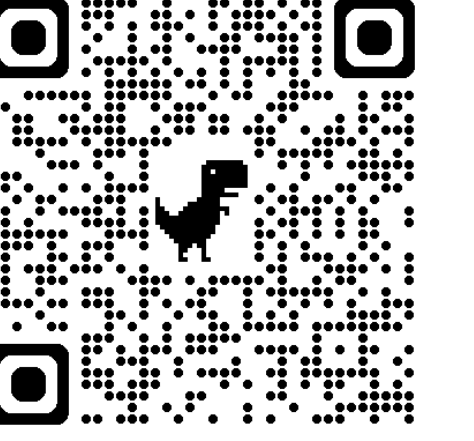


月面宇宙材料の開発に役立つ放射光軟X線分析をめざして

兵庫県立大学工学研究科・高度産業科学技術研究所

名誉教授・特任教授 村松康司

Yasuji Muramatsu HP

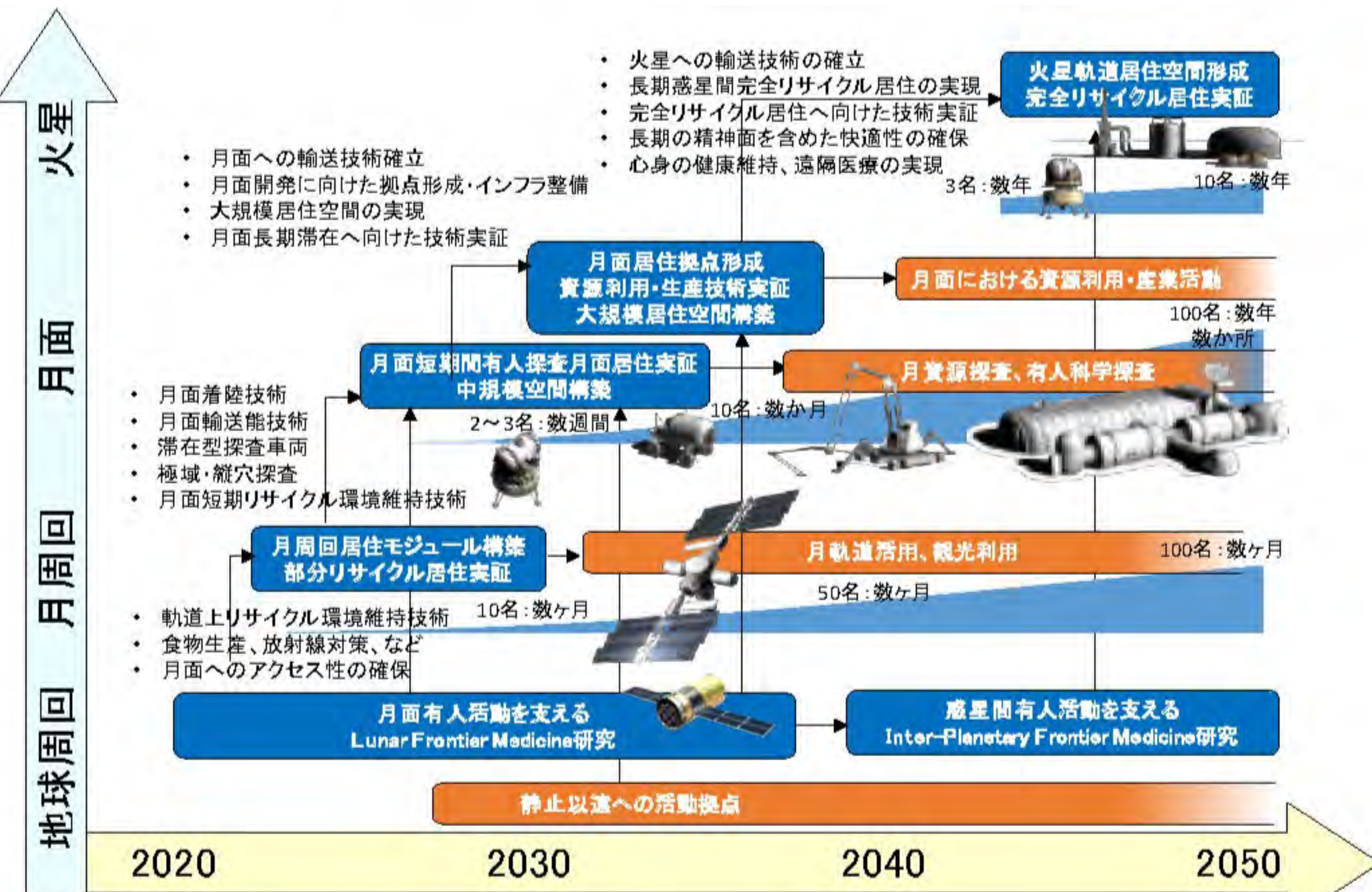


2030年代に人類は月面で長期滞在する(「宇宙ビジョン2050」日本航空宇宙学会)。月面は昼夜の温度差300°C以上、真空かつ放射線が絶えず降り注ぐ過酷な環境。ここで人類が長期に活動するため、この厳しい環境に耐える材料、特に軽元素材料の開発が進んでいる。一方、我々は放射光軟X線を利用した軽元素材料の先端分析技術を開発してきた。この分析技術を月面宇宙材料の開発に適用するため、月面と同じ環境下での放射光軟X線分析を目指し、本学放射光施設NewSUBARUの分析高度化を進めている。

日本航空宇宙学会 宇宙ビジョン2050



2050年における月面基地における宇宙活動。宇宙に進出した人口が指数関数的に増大し、地球近傍から月、火星圏の宇宙空間において、人類が水・エネルギー・推薬等の資源を地産地消しながら生活する。



宇宙探査活動の発展マップ。空間利用・活動領域のロードマップ(地球周回~火星)。



©JAXA/TOYOTA, トヨタがJAXA(宇宙航空研究開発機構)とともに研究を進めている月面探査活動用モビリティ、有人与圧ローバ「ルナクルーザー」。
[トヨタタイムズ; https://toyotatimes.jp/series/Imaginative_and_creative/008.html]

【課題】月面活動にむけた材料開発

- 厳しい月面環境(真空, 昼夜温度差300°C以上, 放射線暴露)に耐える材料の開発
- 特にB, C, N, O, F, Si, S等で構成される軽元素複合材料

放射光X線分光

X線を使うと原子・分子を詳しく観ることができる



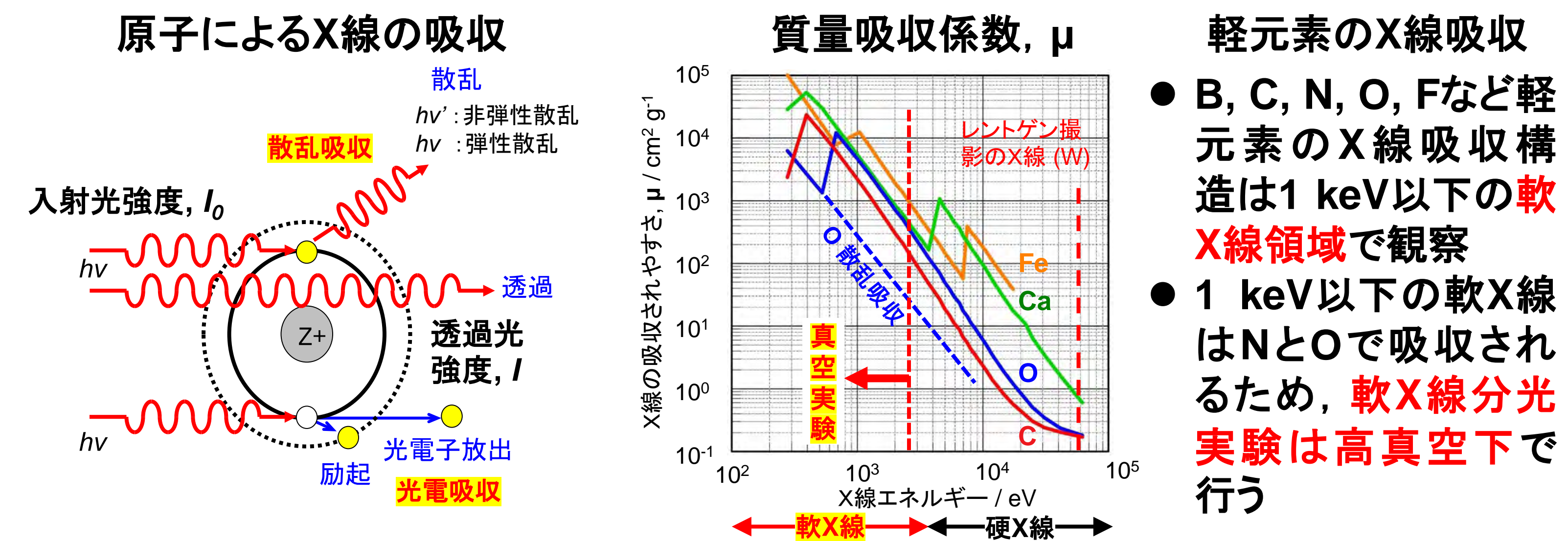
X線のエネルギーと波長
(エネルギー) x (波長λ) = 1240 [eV nm]

X線の波長 = 数十 nm ~ 0.01 nm
~ 原子間距離
⇒ 原子の空間配置や分子の形

X線のエネルギー = 数十 eV ~ 100 keV
~ 軌道電子のエネルギー
⇒ 化学結合や電子の状態

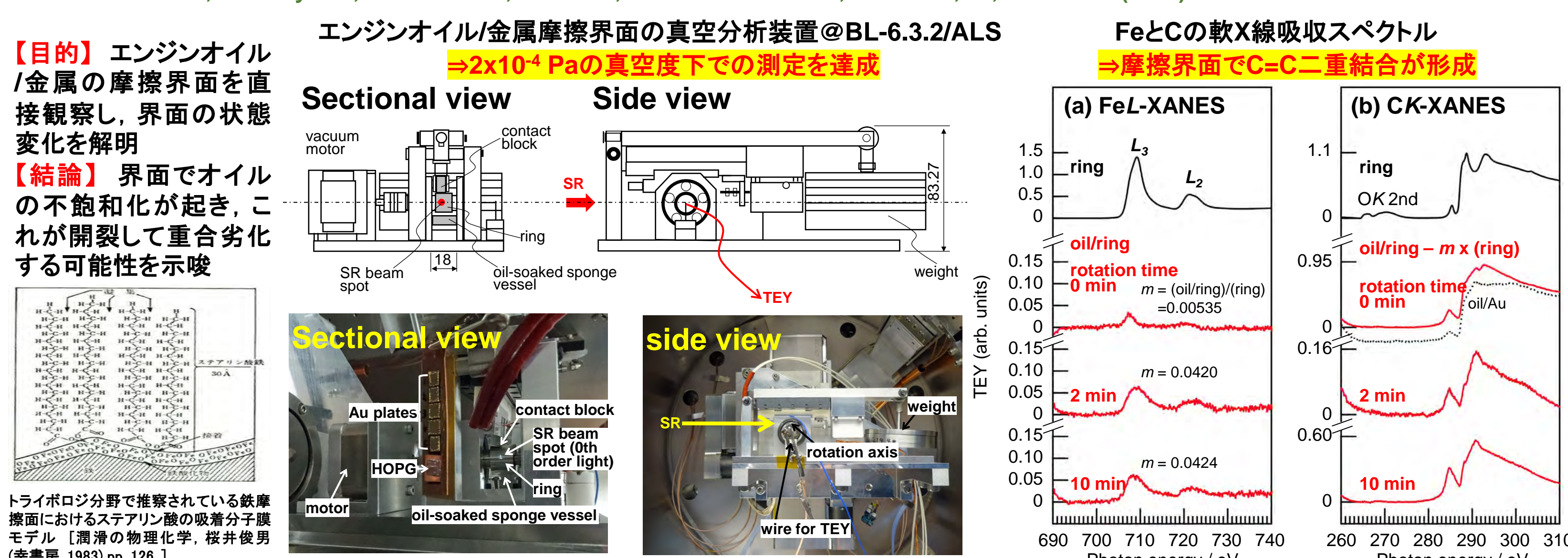
軽元素材料の軟X線吸収分析

軽元素材料(B, C, N, O, F等)の先端分析技術



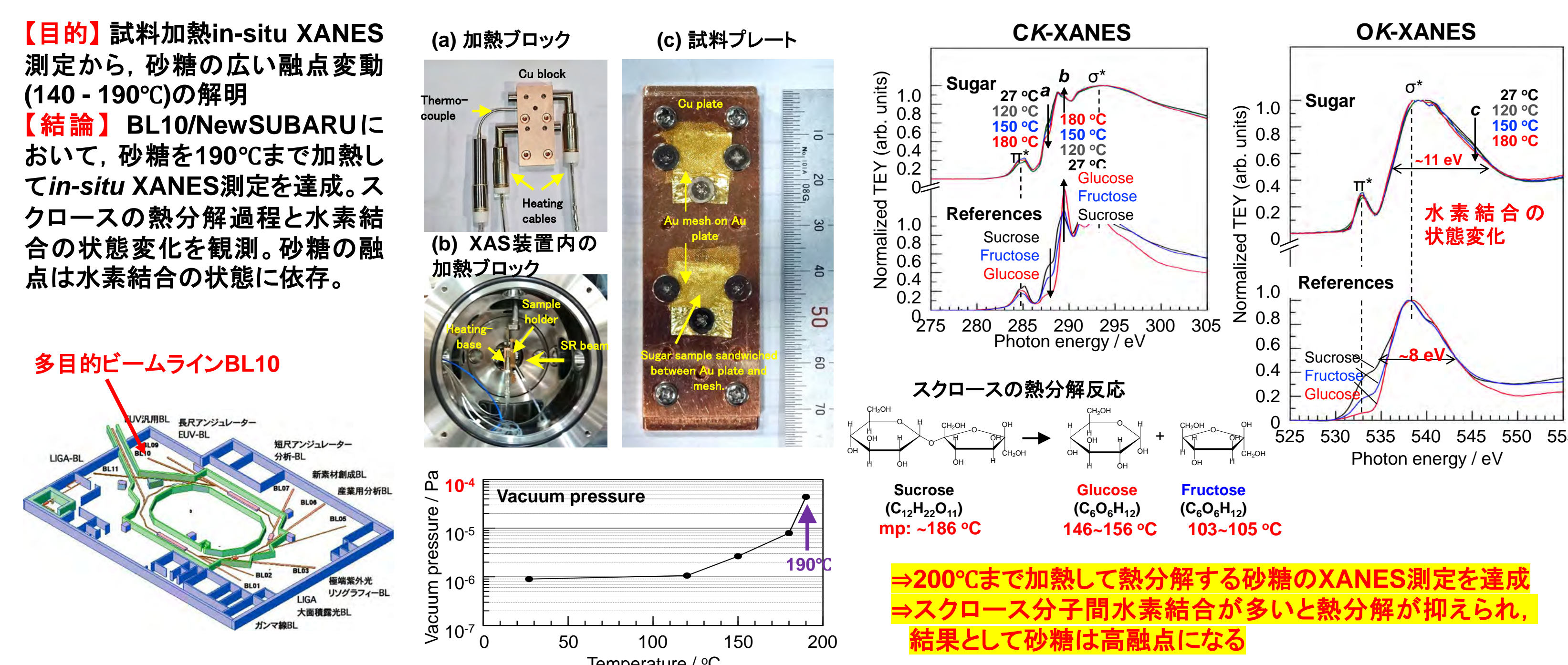
真空を低下させる材料や高温下の軟X線吸収分析

(1) エンジンオイル/金属摩擦界面のin-situ Operando XANES測定 豊田中央研究所
Y. Muramatsu, M. Okuyama, N. Takahashi, H. Omori, and E. M. Gullikson, Anal. Sci., 33, 1465-1468 (2017).



(2) 真空を激しく低下させる試料加熱in-situ XANES装置の開発と砂糖の熱変化観察

Y. Muramatsu, K. Hiramatsu, K. Mae, and K. Sakamoto, Anal. Sci., 38, 717-723 (2022).
K. Hiramatsu, K. Mae, and Y. Muramatsu, e-J. Surf. Sci. and Nanotechnol. (e-JSSNT), 21, 300-304 (2023).



【計画】試料加熱・冷却軟X線分析装置の開発

- 試料加熱・冷却 $\pm 200^\circ\text{C}$ のin-situ Operando XANES測定を真空度 10^{-4} Pa程度で実現
- 高温・低温下での軽元素複合材料の精密化学・電子状態分析