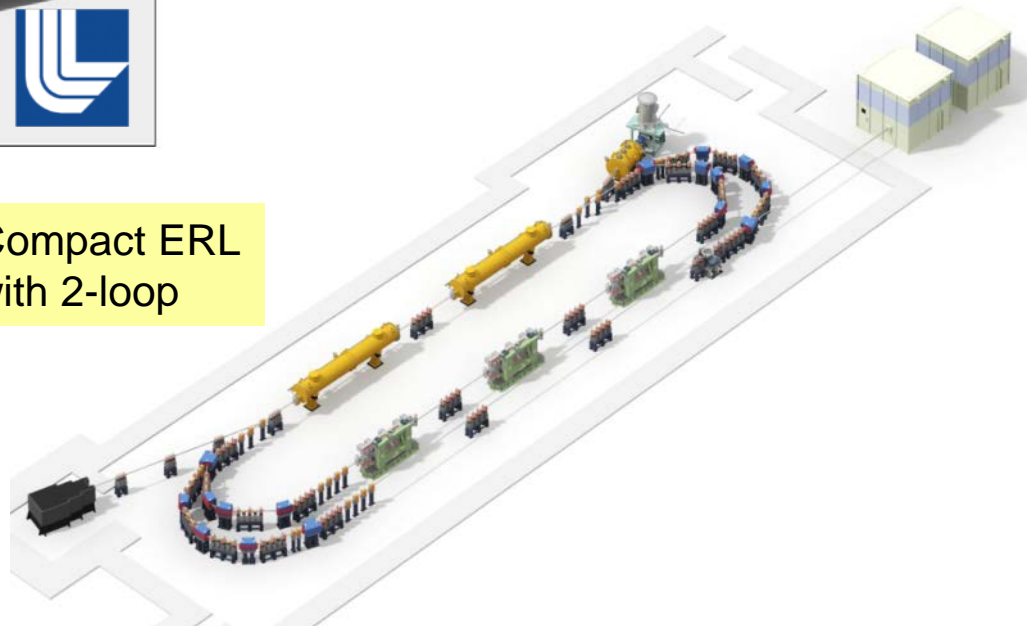
Total cost including facility modifications for 250 MeV system, R&D, controls and additional test stand ~ \$30M



ELI-NP : Complex of PW lasers and LCS
360-720 MeV Linac, $E_\gamma = 1-20$ MeV



ERL-based LCS gamma-ray @ Compact ERL
Future upgrade $E = 250$ MeV with 2-loop



次世代ガンマ線源の産業利用とサイエンス

分析技術と産業利用

放射性同位体の非破壊分析法
化学物質の非破壊測定
ガンマ線CTによる産業利用
光子誘起陽電子消滅分析法による材料物質の
深部の分析
磁気コンプトン散乱による磁性材料の研究
ガンマ線イメージング

基礎科学研究

元素の起源の探求
超新星ニュートリノ
宇宙核時計と宇宙年代学
 γ 線で探る原子核の構造
光核分裂
重水素標的を用いたパリティ非保存の研究
円偏光ガンマ線を用いた核蛍光励起でのパリティ非保存
デュルブリック散乱によるQEDの非線形効果の探索
核共鳴蛍光での超放射
ローレンツ不変性および短距離での重力法則の検証

コミュニティの議論を喚起

「次世代レーザーコンプトン散乱
ガンマ線源とその利用」
ISSN-1342-3185
IAE-PR-2013-101
著者(19名)、今年1月に発刊

今年秋の物理学会
シンポジウムを開催
「次世代高輝度レーザーコンプトン
散乱ガンマ線が切り開く展望」
ビーム物理、実験核物理合同

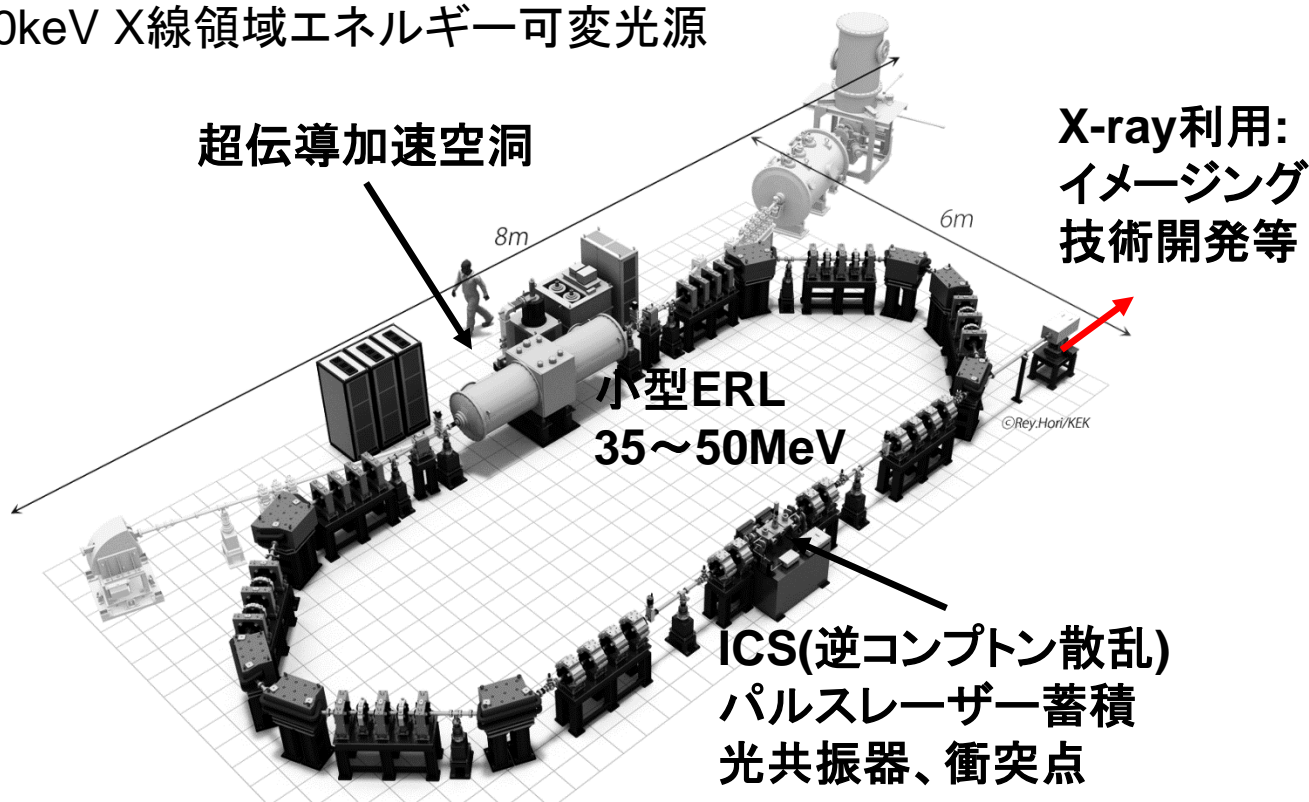
小型加速器による小型高輝度X線源とイメージング基盤技術開発

光・量子融合連携基盤技術開発プログラム(2013~2017年度)

代表: KEK、浦川順治 参画機関: 広島大、JAEA、リガク、日大、早稲田大、産総研、京大、東北大

2015年度からはコンパクトERLにてX線発生と利用を展開

小型高輝度X線源(Peak Brightness 10^{19})
数keVから100keV X線領域エネルギー可変光源



まとめ

LCSガンマ線源に向けた基盤技術の実証、利用の開拓

- コンパクトERLにおけるレーザーコンプトン散乱光源の開発、核セキュリティ補助金により実施（2014まで）
- コミュニティと連携して利用開拓のための議論を開始

LCS-X線源の利用

- 「光・量子融合連携基盤技術開発プログラム」によるLCS-X線の利用を含めた研究の展開
- 小型高輝度X線源、イメージングの基盤技術の実証
- LCS-X線のユーザー実験へビーム供給を目指す